

**VILLE DE GRENOBLE**

**Inondabilité de la ville de Grenoble  
par la nappe phréatique sous-jacente**

---

Septembre 2003

Rapport 31621 – Version A



## **VILLE DE GRENOBLE**

Département Vie Urbaine – Direction Aménagement Urbain – Service Environnement  
Hôtel de Ville – 11, Boulevard Jean Pain – BP 1066 – 38021 GRENOBLE Cedex 1

# **Inondabilité de la ville de Grenoble par la nappe phréatique sous-jacente**

---

Septembre 2003

Rapport 31621 – Version A



**STOckages**

3, avenue Claude Guillemin – BP 6119  
45 061 Orléans Cedex  
Tel : 02.38.64.38.82 - Fax : 02.38.64.33.90

## Synthèse

L'agglomération grenobloise est sujette, de manière récurrente, à des inondations localisées par remontées de nappe. La Ville de Grenoble souhaite en conséquence cerner au mieux son exposition aux risques de cette nature afin de prendre les mesures préventives et correctives adaptées.

L'étude confiée à ANTEA vise à comprendre et à quantifier les phénomènes de hautes eaux de nappe induits par l'environnement naturel - essentiellement les crues de l'Isère et du Drac et les fortes pluviométries - et par les activités anthropiques - arrêt des pompages industriels et AEP en milieu urbain, infrastructures souterraines, ... -. Le but de l'étude est de dresser une carte de la profondeur minimale prévisionnelle de la nappe sous le sol de la ville.

La première phase de l'étude, basée sur le recueil et l'analyse des données disponibles, propose un regroupement des piézomètres du réseau de suivi en familles comportementales homogènes.

La deuxième phase de l'étude quantifie, par modélisation et par analyse empirique, les principaux facteurs naturels et anthropiques impliqués dans les fluctuations de la nappe.

La carte des profondeurs minimales prévisionnelles de la nappe sous le sol élaborée à partir de ces analyses montre qu'une large partie de la ville est sujette à un risque important (profondeur < 3 m). En revanche, le risque est moindre au Sud de la ville et dans le secteur du Synchrotron (confluence Drac / Isère).

Les résultats des simulations montrent que l'agglomération grenobloise est très vulnérable aux crues du Drac et de l'Isère. Ceci s'explique en grande partie par la forte perméabilité des alluvions, par la topographie très plate de la ville, et par la faible profondeur de la nappe sous le sol. L'amplitude des fluctuations de nappe est cependant limitée par le drainage efficace assuré par le réseau de collecteurs de la ville, et par l'écran hydraulique constitué par le rideau de palplanches implanté en rive gauche de l'Isère.

Il apparaît toutefois que les travaux récents effectués sur les collecteurs d'eau pluviale réduisent le drainage assuré par ces grands ouvrages, lequel contribue à écrêter les hautes eaux de la nappe, et que la diminution des pompages en nappe entamée au début des années 70 amplifie les phénomènes de remontée de nappe.

Il est à craindre que tout nouveau chantier d'étanchéité sur le réseau de collecteurs n'accroisse encore le risque d'inondation par remontée de nappe.

*Ville de Grenoble*  
*Etude de l'inondabilité de la ville de Grenoble par remontée de la nappe phréatique*  
*31621 - Version A*

Pour améliorer encore la connaissance du site, on recommande d'équiper 4 piézomètres (2 existants et 2 à réaliser) d'enregistreurs de niveau piézométrique réglés avec un pas d'acquisition de 90 minutes.

Enfin, la précision de la carte des profondeurs minimales prévisionnelles de la nappe sous le sol dépendant en partie de la représentativité de la topographie interpolée dans le cadre de cette étude, il conviendrait que cette dernière soit validée dans les secteurs où la connaissance des cotes du sol est faible, notamment dans les parties Est et Sud de la ville.



## Sommaire

	Pages
<b>1. Introduction .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Présentation de la zone d'étude et recueil des données disponibles.....</b>	<b>7</b>
2.1. Situation et présentation de la zone d'étude.....	7
2.1.1. <i>Situation géographique</i> .....	7
2.1.2. <i>Contexte géologique</i> .....	7
2.1.3. <i>Contexte hydrogéologique</i> .....	7
2.2. Recueil et traitement des données disponibles.....	8
2.2.1. <i>Données hydrologiques</i> .....	8
2.2.1.1. Données relatives au Drac .....	8
2.2.1.2. Données relatives à l'Isère .....	9
2.2.2. <i>Données pluviométriques</i> .....	9
2.2.3. <i>Données topographiques</i> .....	10
2.2.4. <i>Données piézométriques</i> .....	10
2.2.4.1. Données piézométriques discontinues du réseau de la ville.....	11
2.2.4.2. Données piézométriques continues du réseau de la ville .....	11
2.2.4.3. Données piézométriques EDF .....	11
2.2.5. <i>Aménagements</i> .....	12
2.3. Synthèse des données.....	12
<b>3. Analyse des chroniques piézométriques et élaboration d'une carte des profondeurs DE NAPPE minimales atteintes PENDANT la période d'observation .....</b>	<b>13</b>
3.1. Analyse des chroniques piézométriques .....	13
3.1.1. <i>Importance de la fréquence de mesure de la piézométrie</i> .....	13
3.1.1.1. Mesures discontinues .....	13
3.1.1.2. Mesures continues .....	13
3.1.2. <i>Rôle du réseau de collecteurs de la ville</i> .....	14
3.1.3. <i>Rôle du rideau de palplanches en rive gauche de l'Isère</i> .....	14
3.1.4. <i>Regroupement des piézomètres par familles homogènes</i> .....	14
3.2. Carte des plus hautes cotes piézométriques observées.....	15
3.3. Carte des profondeurs minimales atteintes pendant la période d'observation .....	16
3.4. Synthèse .....	17
<b>4. Sensibilité de l'aquifère aux crues du Drac et de l'Isère.....</b>	<b>18</b>
4.1. Le logiciel CATHERINE.....	18

4.2. Prise en compte des aménagements influençant les écoulements souterrains .....	19
4.2.1. Cas A : Simulation d'une chronique piézométrique non perturbée .....	21
4.2.2. Cas B : Simulation d'une chronique piézométrique influencée par le drainage de la nappe par le réseau de collecteurs.....	21
4.2.3. Cas C : Simulation d'une chronique piézométrique avec drainage de la nappe par le réseau de collecteurs et présence d'un rideau de palplanches. ....	21
4.3. Zones et profils simulés .....	22
4.3.1. Simulation de la propagation des ondes de crue du Drac .....	22
4.3.2. Simulation de la propagation des ondes de crue de l'Isère .....	23
4.4. Carte des plus hautes cotes piézométriques simulées .....	23
4.5. Carte des profondeurs minimales simulées.....	24
4.6. Synthèse .....	24
<b>5. Carte des profondeurs minimales prévisionnelles.....</b>	<b>25</b>
5.1. Détermination d'une plage de sécurité.....	25
5.1.1. Rehausse additionnelle par infiltration pluviale.....	25
5.1.2. Rehausse additionnelle par crue d'un volume exceptionnel.....	25
5.1.3. Rehausse additionnelle globale .....	26
5.2. Carte des profondeurs minimales prévisionnelles.....	26
<b>6. Conclusions et recommandations.....</b>	<b>28</b>



### Liste des figures

figure 1 : Fluctuation naturelle du niveau piézométrique liée aux niveaux d'un cours d'eau.....	18
figure 2 : Schéma conceptuel de la modélisation de la propagation d'une onde de crue de l'Isère et du Drac.....	20



### Liste des tableaux

Tableau 1 : Tranches de sécurité.....	26
---------------------------------------	----



### Liste des cartes hors texte

Carte 1 : Réseau piézométrique
Carte 2 : Modèle Numérique de Terrain
Carte 3 : Isovaleurs indicatives des cotes de drainage de la nappe et cotes des radiers des collecteurs
Carte 4 : Regroupement des piézomètres par familles homogènes
Carte 5 : Carte des plus hautes cotes piézométriques atteintes sur la période d'observation

*Ville de Grenoble*  
*Etude de l'inondabilité de la ville de Grenoble par remontée de la nappe phréatique*  
*31621 – Version A*

- Carte 6 : Carte des profondeurs minimales atteintes sur la période d'observation
- Carte 7 : Carte des plus hautes cotes piézométrique simulées par CATHERINE
- Carte 8 : Carte des profondeurs minimales simulées
- Carte 9 : Carte des profondeurs minimales susceptibles d'être atteintes – carte de référence –





## 1. INTRODUCTION

L'agglomération grenobloise est sujette, de manière récurrente, à des inondations localisées par remontées de nappe. La Ville de Grenoble souhaite en conséquence cerner au mieux son exposition aux risques de cette nature afin de prendre les mesures préventives et correctives adaptées.

L'étude confiée à ANTEA vise à comprendre et à quantifier les phénomènes de hautes eaux de nappe induits par l'environnement naturel - essentiellement les crues de l'Isère et du Drac et les fortes pluviométries - et par les activités anthropiques - arrêt des pompages industriels et AEP en milieu urbain, infrastructures souterraines,... -. Le but de l'étude est de dresser une carte de la profondeur minimale prévisionnelle de la nappe sous le sol de la ville.

La première phase de l'étude, basée sur le recueil et l'analyse des données disponibles, a pour objectif de proposer un regroupement des piézomètres en familles comportementales homogènes.

La deuxième phase de l'étude doit permettre la quantification, par modélisation et par analyse empirique, des principaux facteurs naturels et anthropiques impliqués dans les fluctuations de la nappe.

L'objectif final de l'étude est de cartographier la profondeur minimale prévisionnelle de la nappe sous le sol de la ville.



## 2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE ET RECUEIL DES DONNEES DISPONIBLES

### 2.1. Situation et présentation de la zone d'étude

#### 2.1.1. Situation géographique

La ville de Grenoble se situe à la confluence du Drac et de l'Isère, dans une plaine entourée de massifs montagneux maqués. Les limites de la zone d'étude sont les suivantes :

- le Drac à l'Ouest ;
- l'Isère au Nord ;
- la limite de la ville de Grenoble et de la commune de Saint-Martin d'Hères à l'Est ;
- la limite de la ville de Grenoble avec les communes d'Echirolles et d'Eybens au Sud.

#### 2.1.2. Contexte géologique

Le secteur étudié se situe dans une vallée glaciaire remplie de dépôts alluvionnaires récents du Drac et de l'Isère.

La succession lithologique rencontrée au droit de la zone d'étude peut s'établir ainsi, des terrains les plus récents aux terrains les plus anciens ([1] & [2]), en partant de la surface :

- dépôts alluvionnaires composés de galets, graviers et sables grossiers (30 m d'épaisseur) ;
- sables limoneux à passées argileuses (1 à 30 m d'épaisseur) ;
- dépôts glaciaires hétérogènes : sédiments fins argileux intercalés avec des sédiments argilo-tourbeux et turbo-graveleux.

Les sondages profonds (jusqu'à 144,70 m/sol) implantés dans la plaine alluviale de la ville de Grenoble n'ont pas rencontré le substratum rocheux.

#### 2.1.3. Contexte hydrogéologique

L'aquifère quaternaire de la plaine de Grenoble est essentiellement constitué par les alluvions du Drac et de l'Isère. Les dépôts glaciaires sous-jacents

correspondent à son substratum. Cet aquifère présente une épaisseur d'une trentaine de mètres. Les écoulements s'y effectuent selon une direction générale SSW-NNE. Ses limites latérales Est et Ouest sont considérées comme imperméables [1].

Les valeurs des transmissivités de la nappe sont comprises entre  $10 \cdot 10^{-3}$  et  $120 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  [1].

L'alimentation de la nappe s'effectue essentiellement par le Drac et par recharge pluviale. Dans le secteur étudié, l'Isère est le principal drain naturel de la nappe.

La retenue de Saint-Égrève, située en aval proche de la zone d'étude, provoque une remontée de la nappe dans le secteur du Synchrotron. Les risques d'inondation de ce secteur ont toutefois été limités par la mise en place de drains souterrains par EDF.

## **2.2. Recueil et traitement des données disponibles**

### *2.2.1. Données hydrologiques*

Les données hydrologiques du Drac (station de Fontaine) et de l'Isère (station de Bastille) ont été collectées et traitées. Ces deux stations sont positionnées sur la carte 1 hors texte.

#### *2.2.1.1. Données relatives au Drac*

Les mesures effectuées à la station de Fontaine sur le Drac ont été sélectionnées pour 3 raisons : proximité de la station avec la zone d'étude, qualité des données et durée de la chronique disponible.

Des débits moyens journaliers (l/s) ont pu être extraits de la Banque HYDRO (code station : W2832020), pour la période du 01/01/84 au 30/06/02. Afin de les transformer en hauteurs moyennes journalières, la courbe de tarage 89A, valable à partir du 26/09/89, ainsi que l'altitude du zéro de l'échelle correspondante, ont été fournis par la cellule Eau de la Direction Départementale de l'Équipement de Grenoble (DDE Grenoble).

La courbe de tarage 89A et la chronique des hauteurs moyennes journalières calculées en mètres NGF entre le 26/09/89 et le 30/06/02 sont présentées en annexe 1. Ces hauteurs moyennes journalières seront utilisées dans la suite de l'étude.

Par ailleurs, des chroniques de niveau du Drac ont été fournies par la DDE Grenoble pour une partie des années 1994, 1995, 1996, 1997, 2001 et 2002. Elles



montrent l'impact sur le niveau du Drac des lâchés effectués depuis les barrages situés en amont de l'agglomération grenobloise. Il apparaît notamment que dans une même journée le niveau du Drac peut varier de 0,6 m, alors même que les hauteurs moyennes journalières calculées restent stables.

Un profil en long du Drac, entre le Pont Rouge et la confluence Drac / Isère, a également été fourni par la Ville de Grenoble.

#### 2.2.1.2. Données relatives à l'Isère

Les mesures effectuées à la station de Bastille sur l'Isère (code station : W1410010) ont été sélectionnées pour les mêmes raisons : proximité à la zone d'étude, qualité des données et durée de la chronique disponible.

Les hauteurs mesurées à pas événementiel (enregistrement déclenché dès que le niveau de l'Isère varie de 10 mm) et les altitudes du zéro de l'échelle ont été fournies par le Service des Milieux Aquatiques de la DIREN Rhône-Alpes (SEMA-Diren Rhône-Alpes) pour les périodes du 01/01/80 au 01/01/82, du 07/04/87 au 30/06/97, et du 01/01/98 au 31/12/02. Les données hydrologiques ont ensuite été homogénéisées en calculant les niveaux journaliers moyens de l'Isère à Bastille.

L'annexe 2 présente l'ensemble des mesures disponibles pour l'Isère du 01/01/80 au 31/12/02 (avec les altitudes du zéro de l'échelle et les hauteurs moyennes journalières calculées).

Par ailleurs, les données des stations de mesure de crue RGI - La Mogne, J. Macé et Fontenay I, suivies par la Régie Assainissement de la Ville de Grenoble, ont été consultées et analysées, mais elles n'ont pas été utilisées pour la suite de l'étude car moins bien renseignées.

Un profil en long de l'Isère, entre le Pont de l'Île Verte et la confluence Drac / Isère, datant de 1996 a également été fourni par la Ville de Grenoble.

#### 2.2.2. Données pluviométriques

La station de Varcès a été sélectionnée pour la qualité de ses mesures, la durée de sa chronique et sa proximité à la zone d'étude (Varcès est situé à 9,7 km au SSW de Grenoble).

Les lames d'eaux journalières mesurées pour la période du 01/01/80 au 01/01/03 ont été fournies par Météo France (code station : 38524001). La chronique correspondante est présentée en annexe 3.



Par ailleurs, d'autres données ont été consultées mais elles n'ont pas été exploitées pour la suite de l'étude car moins bien renseignées : il s'agit des mesures relatives aux stations pluviométriques de Rondeau, Dumont et Philippeville suivies par la Régie Assainissement de la Ville de Grenoble. Ces données montrent que les hauteurs journalières de précipitation mesurées à Varces sont comparables à celles de Grenoble.

### 2.2.3. Données topographiques

Les données topographiques disponibles sur la zone d'étude ont été synthétisées et interpolées pour fournir une représentation numérique de la surface du sol aussi précise que possible :

- Cotes au sol des piézomètres ;
- Plan du Réseau d'Egouts de la ville de Grenoble datant de 1978, avec cotes des regards ;
- Carte IGN de la ville de Grenoble pour les secteurs insuffisamment renseignés, comme les secteurs Sud et Est.

La topographie interpolée résultant de ces traitements est présentée sur la carte 2 hors texte.

### 2.2.4. Données piézométriques

Deux réseaux de suivi piézométrique ont été exploités pour cette étude :

- La ville de Grenoble a fourni les informations relatives à 132 piézomètres, dont 72 étaient géoréférencés. À l'aide des cartes piézométriques réalisées par la Régie Assainissement de la ville, 101 de ces ouvrages ont pu être identifiés et géoréférencés. Leurs implantations sont indiquées sur la carte 1 hors texte. Parmi ces ouvrages, 7 sont suivis en continu depuis 1997 (réseau de la ville) avec un pas d'acquisition de 5 minutes. Les autres ouvrages sont relevés irrégulièrement.
- 8 piézomètres suivis en discontinu par EDF lors d'études consacrées au Synchrotron en 1994, 1995 et 1997 (réseau EDF). Parmi ces 8 piézomètres, 5 sont communs avec le réseau de la ville de Grenoble (réseau EDF+Ville).

Un tableau récapitulatif de ces données est présenté en annexe 4. On y trouve le numéro, le nom et les coordonnées des piézomètres, les cotes sol mesurées ou estimées, le type de suivi, les hauteurs piézométriques maximales et minimales observées après suppression des mesures aberrantes, ainsi que les profondeurs minimales atteintes par la nappe sous le sol.

La carte 1 permet de localiser les piézomètres utilisés pour cette étude.

#### *2.2.4.1. Données piézométriques discontinues du réseau de la ville*

L'annexe 5 présente les chroniques piézométriques des ouvrages relevés irrégulièrement, et les cotes sol correspondantes, fournies par la ville ou estimées à partir de la topographie interpolée dans le cadre de cette étude.

Grâce aux informations fournies par la ville, quelques mesures ont pu être éliminées (piézomètres n°1, 2, 8, 22 et 48). Ces mesures sont indiquées en rouge sur les chroniques.

Les hauteurs maximales et minimales mesurées, et les profondeurs minimales de la nappe sous le sol qui en résultent sont présentées dans le tableau récapitulatif de l'annexe 4.

#### *2.2.4.2. Données piézométriques continues du réseau de la ville*

Les sept piézomètres suivis par la ville depuis 1997 au pas de 6 minutes ont pour noms : Vaucanson S6 – n°6, Philippeville Nord – n°9, Philippeville Sud – n°10, Perrot Station Ponsard – n°53, Consantine – n°54, Rondeau – n°55 et Michelet – n°52. Ces piézomètres sont localisés sur la carte 1 hors texte.

L'annexe 6 présente les chroniques piézométriques de ces ouvrages, calculées au pas journalier par moyenne arithmétique de 240 mesures journalières consécutives. Les mesures considérées comme aberrantes sont indiquées en rouge sur les chroniques.

Les hauteurs maximales et minimales mesurées, ainsi que les profondeurs minimales de la nappe sous le sol qui en résultent sont présentées dans le tableau récapitulatif de l'annexe 4.

Les analyses détaillées effectuées sur quelques chroniques piézométriques montrent que l'utilisation de moyennes journalières peut minorer significativement les niveaux des plus hautes eaux observées, et ce jusqu'à 25 centimètres.

#### *2.2.4.3. Données piézométriques EDF*

La ville de Grenoble a fourni des mesures effectuées par EDF en 1994, 1995 et 1997 pour 8 piézomètres. Les 3 piézomètres n'appartenant pas au réseau de la ville ont été numérotés 102, 103, 104. Leurs mesures ont été intégrées aux chroniques des piézomètres présentées en annexe 5. Elles sont prises en compte dans le tableau récapitulatif présenté en annexe 4.

### 2.2.5. Aménagements

Les aménagements souterrains correspondent aux parkings et aux principaux collecteurs d'assainissement. La profondeur des parkings est de l'ordre de 5 m/sol, et celle des principaux collecteurs n'excède pas en moyenne 2,5 m/sol.

## 2.3. Synthèse des données

Le recueil des données a permis de réaliser :

- Une chronique des hauteurs moyennes journalières du Drac (station de Fontaine), du 26/09/89 au 30/06/02.
- Une chronique des hauteurs moyennes journalières de l'Isère (station de Bastille), du 01/01/80 au 01/01/82, du 07/04/87 au 30/06/97 et du 01/01/98 au 31/12/02.
- Une chronique des hauteurs des précipitations à Varcès, du 01/01/80 au 01/01/03.
- 104 chroniques piézométriques discontinues, et 7 chroniques continues au pas de mesure de 6 minutes (période variable, entre 1970 et 2003).
- Une carte de localisation du réseau piézométrique et des 2 stations limnimétriques de Fontaine et Bastille.
- Une carte topographique interpolée.



### 3. ANALYSE DES CHRONIQUES PIEZOMETRIQUES ET ELABORATION D'UNE CARTE DES PROFONDEURS DE NAPPE MINIMALES ATTEINTES PENDANT LA PERIODE D'OBSERVATION

#### 3.1. Analyse des chroniques piézométriques

L'analyse a été menée sur 97 des 104 chroniques piézométriques disponibles. Celles-ci sont présentées aux annexes 5 et 6.

Il apparaît clairement que les fluctuations de nappe sont influencées non seulement par les conditions naturelles (essentiellement les niveaux de l'Isère et du Drac, ainsi que la pluviométrie), mais aussi et de plus en plus par les activités humaines (arrêt des pompages industriels et AEP, aménagements souterrains,...).

##### 3.1.1. Importance de la fréquence de mesure de la piézométrie

L'analyse des chroniques piézométriques continues et discontinues montre que les fréquences de mesure utilisées sont mal adaptées à la dynamique de la nappe.

###### 3.1.1.1. Mesures discontinues

La fréquence des mesures discontinues est trop faible pour représenter significativement les fluctuations caractéristiques de la nappe à un endroit donné.

L'annexe 7 en offre l'illustration en comparant les chroniques de deux piézomètres, l'un influencé par le Drac (n°34) et l'autre par l'Isère (n°35). La similitude d'allure des deux chroniques piézométriques masque le fait que ces ouvrages sont soumis à des sollicitations distinctes et appartiennent à des familles comportementales différentes.

###### 3.1.1.2. Mesures continues

La fréquence de mesure des piézomètres suivis en continu (1 mesure toutes les 6 minutes) est plus que suffisante pour enregistrer l'ensemble des fluctuations de la nappe à un endroit donné. Une analyse minutieuse des chroniques montre en effet que l'on pourrait arriver au même résultat avec une mesure toutes les 90 minutes. En revanche, avec une mesure toutes les 3 heures, l'erreur d'appréciation des plus hauts niveaux mesurés pourrait atteindre de 5 à 15 cm (annexe 8).

### 3.1.2. Rôle du réseau de collecteurs de la ville

Le réseau de collecteurs de la ville est en partie conçu pour drainer la nappe. Ce drainage s'opère par des barbacanes, des radiers drainants ou, involontairement, par des entrées parasites dans le réseau.

L'analyse détaillée des chroniques piézométriques permet de déterminer pour de nombreux ouvrages une cote de drainage, notée CD, au-delà de laquelle le réseau de collecteurs écrête significativement les fluctuations de la nappe (annexe 9).

La carte 3 hors texte présente les courbes d'isovaleurs des cotes de drainage ainsi déterminées. Sont également reportées sur cette carte les cotes de radier du réseau de collecteurs fournies par les Services Techniques de la ville.

Le rôle drainant du réseau est prépondérant dans la partie Nord de la ville, notamment le long des boulevards Maréchal Foch et Maréchal Joffre, du cours Jean Jaurès (entre Bvd Maréchal Foch et av. Félix Viallet), et du cours Berriat (annexe de la mairie et Bvd Jean Jaurès).

### 3.1.3. Rôle du rideau de palplanches en rive gauche de l'Isère

Le rideau de palplanches implanté le long de la rive gauche de l'Isère agit comme une barrière peu perméable. Il écrête significativement les ondes de crues qui se propagent de l'Isère vers la nappe.

### 3.1.4. Regroupement des piézomètres par familles homogènes

La carte 4 hors texte présente un regroupement des piézomètres en 9 familles « homogènes », notées de A à I. Les chroniques piézométriques types associées à ces familles sont présentées sur la carte 4 hors texte et en annexe 10. Les limites des familles sont données à titre indicatif car les transitions entre familles voisines sont progressives. En outre, il est clair que ces limites pourraient évoluer si les travaux d'étanchéité du réseau de collecteurs se poursuivaient.

Schématiquement, on peut décrire comme suit le comportement hydrodynamique des différentes familles :

- Zone A : Les fluctuations de la nappe sont directement liées à celles de l'Isère et du Drac. Les drains posés par EDF et les palplanches en rive gauche de l'Isère écrètent significativement les crues des deux cours d'eau. Les amplitudes piézométriques sont de l'ordre de 0,5 à 1 m.
- Zone B : Les fluctuations de la nappe sont directement liées à celles de l'Isère. Le rideau de palplanches et le réseau de collecteurs contribuent



significativement à écrêter la propagation des crues de l'Isère. Les amplitudes piézométriques sont en moyenne de 0,5 à 1,5 m.

- Zone C : Les fluctuations piézométriques au sein de cette zone sont faibles, de 0,3 à 0,4 m. L'influence de l'Isère est très atténuée par l'important drainage assuré par le réseau de collecteurs.
- Zone D : La nappe, influencée par le Drac, est drainée par le réseau de collecteurs. Les fluctuations piézométriques observées ont une amplitude moyenne de 0,6 à 1 m.
- Zone E : La nappe n'est pas « perturbée » dans cette partie de la ville par des infrastructures souterraines. Les fluctuations piézométriques, de forte amplitude (1,5 à 2 m), sont directement liées aux fluctuations de l'Isère.
- Zone F : Située au Nord-Est de la ville, cette zone présente des fluctuations piézométriques assez importantes, de 0,8 à 1,5 m d'amplitude. Le drainage de la nappe par le réseau de collecteurs est limité et l'influence des fluctuations de l'Isère se fait largement sentir.
- Zone G : Les crues du Drac et de l'Isère ne semblent pas avoir une influence significative sur les fluctuations piézométriques journalières. En revanche, l'aquifère réagit assez bien aux pluies, sans pour autant que cela se traduise par de fortes fluctuations piézométriques (quelques décimètres). Le rôle drainant du réseau de collecteurs est important. Les fluctuations piézométriques observées ne dépassent pas 0,6 m d'amplitude.
- Zone H : L'influence du Drac est prépondérante. Le réseau de collecteurs de la ville ne semble pas drainer la nappe. Les fluctuations piézométriques observées ont une amplitude de 0,8 à 1,1 m.
- Zone I : Les fluctuations piézométriques ont environ 1 m d'amplitude. L'influence du Drac n'est pas perceptible et seules les pluies contribuent à générer des événements de « haute fréquence ». Le réseau de collecteurs de la ville ne draine pas la nappe.

#### Remarques :

Les piézomètres 2 et 48 ne sont pas intégrés dans l'analyse car leurs mesures semblent aberrantes. La chronique du piézomètre 37 n'a pas non plus été utilisée car ce piézomètre est influencé par un pompage proche

### **3.2. Carte des plus hautes cotes piézométriques observées**

Une carte asynchrone des plus hautes cotes piézométriques observées (carte 5 hors texte) a été réalisée à l'aide des 97 chroniques piézométriques disponibles sur la période d'observation (1970/2002). L'annexe 4 indique les valeurs utilisées pour la réalisation de cette carte.



L'allure générale de cette carte asynchrone est cohérente avec les cartes piézométriques fournies par les services de la ville. Les écoulements souterrains sont globalement dirigés selon la direction SSW-NNE. La pente générale de la nappe augmente du Sud vers le Nord, passant respectivement de 2‰ à environ 3‰. L'Isère draine la nappe et, en hautes eaux, le Drac l'alimente significativement.

### 3.3. Carte des profondeurs minimales atteintes pendant la période d'observation

Les profondeurs minimales atteintes par la nappe sous le sol ont été calculées par différence entre la topographie interpolée (§ 2.2.3) et les plus hautes eaux mesurées pendant la période d'observation (1970 – 2003).

La différence entre les deux cartes a été réalisée à l'aide de grilles interpolées par krigeage. Le résultat de cette opération (carte 6 hors texte) permet d'identifier les zones sensibles aux risques d'inondation par la nappe et les secteurs moins vulnérables. Neuf classes de profondeur de 1 m d'épaisseur ont été distinguées entre 0 et 9 m.

Le risque engendré par la nappe est considéré comme important lorsque la profondeur minimale observée de la nappe sous le sol est comprise entre 0 et 3 m. Le risque est moindre si cette profondeur est supérieure à 3 m car les structures souterraines courantes excèdent rarement 3 m de profondeur (hormis les parkings souterrains).

La carte 6 hors texte montre que le risque engendré par les hautes eaux de la nappe est important sur une large part de la ville, notamment dans les zones suivantes :

- quartiers situés au droit des piézomètres Michelet (n°52) et Semard (n°77) ;
- quartier au Sud-Ouest du piézomètre Ampère (n°82) ;
- quartiers situés au droit des piézomètres Bitesi (n°37), Verdun (n°50), Pz1 Vaucanson (n°92), et au Sud-Est du piézomètre Philippeville Sud (n°10) ;
- quartiers situés à l'Est d'une ligne passant par les piézomètres Constantine (n°54), Allies (n°73), Plein jour (n°19), Bougault (n°89), Mutualité (n°3) et Blanc Monier (n°94) ;
- quartier à l'Est du piézomètre PR4 (n°26).

Le risque apparaît faible au Sud de la ville car la profondeur de la nappe sous le sol augmente significativement pour atteindre 8 m au piézomètre Stade Delaune (n°47).

Le risque est également faible à la confluence du Drac et de l'Isère (zone du Synchrotron) en raison de la présence des drains EDF et du rideau de palplanches de la rive gauche de l'Isère.

### 3.4. Synthèse

L'ensemble des analyses réalisées sur les 104 chroniques piézométriques amène les observations suivantes :

- La fréquence de mesure adoptée pour les piézomètres suivis de façon discontinue est insuffisante pour caractériser correctement la nappe.
- Pour les piézomètres suivis en continu, la fréquence de mesure est trop importante (gestion laborieuse d'un volume pléthorique de données). Une mesure toutes les 90 minutes serait suffisante.
- 9 familles piézométriques homogènes ont été proposées (notées de A à I).
- Le risque lié aux hautes eaux de la nappe phréatique est important sur une grande partie de la ville. La zone concernée est limitée au Sud par une ligne joignant les piézomètres Impôts (n°34), Musset (n°74) et U2EST (n°29). Elle est limitée au Nord par la ligne joignant les piézomètres P8816 (n°18) et Diderot (n°84).
- La réduction des pompages industriels et AEP initiée au début des années 70 contribue à rehausser les niveaux de la nappe.
- Le rideau de palplanches implanté en rive gauche de l'Isère joue le rôle d'une barrière peu perméable, laquelle atténue sensiblement la propagation en nappe des ondes de crue venant de l'Isère.
- **Le drainage efficace assuré par le réseau de collecteurs réduit significativement les risques d'inondation par remontée de la nappe souterraine sur une grande partie de la ville.**



#### 4. SENSIBILITE DE L'AQUIFERE AUX CRUES DU DRAC ET DE L'ISERE

La topographie très plate de la plaine de Grenoble et la faible profondeur de la nappe sous le sol (moins de 2 m par endroits) accroissent sensiblement les risques d'inondation des caves et des sous-sol par les hauts niveaux de nappe. Ceux-ci sont en grande partie induits par les crues de l'Isère et du Drac, notamment au Nord et au Nord-Ouest de la ville.

Pour compléter l'analyse des fluctuations piézométriques présentée au chapitre précédent, ANTEA a mis en œuvre une approche par modélisation numérique, dont on présente ici la teneur et les résultats.

Le modèle numérique utilisé pour simuler la propagation des ondes de crue des rivières vers l'aquifère est le code de calcul CATHERINE (Calcul Théorique de l'Effet d'une Rivière sur une NappE), développé par le BRGM et ANTEA. Ce modèle est conçu pour des simulations en milieu homogène semi-infini. Il s'est avéré ici nécessaire d'en adapter l'utilisation pour tenir compte du drainage assuré par le réseau de collecteurs ainsi que de l'impact du rideau de palplanches implanté le long de la rive gauche de l'Isère.

##### 4.1. Le logiciel CATHERINE

Le logiciel a été développé pour simuler la propagation en nappe d'ondes de pression induites par les variations de niveau d'un plan d'eau voisin (mer ou rivière). La propagation de ces ondes (amortissement et déphasage) est conditionnée par la diffusivité ( $T/S = \text{transmissivité} / \text{coefficient d'emmagasinement}$ ) des terrains traversés et par la distance séparant le plan d'eau libre du point d'observation dans la nappe (cf. figure 1).

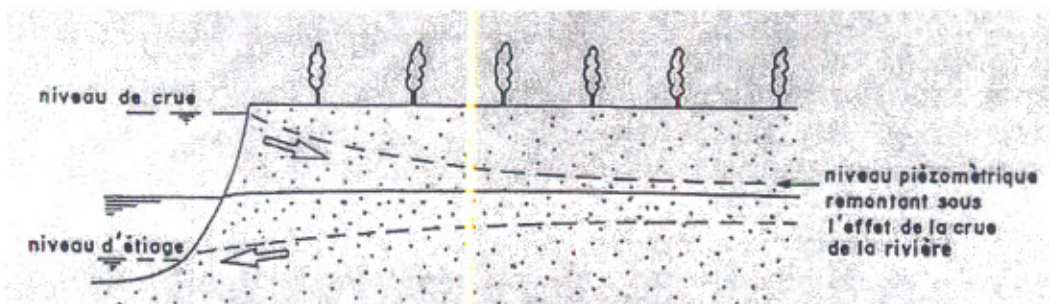


Figure 1 : Fluctuation naturelle du niveau piézométrique liée aux fluctuations de niveau d'un plan d'eau libre



La démarche de modélisation classiquement mise en œuvre s'effectue en deux phases distinctes :

- Une première étape consiste à déterminer, par une procédure de calage automatique, la diffusivité de l'aquifère en cherchant à obtenir la meilleure adéquation possible entre une chronique piézométrique observée en un point quelconque de l'aquifère et la chronique simulée par CATHERINE au même emplacement à partir de l'historique des niveaux observés sur le plan d'eau libre.
- Une fois connue la diffusivité de l'aquifère, le logiciel est ensuite utilisé pour simuler les fluctuations piézométriques induites en un point donné de la nappe (sous réserve d'homogénéité hydrogéologique) par une chronique quelconque de niveaux du plan d'eau libre.

Il est important de souligner que l'inertie de l'aquifère peut avoir pour conséquence qu'une succession de crues « moyennes » sur un cours d'eau voisin induise de plus hauts niveaux de nappe qu'une crue exceptionnelle isolée. Autrement dit, il n'y a pas de relation univoque entre les niveaux de crue sur une rivière et les hauts niveaux de nappe qui en résultent. Pour déterminer ces derniers, il est donc nécessaire de prendre en compte la totalité de la chronique des niveaux de rivière, de simuler les niveaux de nappe qui en résultent, et de déterminer parmi ceux-ci les plus hauts niveaux atteints.

En comparant les chroniques piézométriques observées et simulées en un point quelconque de la nappe, CATHERINE peut aider à déceler, et éventuellement à quantifier, les phénomènes perturbateurs survenus pendant une période donnée, tels que recharges pluviales, drainage de nappe, impacts de pompages, colmatage des berges du plan d'eau libre, ...

#### **4.2. Prise en compte des aménagements influençant les écoulements souterrains**

Le réseau de collecteurs de la ville et le rideau de palplanches implanté en rive gauche de l'Isère contribuent, dans des proportions à définir, à l'écrêtage des ondes de crues dans la nappe.

Pour intégrer ces phénomènes dans les simulations réalisées avec CATHERINE, trois procédures de calcul ont été définies en fonction du contexte hydrodynamique considéré. Elles sont identifiées cas A, B et C sur la figure 2.

Les simulations relatives à la mise au point de ces procédures sont jointes en annexe 11. Elles concernent les piézomètres Philippeville Nord, Philippeville Sud, Vaucanson et Michelet pour l'Isère, et Rondeau pour le Drac.

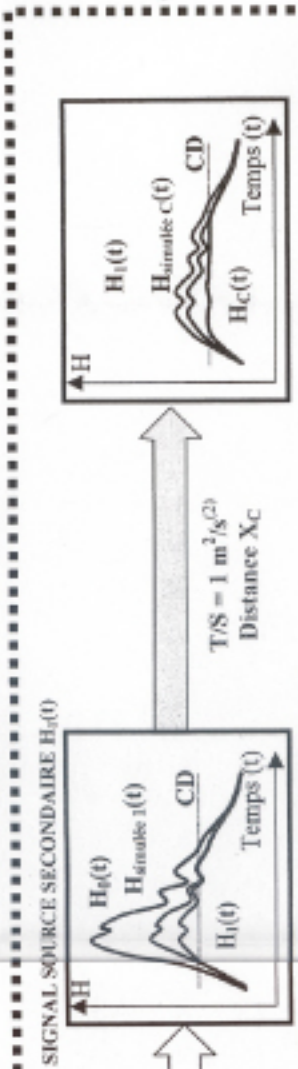
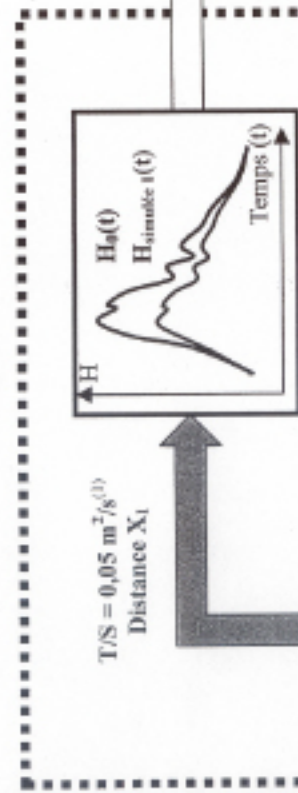
Figure 2 : Schéma conceptuel de la modélisation de la propagation des ondes de crue de l'Isère et du Drac

ANTEA

Procédure ne nécessitant pas l'utilisation de CATHERINE  
 Simulation CATHERINE de chroniques piézométriques à une distance de 80 m de l'Isère pour simuler l'effet des palplanches sur les écoulements.  
 Simulation CATHERINE de chroniques piézométriques à une distance X du signal source

**RIDEAU DE PALPLANCHES**  
 (Isère uniquement)

**DRAINAGE DE LA NAPPE PAR LE RESEAU DE COLLECTEURS DE LA VILLE**

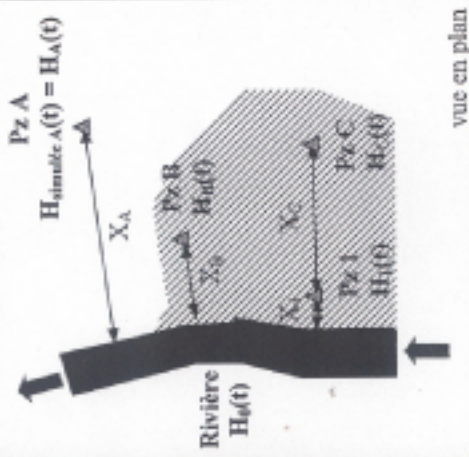
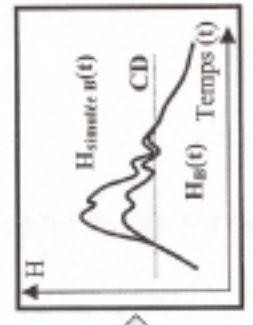
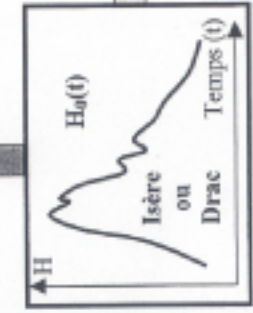


**CORRECTION**

si  $H_{simule 1} > H_{simule 1} + C$  ou  $C > H_{simule 1}$   
 alors  $H_{simule 1} > C$  ou  $C > H_{simule 1}$

$a_1 = 0,4$   
 $a \text{ ou } C = 0,6$

$H_{corrigé 1} = a_1 \cdot H_{hydrée 1} + b^{(1)}$   
 $H_{corrigé 2 \text{ ou } C} = a \cdot H_{hydrée 2} + b^{(2)}$   
 sinon  $H_{simule 1} > C$  ou  $C > H_{hydrée 1}$  ou  $C > H_{hydrée 2}$



- Zone où la nappe est drainée par un réseau de collecteurs
- Rideau de palplanches
- Piézomètres fictifs ou existants
- Piézomètre fictif pris comme source pour simuler Pz C

(1) paramètre calé à partir du piézomètre Philippeville Nord (n°9)  
 (2) paramètre calé à partir des piézomètres Philippeville Sud (n°10), Vazanson (n°6), Michelst (n°52), Vallès (n°8) et Morel (n°33)



Le signal source  $H_0(t)$  correspond aux chroniques limnimétriques enregistrées sur les rivières, aux stations Bastille pour l'Isère et Fontaine pour le Drac. Afin d'extrapoler en amont et en aval de celles-ci les niveaux mesurés sur les rivières, un gradient moyen a été estimé pour chacun des cours d'eau, ce qui permet de recalculer les niveaux de rivière vers le haut en amont de la station hydrologique et vers le bas en aval.

#### 4.2.1. Cas A : Simulation d'une chronique piézométrique non perturbée

Ce cas correspond au contexte « naturel », sans drainage par le réseau de collecteurs ni atténuation du signal par le rideau de palplanches. Les niveaux simulés par CATHERINE correspondent alors directement aux fluctuations de la nappe.

La diffusivité T/S utilisée pour les simulations est de  $1 \text{ m}^2/\text{s}$ . Cette valeur, calée à partir des chroniques enregistrées à Philippeville Nord et Philippeville Sud, est bien en accord avec les caractéristiques hydrodynamiques locales des alluvions quaternaires ( $1.10^{-2} < T < 1,2.10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$  [1] et  $5\% < S < 20\%$ ).

#### 4.2.2. Cas B : Simulation d'une chronique piézométrique influencée par le drainage de la nappe par le réseau de collecteurs

Les simulations sont réalisées, comme dans le cas A, à partir du signal source  $H_0(t)$  (Isère ou Drac), avec une diffusivité T/S de  $1 \text{ m}^2/\text{s}$ . Pour tenir compte du drainage de la nappe par le réseau de collecteurs, le signal simulé  $H_{\text{simulé B}}(t)$  est corrigé à l'aide d'une loi empirique à partir de la cote de drainage CD au-delà de laquelle le drainage de la nappe devient effectif. Au-dessous de cette cote, le signal simulé n'est pas corrigé et  $H_B(t) = H_{\text{simulé B}}(t)$ .

L'analyse fine des phénomènes (annexe 11) montre que la correction à appliquer peut s'assimiler à une relation linéaire du type  $H_{\text{corrigé B}} = 0,6 H_{\text{simulé B}} + b$ . Le coefficient b dépend de la cote de drainage estimée au droit du piézomètre considéré.

#### 4.2.3. Cas C : Simulation d'une chronique piézométrique avec drainage de la nappe par le réseau de collecteurs et présence d'un rideau de palplanches.

La présence d'un rideau de palplanches en rive gauche de l'Isère provoque une atténuation du signal source  $H_0(t)$ , bien visible sur le piézomètre de Philippeville Nord implanté à 80 m de l'Isère. La procédure de calage automatique effectuée avec CATHERINE sur ce piézomètre fournit une diffusivité T/S =  $0,05 \text{ m}^2/\text{s}$ , vingt fois inférieure à la diffusivité moyenne des alluvions.



Le signal obtenu est en outre manifestement écrêté par le réseau de collecteurs. Ici encore, il est possible de schématiser cet écrêtement par une relation linéaire simple, de type  $H_{\text{corrigé 1}} = 0,4 H_{\text{simulé 1}} + b$ , où  $b$  dépend de la cote de drainage estimée.

En faisant l'hypothèse que l'atténuation induite par le rideau de palplanches est uniforme sur toute la longueur du rideau, on simule en deux temps la propagation des ondes de pression entre l'Isère et un point quelconque de la nappe :

- Une première simulation est effectuée à partir de la chronique des niveaux de l'Isère  $H_0(t)$  pour un point virtuel implanté à 80 m de l'Isère. La diffusivité utilisée est de  $0,05 \text{ m}^2/\text{s}$ . La chronique piézométrique simulée  $H_{\text{simulé 1}}$  est ensuite corrigée en  $H_{\text{corrigé 1}} = 0,4 H_{\text{simulé 1}} + b$ .
- La chronique piézométrique corrigée  $H_{\text{corrigé 1}}$  sert à son tour de signal source pour une seconde simulation menée entre le point virtuel susmentionné et le point considéré C dans la nappe. La diffusivité du milieu est alors de  $1 \text{ m}^2/\text{s}$ . Comme pour le Cas B, la chronique piézométrique simulée  $H_{\text{simulé C}}$  est ensuite corrigée en  $H_{\text{corrigé C}} = 0,6 H_{\text{simulé C}} + b'$ .

### 4.3. Zones et profils simulés

Toutes les chroniques piézométriques observées sur les 101 ouvrages du réseau de suivi ont été simulées à partir des chroniques du Drac et de l'Isère, selon l'une des trois procédures décrites ci-avant.

#### 4.3.1. Simulation de la propagation des ondes de crue du Drac

Les simulations ont été réalisées avec les chroniques de la station de Fontaine, du 26/10/89 au 30/06/02.

Seize points virtuels répartis sur 6 profils notés M à R, et 4 points de validation hors profils (Pz27, 30, 34 et 55) ont été simulés selon le schéma du « cas A ».

Dix-huit points virtuels répartis sur 12 profils notés Q à X, et 5 points de validation hors profils (Pz20, 78, 79, 82 et 84) ont été simulés selon le schéma du « cas B ».

Les profils, les points virtuels et les points de validation sont positionnés sur la carte 7 hors texte. Les résultats de simulation sont présentés aux annexes 12 et 13.

#### 4.3.2. Simulation de la propagation des ondes de crue de l'Isère

Les simulations ont été réalisées avec les chroniques de la station Bastille, du 07/05/87 au 30/06/97 et du 31/01/98 au 31/12/02.

Un point de validation (Bizanet – n°22) a été simulé selon le schéma du « cas A ».

Huit points virtuels répartis sur 4 profils notés Y, Z, AA1 et AB1, et 2 points de validation hors profils (Pz3 et 90) ont été simulés selon le schéma du « cas B ».

Trente deux points virtuels, 4 piézomètres de validation répartis sur 12 profils notés de A à L, et 12 points de validation hors profils (Pz4, 5, 18, 21, 24, 32, 35, 36, 45, 77, 92 et 93) ont été simulés selon le schéma du « cas C ».

Les profils, les points virtuels et les points de validation sont positionnés sur la carte 7 hors texte. Les résultats de simulation sont présentés aux annexes 14, 15 et 16.

#### Remarque :

*La détermination des niveaux de hautes eaux au voisinage de la confluence Drac-Isère est délicate car elle est étroitement dépendante de la simultanéité ou non des crues sur les deux rivières. La présence de drains posés par EDF (écrêtage efficace des crues) et l'importante épaisseur locale de la zone non saturée concourent cependant à réduire les risques d'inondation par la nappe dans ce secteur. En première approche, on considère que les plus hautes eaux observées au droit de la confluence (carte 5 hors texte) constituent déjà une indication de qualité.*

#### 4.4. Carte des plus hautes cotes piézométriques simulées

La carte 7 hors texte présente la piézométrie asynchrone des plus hautes cotes piézométriques simulées pour les périodes indiquées. Les résultats détaillés des simulations sont présentés en annexe 17.

À titre indicatif, les plus hautes cotes piézométriques simulées à partir de l'Isère correspondent à une crue décennale survenue sur ce cours d'eau le 22/03/01. Les plus hautes cotes simulées à partir du Drac correspondent à la crue vicennale (temps de retour = 20 ans) du 09/10/93 sur cette rivière.

L'allure générale de cette carte asynchrone est cohérente avec celle des plus hautes cotes piézométriques observées (carte 5 hors texte). La comparaison de ces deux cartes montre que le niveau des plus hautes eaux simulées est dans quelques secteurs inférieur au niveau des plus hautes eaux observées, ce qui peut s'expliquer par le fait que les infiltrations pluviales n'aient pas été prises en compte dans les simulations.



#### 4.5. Carte des profondeurs minimales simulées

Une carte des profondeurs minimales simulées de la nappe sous le sol a été obtenue par différence avec la topographie interpolée (carte 2 hors texte). Le résultat de cette opération (carte 8 hors texte) met en évidence les zones sensibles aux risques d'inondation par remontée de nappe et les secteurs moins vulnérables. Six classes de profondeur de 1 m d'épaisseur ont été différenciées entre 0 et 6 m.

#### 4.6. Synthèse

Les différentes analyses réalisées amènent aux conclusions suivantes :

- La propagation en nappe des crues de l'Isère et du Drac est en grande partie écrêtée par le réseau des collecteurs de la ville.
- Le rideau de palplanches implanté en rive gauche de l'Isère atténue sensiblement la propagation des crues de l'Isère.
- Les plus hautes eaux simulées peuvent être inférieures aux plus hautes eaux observées en raison d'effets additionnels liés aux infiltrations pluviales. Il convient d'en tenir compte pour l'établissement d'une carte des profondeurs minimales prévisionnelles de la nappe sous le sol.
- Les simulations réalisées permettent d'extrapoler les prévisions de niveau aux secteurs dépourvus de piézomètres.



## 5. CARTE DES PROFONDEURS MINIMALES PREVISIONNELLES

La carte des profondeurs minimales prévisionnelles de la nappe correspond aux minima des profondeurs minimales observées (carte 6 hors texte) et simulées (carte 8 hors texte).

Cette carte est ensuite corrigée d'une plage de sécurité destinée à représenter les rehausses potentielles de nappe associées aux pluies importantes et aux crues d'un volume exceptionnel (volume = débit x durée).

### 5.1. Détermination d'une plage de sécurité

#### 5.1.1. Rehausse additionnelle par infiltration pluviale

L'analyse détaillée des chroniques piézométriques permet de quantifier empiriquement l'effet des précipitations sur les niveaux de nappe. Cette réponse est bien sûr largement conditionnée par l'ampleur du drainage de nappe assuré par le réseau des collecteurs.

L'annexe 18 présente, pour un certain nombre de piézomètres suivis en continu, des extraits de chroniques montrant la remontée de nappe observée à la suite de précipitations importantes. Une estimation des rehausses potentielles est donnée au tableau 1 en fonction des familles piézométriques définies au chapitre 3.1.4.

#### 5.1.2. Rehausse additionnelle par crue d'un volume exceptionnel

Comme déjà indiqué, les niveaux atteints par une nappe peuvent être plus élevés après une longue crue « moyenne » qu'après une brève crue exceptionnelle, ceci en raison de l'inertie de l'aquifère.

Pour quantifier cet effet d'inertie, on a simulé les réponses de la nappe à deux hydrogrammes de crue de même amplitude mais de durées différentes (1 et 20 jours).

Ces simulations ont été réalisées pour des crues théoriques dérivées de la crue décennale survenue le 22/03/01 sur l'Isère, et de la crue vicennale du 09/10/93 sur le Drac.

L'annexe 19 présente les résultats de ces simulations. Il en ressort qu'une crue prolongée est susceptible de rehausser de 0,1 m à 0,2 m les niveaux de nappe.

### 5.1.3. Rehausse additionnelle globale

Bien que les crues de l'Isère et du Drac soient indépendantes des pluies tombant sur Grenoble, on ne peut exclure que ces deux types d'alea surviennent de façon concomitante. Dans ces conditions, il est logique d'évaluer leur effet cumulé comme étant la somme de leurs effets individuels. Le tableau 1 synthétise les tranches de sécurité évaluées pour chacune des familles piézométriques, ainsi que la tranche de sécurité globale qui correspond à leur cumul.

Familles piézométriques	Tranche de sécurité liée aux précipitations (m)	Tranche de sécurité liée aux crues de grand volume (m)	Tranche de sécurité globale (m)
A	0,2	0,1	0,3
B	0,4	0,1	0,5
C	0,3	0,1	0,4
D	0,4	0,1	0,5
E	0,4	0,2	0,6
F	0,4	0,1	0,5
G	0,2	-	0,2
H	0,5	0,2	0,7
I	0,5	-	0,5

Tableau 1 : Tranches de sécurité

## 5.2. Carte des profondeurs minimales prévisionnelles

La carte 9 hors texte présente les profondeurs minimales prévisionnelles de la nappe sous le sol ainsi évaluées. Huit classes de 1 m d'épaisseur sont distinguées entre 0 et 8 m.

Comme déjà indiqué, le risque d'inondation des caves et sous-sol associé aux hautes eaux de nappe est important lorsque la profondeur minimale de la nappe sous le sol est comprise entre 0 et 3 m.

La carte 9 hors texte montre que le risque est important sur la majeure partie de la ville. Les secteurs les moins vulnérables correspondent au sud de la ville du fait de la topographie localement plus élevée et au secteur de la confluence Drac-Isère (zone du Synchrotron) en raison des drains posés par EDF.

### Remarques :

- La qualité et la fiabilité de ces résultats dépendent en grande partie de la représentativité de la topographie interpolée pour servir de référence aux calculs de profondeurs. Celle-ci pourrait être améliorée dans les secteurs de la

ville où la densité des mesures est faible, notamment dans les parties Est et Sud de la ville.

- La carte des profondeurs minimales prévisionnelles correspond *grosso modo* à des niveaux de crue décennale sur l'Isère et vicennale sur le Drac. Des fréquences d'occurrence plus rares conduiraient bien sûr à des profondeurs moindres. Le non accès, dans le cadre de cette étude, à de longues chroniques de niveau pour les deux rivières n'a pas permis de dépasser ces fréquences de retour.
- Il est important de rappeler, enfin, que la carte des profondeurs minimales prévisionnelles n'intègre pas les remontées de nappe localisées qui pourraient résulter de fuites sur les réseaux de distribution ou d'aménagements faisant significativement obstacle aux écoulements souterrains.



## 6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La première phase de l'étude, basée sur le recueil et l'analyse des données disponibles, a permis de proposer un regroupement des piézomètres en familles comportementales homogènes.

La deuxième phase a consisté à quantifier, par modélisation et par analyse empirique, les principaux facteurs naturels et anthropiques impliqués dans les fluctuations de la nappe.

La carte des profondeurs minimales prévisionnelles de la nappe sous le sol élaborée à partir de ces analyses montre qu'une large partie de la ville est sujette à un risque important (profondeur < 5 m). En revanche, le risque est moindre au Sud de la ville et dans le secteur du Synchrotron (confluence Drac / Isère).

Les résultats des simulations montrent que l'agglomération grenobloise est très vulnérable aux crues du Drac et de l'Isère. Ceci s'explique en grande partie par la forte perméabilité des alluvions, par la topographie très plate de la ville, et par la faible profondeur de la nappe sous le sol. L'amplitude des fluctuations de nappe est cependant limitée par le drainage efficace assuré par le réseau de collecteurs de la ville, et par l'écran hydraulique constitué par le rideau de palplanches implanté en rive gauche de l'Isère.

Il apparaît toutefois que les travaux récents effectués sur les collecteurs d'eau pluviale réduisent le drainage assuré par ces grands ouvrages, lequel contribue à écrêter les hautes eaux de la nappe, et que la diminution des pompages en nappe entamée au début des années 70 amplifie les phénomènes de remontée de nappe.

Il est à craindre que tout nouveau chantier d'étanchéité sur le réseau de collecteurs n'accroisse encore le risque d'inondation par remontée de nappe.

Pour améliorer encore la connaissance du site, on recommande d'équiper 4 piézomètres (2 existants et 2 à réaliser) d'enregistreurs de niveau piézométrique réglés avec un pas d'acquisition de 90 minutes.

La précision de la carte des profondeurs minimales prévisionnelles de la nappe sous le sol dépendant en partie de la représentativité de la topographie interpolée dans le cadre de cette étude, il conviendrait que cette dernière soit validée dans les secteurs où la connaissance des cotes du sol est faible, notamment dans les parties Est et Sud de la ville.

La carte des profondeurs minimales prévisionnelles correspond *grosso modo* à des niveaux de crue décennale sur l'Isère et vicennale sur le Drac. Des fréquences d'occurrence plus rares conduiraient bien sûr à des profondeurs moindres. Le non

accès, dans le cadre de cette étude, à de longues chroniques de niveau pour les deux rivières n'a pas permis de dépasser ces fréquences de retour.

Il est important de rappeler, enfin que la carte des profondeurs minimales prévisionnelles n'intègre pas les remontées de nappe localisées qui pourraient résulter de fuites sur les réseaux de distribution ou d'aménagements faisant significativement obstacle aux écoulements souterrains.



### Références Bibliographiques

- [1] Rapport SOGREAH, 10 0449 R2, mars 1997. *Nappe phréatique de la ville de Grenoble. Etude des variations piézométriques, causes et incidences.*
- [2] Rapport SOGREAH, 6 0224 R2, janvier 1988. *Site de Grenoble. Utilisation énergétique des eaux de la nappe phréatique.*

### Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des indications et énonciations d'ANTEA ne saurait engager la responsabilité de celle-ci.

## Fiche signalétique

### Rapport

---

Titre : Inondabilité de la ville de Grenoble par la nappe phréatique sous-jacente.

Numéro et indice de version : 31621 Version A

Date d'envoi : 16 Septembre 2003

Nombre de cartes en volume séparé : 9

Nombre de pages : 34

Nombre d'annexes en volume séparé : 19

Diffusion (nombre et destinataires) : 5 ex. client

1 ex. service de documentation

1 ex. (unité)

### Client

---

Coordonnées complètes : Ville de Grenoble  
Département Vie Urbaine  
Direction Aménagement Urbain – Service Environnement  
Hôtel de Ville – 11, boulevard Jean Pain – BP 1066  
38021 GRENOBLE Cedex 1

Téléphone : 04.76.76.36.36

Télécopie : 04.76.76.39.40

Nom et fonction des interlocuteurs : Madame Isabelle BERTONE-BAHIER

### Antea

---

Unité réalisatrice : STockages

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Jean-Pierre HOLE, responsable du projet

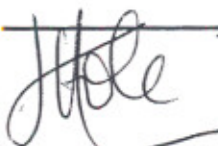
Alexandre DUZAN, auteur

### Qualité

---

Contrôlé par : Y. BARTHELEMY P.O.

Date : 16 Septembre 2003 – Version A



N° du projet : LYOP020450

Références et date de la commande : dossier d'offre du 10 décembre 2002

Mots Clés : INONDATION, NAPPE-RIVIERE