



LES GRANDS LACS DE SEINE
Institution Interdépartementale des Barrages-Réservoirs du Bassin de la Seine



ÉTUDE DE COMPATIBILITÉ DE L'AMÉNAGEMENT DE LA BASSEE AVEC LES RESSOURCES EN EAU

RAPPORT

JUILLET 2004

N° 2 73 0228 R3B

1. Objectif de l'étude.....	1
2. Déroulement de l'étude et méthodologie développée.....	2
3. Contexte	4
3.1. Introduction.....	4
3.2. Contexte hydrogéologique de la Bassée	4
3.2.1. Caractéristiques hydrodynamiques du système aquifère de la Bassée	4
3.2.2. Historique des zones réservées à l'alimentation en eau potable.....	14
3.2.1. Exploitation actuelle des eaux souterraines	17
3.2.2. Qualité des eaux	18
3.2.3. Synthèse.....	25
3.3. Systèmes d'exploitation des eaux souterraines dans des contextes similaires à celui de la Bassée	25
3.3.1. Introduction	25
3.3.2. Champ captant de Grande Paroisse (77) – SAGEP.....	25
3.3.3. Champ captant de Poncey-les-athée (21) – Lyonnaise des eaux	29
3.3.4. Champ captant de Macon (71) – Compagnie générale des eaux	31
3.3.5. Synthèse.....	33
3.4. Caractéristiques du projet d'aménagement en regard des possibilités d'exploitation des eaux souterraines.....	33
3.4.1. Modification des écoulements des eaux de surface	34
3.4.2. Modification des écoulements des eaux souterraines	34
3.4.3. Accès aux casiers limité par les digues.....	35
4. Détermination de systèmes d'exploitation d'eau souterraine envisageables sur la Bassée .	36
4.1. Lignes directrices	36
4.2. Hypothèses de projets d'exploitation des eaux souterraines	37
5. Evaluation de l'impact du projet de la Bassée sur les systèmes d'exploitation d'eau souterraine envisageables	40
5.1. Introduction.....	40
5.2. Aspects relatifs au caractère inondable des champs captants	40
5.2.1. Conception des systèmes d'exploitation	40
5.2.2. Exploitation en période d'inondation	40
5.3. Impacts liés aux hypothèses de projet d'exploitation des eaux souterraines.....	43
5.3.1. Caractéristiques communes aux projets d'exploitation	43
5.3.2. Impacts liés à l'Hypothèse de projet A	46
5.3.3. Impacts liés à l'Hypothèse de projet B	49
5.3.4. Impacts liés à l'Hypothèse de projet C	52
6. Recommandations.....	56

7. Synthèse.....	57
8. Références	59
9. Annexes	61

LISTE DES FIGURES

Figure 3-1. Contexte géologique de la Bassée (BRGM).....	5
Figure 3-2. Alimentation de la Bassée par la craie (BRGM).....	5
Figure 3-3. Coupe schématique de la Bassée (BRGM).....	6
Figure 3-4. Modalités de mise en place des alluvions (BRGM)	7
Figure 3-5. Carte des transmissivités et des axes favorables à l'exploitation des eaux souterraines.....	11
Figure 3-6. Coupe type d'un puits du champ captant de Montereau.....	12
Figure 3-7. Extension des « barrettes » au début des années 80.....	15
Figure 3-8. Bassée aval : extension des zones réservées à l'alimentation en eau potable (bleu sombre) et projet de création de zones de sur-stockage (jaune).....	16
Figure 3-9. Diagramme des domaines de stabilité du manganèse, in AWRC n°67 (1982).....	20
Figure 3-10. Evolution des teneurs en nitrates 1996-2004	23
Figure 3-11. Coupe type d'un puits de captage – Champ captant de Grande Paroisse	26
Figure 3-12. Evolution des prélèvements de Grande Paroisse de 1992 à 2003 (Sagep)	27
Figure 3-13. Coupe type des aménagements de surface sur les puits de captage (Sagep).....	29
Figure 3-14. Coupe technique d'un puits à drains rayonnants (Poncey-les-Athée)	30
Figure 3-15. Coupe type d'un puits du champ captant de Macon.....	32
Figure 4-1. Hypothèse de projet A : localisation.....	38
Figure 4-2. Hypothèse de projet B : localisation.....	39
Figure 4-3. Hypothèse de projet C : localisation.....	39
Figure 5-1. MES mesurées à Nogent-sur-Seine et débits moyens mensuels mesurés à Pont-sur-Seine (Données Agence et EDF)	41
Figure 5-2. Concentration en Nitrates de la Seine à Marnay (données EDF)	42
Figure 5-3. Hypothèse de projet A sans casiers - plan.....	47
Figure 5-4. Hypothèse de projet A avec casiers – plan	48
Figure 5-5. Hypothèse de projet B sans casiers – plan	50
Figure 5-6. Hypothèse de projet B avec casiers – plan	51
Figure 5-7. Hypothèse de projet C sans casiers – plan.....	53
Figure 5-8. Hypothèse de projet C avec casiers – plan.....	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3-1. Résultats des essais de débit de courte durée réalisés par le BRGM (1965).....	9
Tableau 3-2. Bilan des prélèvements actuels par les captages AEP dans la Bassée	17
Tableau 3-3. Résultats de certaines analyses chimiques réalisées par l'AESN (Nov. 2002).....	18
Tableau 3-4. Synthèse des résultats d'analyses chimiques réalisées sur les captages AEP	19
Tableau 3-5. Analyses de la qualité de l'eau brute du captage de Chatenay-sur-Seine (2003).....	22
Tableau 5-1. Hypothèse de projet A sans casiers – principales caractéristiques	47
Tableau 5-2. Hypothèse de projet A avec casiers – principales caractéristiques	48
Tableau 5-3. Estimatif projet A (sans casiers).....	49
Tableau 5-4. Hypothèse de projet B sans casiers – principales caractéristiques	50
Tableau 5-5. Hypothèse de projet B sans casiers – principales caractéristiques	51
Tableau 5-6. Estimatif projet B (sans casiers).....	52
Tableau 5-7. Hypothèse de projet C sans casiers – principales caractéristiques.....	53
Tableau 5-8. Hypothèse de projet C avec casiers – principales caractéristiques.....	54
Tableau 5-9. Estimatif projet C (sans casiers)	55

1. OBJECTIF DE L'ETUDE

Le bassin de la Seine reste vulnérable aux grandes crues, c'est-à-dire à des crues de même ordre de grandeur que celles de 1910 ou 1924.

L'I.I.B.R.B.S. a ainsi engagé sur ce sujet les études nécessaires pour :

- Mesurer les risques ;
- Évaluer les dommages ;
- Étudier la faisabilité de projets pour lutter contre les inondations.

C'est dans le cadre de ce dernier point que se situe le projet d'aménagement de la Bassée.

Une étude de faisabilité a été lancée pour aménager la Bassée en zone sur-stockage. Il s'agirait d'un aménagement de plusieurs dizaines de million de m³ qui contrôlerait une expansion des crues de la Seine pendant quelques semaines grâce à un système de casiers et de vannes, redonnant ainsi à ce secteur, situé vers Nogent-sur-Seine, une vocation de zone humide.

L'objectif principal de ce projet est l'écrêtement des crues mais il a une vocation plus globale en intégrant notamment les aspects suivants :

- Valorisation écologique ;
- Préservation des lieux habités ;
- Développement des usages et intérêts multiples.

Le projet d'aménagement de la Bassée fait ainsi l'objet d'une démarche d'étude globale.

Dans ce cadre SOGREAH a été mandaté par l'I.I.B.R.B.S. pour étudier un aspect plus spécifique relatif à la compatibilité du projet avec une future exploitation des ressources en eau souterraine.

Le présent rapport rend compte de cette étude de compatibilité.

2. DEROULEMENT DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE DEVELOPEE

Pour anticiper les futurs besoins en eau, il est envisagé à terme d'exploiter les eaux souterraines de la nappe alluviale de la Bassée qui est considérée par le SDAGE comme présentant un intérêt régional majeur en terme de réserve en eau.

A cette fin des zones potentielles de captage ont été définies dans le SDAGE comme devant être réservées à l'usage de l'alimentation en eau potable.

Ces zones résultent en fait d'une politique d'acquisition de terrains (« barrettes » ou « gîtes aquifères ») par l'Agence de l'Eau Seine Normandie au titre de la préservation des ressources en eau. Cette politique a été initiée notamment à la suite d'une étude du BRGM ([3]) effectuée en 1965 qui démontrait l'intérêt du secteur du point de vue de l'exploitation des eaux souterraines.

Certaines « barrettes » se situent dans la zone du projet de création de zones de sur-stockage et il est donc pertinent d'étudier l'impact que pourrait avoir le projet sur les conditions de réalisation et d'exploitation de futurs captages.

Dans un premier temps une **étude de définition**, effectuée par Sogreah ([15]), a permis de souligner quels étaient les points clés relatifs à la compatibilité de l'aménagement de la Bassée avec l'exploitation des eaux souterraines et définir le cahier des charges de l'étude de compatibilité.

Cette étude de définition concluait que, de façon très globale, il n'y avait pas de problèmes majeurs de compatibilité. Toutefois, il était difficile, à ce niveau de l'étude, d'analyser les aspects relatifs à la compatibilité plus dans le détail, dans la mesure où il n'existe pas actuellement de projet précis d'exploitation des eaux souterraines.

Il s'avérait alors nécessaire de déterminer, d'une part, quel pouvait être un (ou des) systèmes d'exploitation des eaux souterraines pertinent(s) et, d'autre part, quels pouvaient être, par rapport à ces systèmes d'exploitations, les impacts du projet de création de zones de sur-stockage en termes de conception technique, de contrainte d'usage du milieu et de surcoûts éventuels.

L'étude de définition insistait ainsi sur la nécessité d'approfondir les points suivants :

- Analyse de la modification éventuelle des écoulements liée à la mise en place de voiles étanches ;
- Analyse de système(s) d'exploitation des eaux souterraines pertinents de façon à pouvoir apprécier l'impact relatif de la création des zones de sur-stockage¹ — par comparaison de situations d'exploitation de la nappe en présence ou absence de casiers - ; aménagements éventuels du projet de création des zones de sur-stockage ;
- Recommandations sur les investigations éventuelles à réaliser après le rendu de l'étude de compatibilité.

En s'appuyant sur les résultats de l'étude de définition, l'**étude de compatibilité** proprement dite a alors été structurée selon quatre phases :

- Phase 1 : Analyse et synthèse des systèmes d'exploitation des eaux souterraines situés dans un contexte similaire à celui de la Bassée, de façon à proposer des hypothèses pertinentes de systèmes d'exploitation des eaux souterraines ;
- Phase 2 : Elaboration de solutions de systèmes d'exploitation des eaux souterraines adaptés ;

¹ en étudiant à la fois une exploitation globale de l'ensemble de la ressource et une exploitation plus locale

- ❑ Phase 3 : Evaluation des solutions envisageables selon une approche multicritère (avec notamment l'évaluation de l'impact de la création des zones de sur-stockage et éventuellement définition d'aménagements spécifiques);
- ❑ Phase 4 : Recommandations pour des investigations à l'issue de l'étude de compatibilité.

Un rapport de phase 1 a été remis en mars 2004. A la suite de la remise de ce rapport, les hypothèses de projet relatives à des systèmes d'exploitation des eaux souterraines pertinents ont été validées par le comité de pilotage. C'est sur ces bases que les phases ultérieures de l'étude ont été réalisées.

Le présent rapport rend compte de l'ensemble des phases de l'étude de compatibilité.

3. CONTEXTE

3.1. INTRODUCTION

L'analyse hydrogéologique du contexte de la Bassée a pour finalité d'aboutir à la proposition d'hypothèses d'exploitation des eaux souterraines qui soient réalistes de façon à pouvoir les confronter au projet de création de zones de sur-stockage et analyser la compatibilité des deux projets.

Dans la mesure où l'exploitation des eaux souterraines est peu développée sur la Bassée, des sites présentant un contexte physique similaire (vallée alluviale inondable) et une exploitation importante des eaux souterraines ont également été visités.

Par ailleurs les spécificités du projet de création de zone de sur-stockage quant à leur impact, a priori, sur l'exploitation des eaux souterraines ont été examinées.

3.2. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE DE LA BASSEE

3.2.1. CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DU SYSTEME AQUIFERE DE LA BASSEE

3.2.1.1. ORIGINE DES ETUDES HYDROGEOLOGIQUES

Dans les années soixante, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a réalisé des études d'ensemble sur les ressources en eau du District de la région de Paris. Lors de ces études, le val de Seine est apparu comme une région riche en possibilités, mais non encore exploitée.

Les critères retenus comme a priori favorables sur les potentialités du secteur reposaient sur :

- l'étendue des alluvions,
- une nappe en mouvement s'écoulant vers le fleuve avec un gradient faible,
- une structure géologique favorable,
- une analogie avec un contexte similaire de la vallée de l'Yonne dont il avait été mis en évidence des débits unitaires importants².

Le BRGM a alors proposé de réaliser une étude approfondie du secteur. Cette étude a été réalisée en 1965 par le BRGM avec le concours de la Ville de Paris ([3]).

Par la suite, cette étude a été légèrement actualisée (par le BRGM en 1973, 1980, 1981 et 1982) mais il n'y a pas eu depuis d'investigations significatives avant celles menées actuellement.

3.2.1.2. STRUCTURE AQUIFERE

Entre Nogent-sur-Seine et Montereau, la plaine alluviale de la Seine s'étale très largement. A Nogent les alluvions modernes se rencontrent sur une largeur de 3 km puis elles se développent à l'aval pour atteindre une largeur de 6 km au niveau de Bray-sur-Seine avant que leur extension latérale ne se réduise à quelques centaines de mètre à Montereau.

² 12 puits réalisés dans les alluvions de l'Yonne fournissaient un débit moyen de 135 m³/h et 10 puits réalisés dans la zone de confluence une débit moyen de 180 m³/h

Cette masse de matériaux alluvionnaires repose sur des couches crayeuses perméables dont la pente générale présente la particularité d'être perpendiculaire à l'axe de la vallée (Cf. figure ci-dessous).

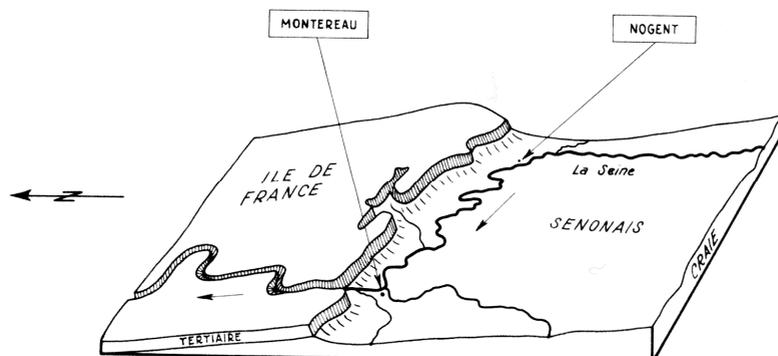


Figure 3-1. Contexte géologique de la Bassée (BRGM)

Cette plaine alluviale est, en outre, située sous les derniers affleurements de la craie avant leur disparition sous les terrains tertiaires. C'est une particularité hydrogéologique considérée comme extrêmement favorable assurant une très bonne alimentation de la nappe des alluvions par celle de la craie (Cf. Figure 3-2).

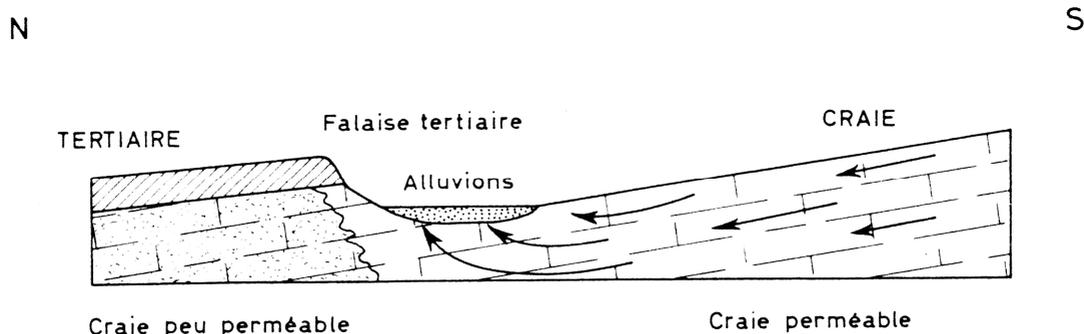


Figure 3-2. Alimentation de la Bassée par la craie (BRGM)

En effet le changement brusque (diminution) de la perméabilité de la craie sous le tertiaire forme une barrière à l'écoulement des eaux dans le sens du pendage et provoque une accumulation et une remontée des eaux dans les zones basses au pied du tertiaire.

Ainsi, l'alimentation de la Bassée provient non seulement de l'infiltration directe de l'eau des précipitations atmosphériques sur les 200 km² de la plaine alluviale mais surtout des coteaux, la nappe des alluvions se raccordant à celle de la craie (Cf. Figure 3-3). Le bassin d'alimentation de la craie est très vaste et il faut également prendre en compte les eaux circulant dans les terrains tertiaires, dont la base, non étanche partout, facilite la circulation entre les deux nappes. Au total le BRGM estimait à 1200 km² l'aire du bassin d'alimentation.

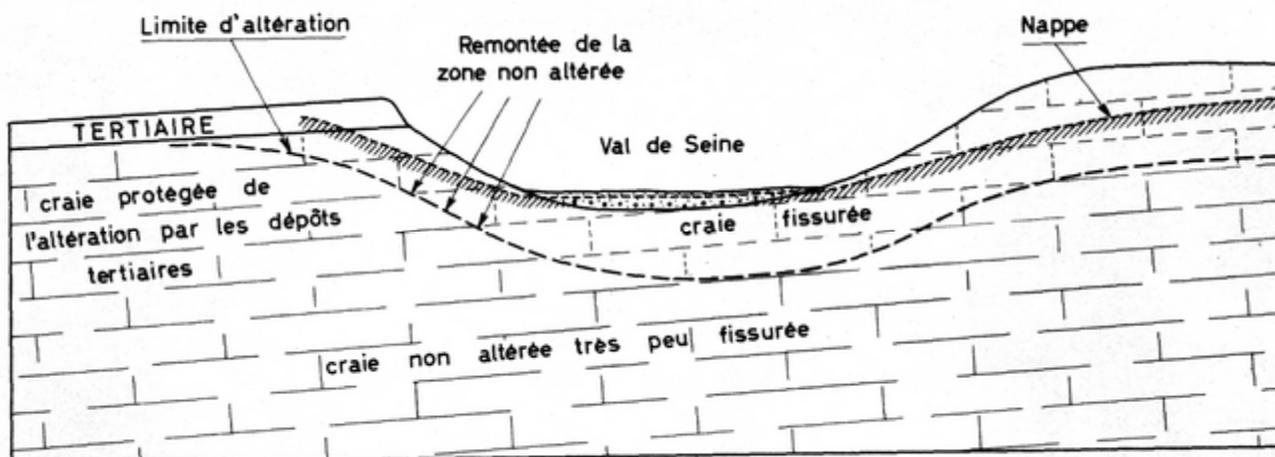


Figure 3-3. Coupe schématique de la Bassée (BRGM)

Par ailleurs, il importe de noter que les apports des coteaux parviennent à la nappe alluviale avec un retard de 1 à 2 mois en période d'étiage.

Du fait de cette configuration particulière et que les transmissivités des alluvions soient en moyennes cinq fois supérieures à celles de la craie³, la Bassée peut être considérée comme un gigantesque drain de sables et graviers qui recueille les eaux infiltrées dans le sous-sol de son bassin d'alimentation.

3.2.1.3. CARACTERISTIQUES DES TERRAINS VIS-A-VIS DES ECOULEMENTS SOUTERRAINS

Il a été vu précédemment que le secteur d'étude présentait une structure a priori favorable pour ce qui concerne l'alimentation de la plaine alluviale de la Bassée.

Cependant pour que le secteur présente un réel intérêt en terme de potentialité d'exploitation des eaux souterraines il est nécessaire également que le système aquifère puisse :

- stocker les apports d'eau souterraine ;
- faciliter la circulation des eaux souterraines vers des ouvrages de captages lorsque ceux-ci sont en pompage.

Ces deux aspects sont intimement liés à la géométrie du réservoir aquifère et à la nature des matériaux qui le composent.

Composition des alluvions

Les alluvions de la Seine (i.e. les alluvions anciennes constituant les terrasses et les alluvions modernes des fonds de vallée) sont constituées, pour l'essentiel, de graviers de calcaire jurassique dur dont les dimensions varient du millimètre à quelques centimètres.

A la base des alluvions, il est possible de trouver des silex peu abondants mais souvent présents.

Les éléments fins (sables siliceux, silts, passées argileuses, « marne blanche », tourbe) sont présents dans l'ensemble de la vallée mais ne représentent qu'une fraction assez faible de la masse des alluvions.

³ C'est-à-dire que pour une même section et un même gradient hydraulique les alluvions laisseront passer un débit cinq fois supérieur à celui de la craie (les alluvions peuvent donc toujours absorber les apports latéraux)

Enfin il faut noter la présence fréquente de limons déposés lors de crues. Ces limons peu perméables recouvrent les alluvions graveleuse et sableuses. Leur épaisseur peut atteindre jusqu'à 2 mètres.

Hypothèses sur le mode de formation des alluvions

L'analyse détaillée des alluvions, et en particulier la distribution spatiale des granulométries, a permis au BRGM d'élaborer des hypothèses quant au mode de déposition des alluvions.

De façon assez générale, la granulométrie des sédiments diminue depuis la base des alluvions jusqu'à la surface. Les plus gros éléments constitués par les silex se trouvent à la base et les limons à la partie supérieure des alluvions. La décroissance dans la granulométrie n'est cependant pas régulière : il est ainsi fréquent de passer brusquement d'alluvions grossières à des sédiments fins et il y a souvent également des alternances de sables et graviers avec la présence de stratifications obliques parfois assez fortes. La figure suivante illustre les différentes modalités (A, B, C) de mise en place des alluvions :

- le schéma A présente l'alluvionnement théorique au cours de la migration latérale du fleuve pendant une phase initiale de creusement du lit dans le substratum crayeux ;
- le schéma B illustre un alluvionnement lors d'une seconde phase qui, lorsque le niveau de base du fleuve baisse, alluvionnera en creusant le substratum plus bas que le niveau atteint lors de la première phase ;
- le schéma C présente les remaniements – sans surcreusement - qui ont lieu lorsque la seconde phase correspond à un niveau du fleuve plus haut.

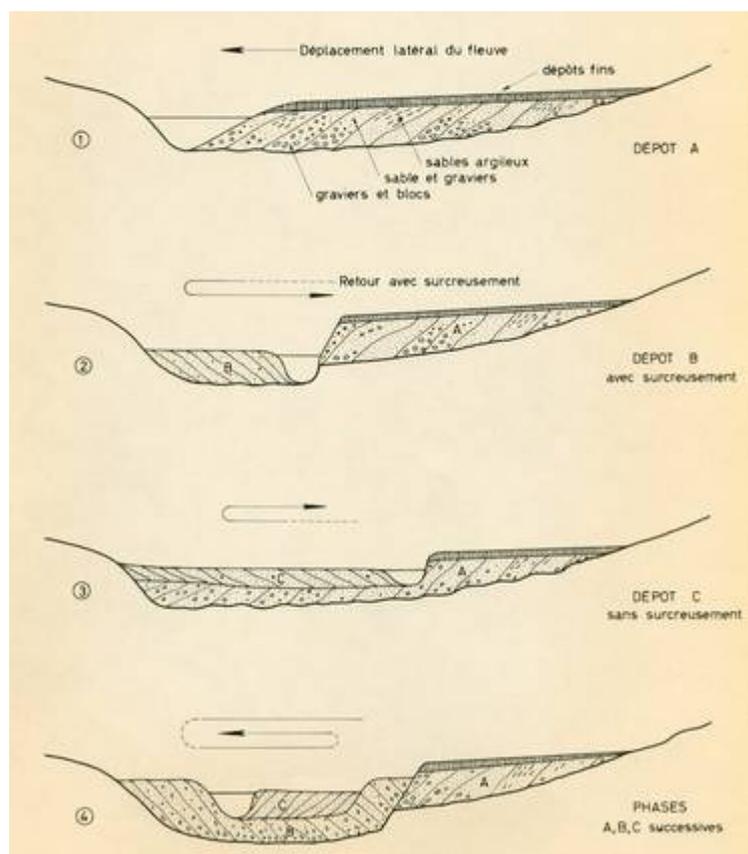


Figure 3-4. Modalités de mise en place des alluvions (BRGM)

Ces différentes modalités de dépôts (qui peuvent se combiner dans le temps) ont pu être appliquées à la Bassée et ont permis d'établir une typologie des dépôts rencontrés (Cf. figure ci-dessus et annexe 1).

Lorsque les méandres ne sont plus en liaison hydraulique directe avec le fleuve, ils se colmatent progressivement. Ce colmatage est constitué par les éboulis de berge, les limons de crues, les débris végétaux et les sédiments amenés par les eaux de ruissellement. Tous ces matériaux ont une granulométrie fine et composent un dépôt assez peu perméable.

Par ailleurs la présence d'alluvions fines peut être due également à l'évolution du méandrement et au fait que la Seine ait pu présenter plusieurs bras dont la localisation et l'importance pouvaient varier (induisant ainsi des bras morts qui seront comblés par des sédiments fins)(Cf. annexe 2).

Si les mécanismes à l'origine des alluvions fines peuvent être explicités, il est plus difficile de déterminer la localisation précise de ces éléments fins. Or la présence de ces éléments fins a un impact sur les conditions d'exploitabilité des eaux souterraines en influant sur la qualité de l'eau (présence de fer et de manganèse).

La recherche de zones favorables pour l'exploitation des eaux souterraines devra intégrer cet aspect ainsi que l'objectif de localisation des alluvions grossières plus transmissives.

Géométrie

La réalisation de nombreux forages a permis d'établir de façon relativement précise une carte des épaisseurs des alluvions (Cf. annexe 3). Les alluvions ont une épaisseur variant de moins de 5 m à une douzaine de mètres avec une épaisseur moyenne de 7-8 m.

Les secteurs favorables définis par le BRGM ont pris en compte les zones où les alluvions présentaient les épaisseurs « en eau » les plus importantes.

Propriétés hydrodynamiques

Les perméabilités des terrains, c'est-à-dire la capacité des terrains à laisser circuler l'eau souterraine lorsqu'ils sont soumis à un gradient de charges hydrauliques, ont été estimées à partir des essais de pompages réalisés sur le secteur. Une vingtaine d'essais a été effectuée à la fois sur des secteurs favorables et moins favorables.

Les transmissivités (produit de la perméabilité des terrains par l'épaisseur en eau) obtenues lors des essais de débit sont présentées dans le tableau suivant.

Puits d'essai	Durée (h)	Débit moyen (m ³ /h)	Rabattement au puits (m)	Rabattement à 50 m	Epaisseurs des alluvions mouillées	Transmissivité piézomètre (m ² /s)
R3	72	200	7.8	0.62	5.5	1.5 10 ⁻²
F1	72	36	12.05	0.07	2.5	2.3 10 ⁻²
Q5	73	100	9.5	0.30	5.1	2.6 10 ⁻²
CD1	72	150	9.5	0.22	2.4	3.5 10 ⁻²
M4	72	104	2.42	0.35	6	1.9 10 ⁻²
H2	72	350	3.48	1.64	7.4	2.6 10 ⁻²
P2	69	340	2.86	0.54	6	4.8 10 ⁻²
J1	72	290	5.6	0.68	5.9	3 10 ⁻²
Ba	72	51	2.6	0.31	3.8	0.6 10 ⁻²
HI1	72	290	3.68	0.42	6	4.7 10 ⁻²
B4	48	175	6.95	0.40	5.6	3.1 10 ⁻²
F2	49	310	3.96	1.22	5.4	2.3 10 ⁻²
E3	48	340	4.1	0.74	6.8	2.6 10 ⁻²
FG1	48	240	3.7	0.53	6	4.5 10 ⁻²
PM3	48	340	3.73	0.85	5	5.3 10 ⁻²
IJ4	48	135	2.8	0.47	4.7	1.8 10 ⁻²
S2	48	355	3.93	0.53	6.5	4.4 10 ⁻²
P4	48	290	5.02	0.96	6.3	4.2 10 ⁻²
G5	48	323	3.74	0.11	6.5	3.9 10 ⁻²
M3	49	348	4.26	0.60	7.7	3 10 ⁻²

Tableau 3-1. Résultats des essais de débit de courte durée réalisés par le BRGM (1965)

Les alluvions présentent, en moyenne, une perméabilité de l'ordre de 6. 10⁻³ m/s.

La craie sous-jacente aux alluvions peut présenter différents faciès (d'après le BRGM) mais il est considéré que globalement sa transmissivité est cinq fois moindre que celle des alluvions et que seul les 30 premiers mètres seraient aquifères.

La porosité globale des alluvions est de l'ordre de 30 % mais la porosité « utile » (c'est-à-dire l'espace entre la matrice solide où peut circuler l'eau) varie de 6 à 9 %.

Les paramètres hydrodynamiques des formations aquifères de la Bassée indiquent que, dans le cas où il y a une alimentation en eau suffisante, les eaux souterraines pourront être captées relativement facilement par des ouvrages⁴.

Cette caractéristique favorable du système aquifère est nécessaire mais pas suffisante pour aboutir à la conclusion que le secteur présente des potentialités intéressantes pour l'exploitation des eaux souterraines. Pour cela il faudra montrer également que l'alimentation du système aquifère est conséquente (Cf. Estimation des débits exploitables effectuée en 1965 – [3] -).

3.2.1.4. DETERMINATION DES SECTEURS FAVORABLES

Un des résultats de synthèse de l'étude générale du BRGM, consistait à déterminer les secteurs les plus favorables pour l'exploitation des ressources en eau souterraine.

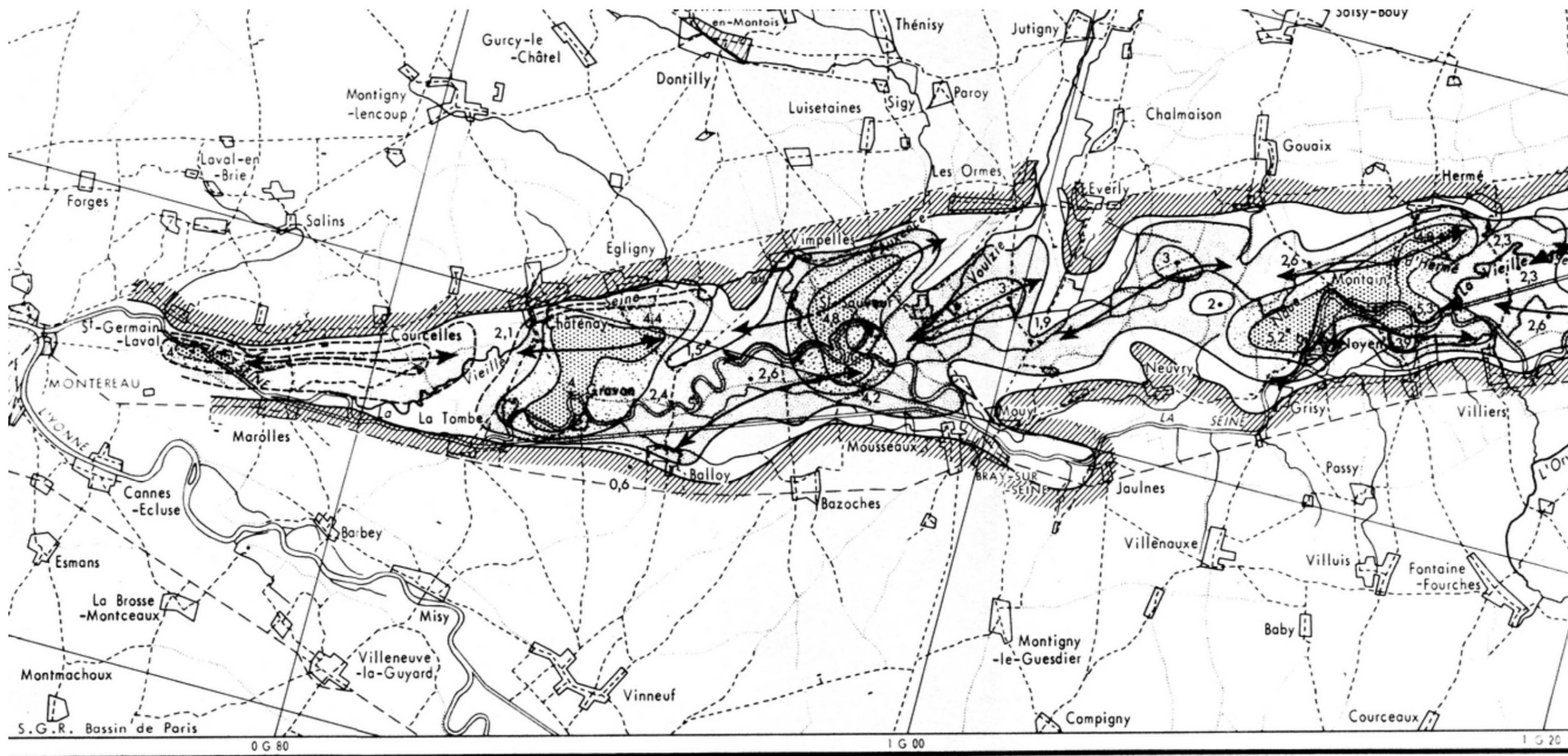
Les secteurs ont été déterminés en se basant sur l'approche suivante :

- les zones à fort débit sont des régions où la transmissivité est élevée et qui sont également bien alimentée par l'écoulement naturel. C'est donc dans les alluvions qu'il faut rechercher l'eau car elles sont plus transmissives que la craie et bénéficient de l'alimentation de celle-ci.
- La transmissivité étant fonction de l'épaisseur de l'aquifère, les zones où les alluvions présentent la plus forte épaisseur sont à privilégier.
- La transmissivité est également fonction de la composition des alluvions : elle augmente avec la taille des graviers et diminue avec la présence de sables fins et d'argiles. Il importe donc également de rechercher les secteurs présentant des faciès favorables.

Sur la base de ces critères, une carte a été établie en indiquant les axes les plus favorables (Cf. Figure 3-5).

Le BRGM souligne toutefois que des changements de faciès peuvent intervenir brusquement (en moins d'une centaine de mètres) et que les documents de synthèse ont été élaborés sur la base d'ouvrages de reconnaissance implantés selon une maille de 800 à 1000 m. Il convient donc de considérer ces résultats avec une approche statistique et dans le cas de réalisation d'ouvrages de captage des investigations plus fines seront nécessaires.

⁴ Puisque, en particulier, la transmissivité des terrains traversés par les eaux souterraines, paramètre qui caractérise leur aptitude à laisser circuler l'eau, est élevée



TRANSMISSIVITÉ EN $10^{-2} m^2/s$:

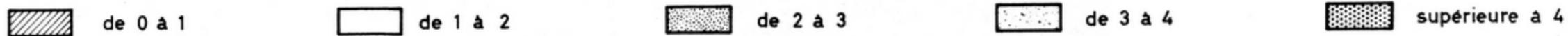


Figure 3-5. Carte des transmissivités et des axes favorables à l'exploitation des eaux souterraines

3.2.1.5. ESTIMATION DES DEBITS EXPLOITABLES EFFECTUEE EN 1965

Les débits exploitables ont été estimés par le BRGM, d'une part, de façon 'unitaire' (quel est le débit moyen d'un ouvrage de captage ?) et, d'autre part, plus globalement en évaluant les potentialités globales de l'ensemble du secteur étudié.

Débits unitaires

Sur la base des essais de débits réalisés, le BRGM retient un débit moyen par ouvrage de 238 m³/h (pour un rabattement moyen de 4 m), ce qui correspond à un débit de 114 000 m³/j dans le cas où les 20 puits auraient fonctionné simultanément.

Les débits d'essai les plus élevés (300 à 400 m³/h) ont été obtenus dans les zones considérées comme favorables et les débits les plus faibles (36 et 51 m³/h) correspondent aux ouvrages situés en bordure de plaine à proximité du contact des alluvions avec les flancs crayeux de la vallée. Les essais de longue durée (1 mois) réalisés par le BRGM (puits P2 et J1) ont été exécutés à un débit constant de 200 m³/h malgré leur équipement sommaire.

Ces débits sont élevés et presque du même ordre de grandeur de ceux du champ captant de Montereau (320 m³/h⁵). Il importe de noter que les débits de la Ville de Paris sur ce champ captant sont obtenus par des puits définitifs (Cf. Figure 3-6) foncés en 2 m de diamètre alors que les puits d'essai du BRGM sont des forages de 15 m de profondeur équipés sur une hauteur de 10 à 13 m en diamètre de 450 à 550 mm⁶.

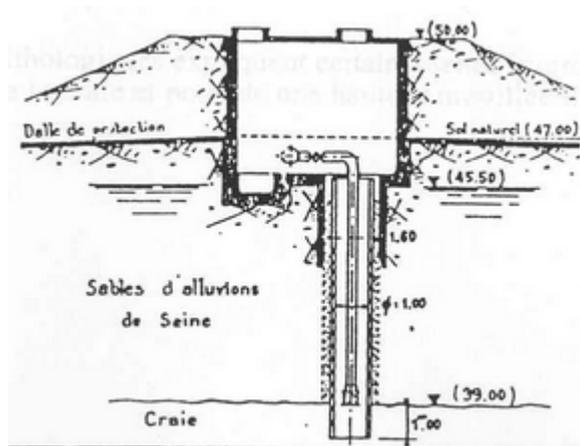


Figure 3-6. Coupe type d'un puits du champ captant de Montereau

Débit exploitable sur le secteur de la Bassée

Le débit global qui peut être prélevé de la Bassée a été évalué à partir des estimations des apports souterrains. Ceux-ci ont été estimés en moyenne à 4.11 m³/s (i.e. 355 000 m³/j). Pour prendre en compte les variations annuelles et interannuelles le BRGM proposait un débit global de 300 000 m³/j pour l'exploitation des eaux souterraines.

⁵ en 1965, mais la productivité du champ captant ne cessera de diminuer jusqu'à maintenant

⁶ Avec des fentes verticales à nervures repoussées de 1.5 à 2.5 mm d'ouverture

Par ailleurs, une hypothèse envisageait de prélever également des eaux souterraines provenant indirectement de la Seine dans une proportion telle que le débit d'étiage de la Seine serait ramené de 24 à 20.5 m³/s (débit d'étiage considéré comme sans incidence sur la navigation⁷). C'est-à-dire qu'un apport additionnel de 3.5 m³/s (i.e. 300 000 m³/j) était ainsi pris en compte.

Au total, un débit global de 600 000 m³/j a été retenu, par le BRGM en 1965, comme débit exploitable sur le secteur avec des eaux d'origine mixte :

- Apports correspondant à l'alimentation du système aquifère par les eaux souterraines estimés à 300 000 m³/j ;
- Apports - à travers les alluvions - des eaux provenant de la Seine estimés à 300 000 m³/j.

Cette conclusion impliquait que l'exploitation proprement dite se fasse au moyen de batteries d'ouvrages de deux types :

- une exploitation par des « batteries plaine », destinées à capter les eaux souterraines provenant des zones de bonne transmissivité de la plaine alluviale (et situées à une certaine distance des berges) ;
- une exploitation par des « batteries berge », destinées à capter l'eau de la Seine filtrée et situées dans les zones de bonne transmissivité situées à proximité du fleuve.

Ces deux types d'exploitation correspondent à des zones différentes (à proximité des berges ou en partie plus centrale de la plaine alluviale) et à des types d'écoulement spécifiques.

Pour chacun des types d'exploitation, le BRGM présentait les modalités possibles de réalisation de ces ouvrages, en retenant le principe de structures linéaires de captage :

- pour la batterie plaine, 72 puits à 175 m³/h⁸ et espacés les uns des autres de 500 m. Ceci représente une longueur totale de ligne de 36 km.
- pour la batterie berge, 50 puits à 250 m³/h.

Il apparaît ainsi que l'importance des emprises des terrains qui seront par la suite définis comme devant être réservés prioritairement à l'eau potable (les « barrettes ») résulte directement des conclusions de l'étude générale du BRGM effectuée en 1965. Ces emprises dépendent :

- des types de prélèvements envisagés alors (eau souterraine et eau provenant partiellement de la Seine) ;
- des emprises nécessaires pour chaque ouvrage de captage, limitant les interférences entre ouvrages, en fonction de leurs caractéristiques définies en 1965.

⁷ Hypothèse faite avant la création du canal à grand gabarit

⁸ Cette valeur de débit d'exploitation a été définie par le BRGM à partir des débits d'essais en appliquant un ratio.

3.2.2. HISTORIQUE DES ZONES RESERVEES A L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

A la suite de l'étude BRGM de 1965, des secteurs ont été définis et retenus par l'Agence de Bassin comme devant être réservés prioritairement à l'alimentation en eau potable (rapport BRGM 74 SGN 006 BDP).

La localisation de ces secteurs et leur importance sont déduites directement de la zonation des secteurs favorables effectuée en 1965 et des modalités d'exploitation envisagées alors (en 1965 et 1969⁹).

Les extensions de ces barrettes, dans les années 80, sont présentées à la Figure 3-7.

L'extension actuelle (Cf. Atlas cartographique, carte n°15, IIBRBS, 2002 [14]) de l'emprise des terrains réservés pour l'AEP est légèrement différente de ce qu'elle était dans les années 80 avec notamment une réduction partielle de l'étendue des zones à l'aval d'Egigny (mais une extension plus forte à l'est).

Quant aux réserves actuelles, elles ne couvrent pas totalement les emprises des terrains réservés à l'AEP :

- les secteurs à l'amont de Bray-sur-Seine (anciennement zones 3, 4, 5, 6, 7) sont morcelés (et sont moins adaptés à la logique initiale d'emprise linéaire pour l'implantation des ouvrages de captage) ;
- le secteur 2 a une emprise réduite et est discontinu entre Vimpelles et Volangis ;
- certaines zones d'emprise ne sont pas encore transformées en réserves.

Indépendamment de l'évolution de l'extension des barrettes, la destination de l'eau devant être prélevée sur le secteur a évolué : initialement destinées à Paris et à l'agglomération parisienne, ces importantes réserves d'eau pourraient être utilisées, plus localement, de façon à palier la baisse de qualité de l'eau de la nappe des calcaires de Champigny.

Actuellement, les surfaces des zones référencées comme « gîtes aquifères » dans le SIG de la Bassée ([14]) occupent une surface d'environ 12 km² dont 5.57 km² situés sur la Bassée aval (i.e. à l'ouest de Bray-sur-Seine).

Au niveau de la Bassée aval, les zones réservées à l'AEP intersectant l'emplacement des casiers du projet de création de zones de sur-stockage occupent une surface de 3.801 km², soit environ 32% de la surface totale de ces zones (Cf. Figure 3-8).

⁹ En 1969 le projet initial d'exploitation des eaux souterraines a été modifié pour prendre en compte les souhaits des « propriétaires du sol et des collectivités locales soucieux de voir aboutir rapidement les prospections de façon à ce que les zones réservées à l'administration soient les plus réduites possibles ». Ainsi, la prospection vers le nord des zones favorables n'a plus été considérée comme un principe dominant (alors qu'il l'était précédemment pour laisser libre aux exploitants de sables et graviers la plus grande partie de la vallée). Par contre le choix d'une certaine linéarité a obligé à prospector les zones les plus favorables en recherchant une extension axiale (c'est-à-dire longitudinale par rapport à la vallée)



Figure 3-8. Bassée aval : extension des zones réservées à l'alimentation en eau potable (bleu sombre) et projet de création de zones de sur-stockage (jaune)

3.2.1. EXPLOITATION ACTUELLE DES EAUX SOUTERRAINES

Pour évaluer la façon dont ce contexte hydrogéologique a été exploité par les gestionnaires de la ressource, les captages AEP suivants ont été visités : Marolles, Chatenay-sur-Seine, Jaulnes et Noyen-sur-Seine.

Une analyse des documents disponibles (notamment les rapports de l'hydrogéologue agréé) a permis de préciser la nature géologique des matériaux aquifères captés.

En ce qui concerne les ouvrages de captage, la profondeur est généralement comprise entre 15 et 30 m (Cf. annexe 4). Cette profondeur est liée au type d'aquifère capté. En effet, la plupart des ouvrages (mis à part le champ captant de Noyen) captent la partie supérieure de la craie. Les ouvrages sont généralement crépinés au droit de la partie supérieure de la craie sur 10 à 20 m de hauteur.

La partie captante des ouvrages est formée de tubes métalliques crépinés de diamètre compris entre 300 et 500 mm, excepté à Melz-sur-Seine où la craie est captée en trou nu (faible débit).

Compte tenu de la faible épaisseur d'alluvions saturées en eau et des rabattements significatifs avec des forages classiques (i.e. non à drains rayonnants), les 'aménageurs' se sont donc orientés vers l'exploitation de l'aquifère profond, l'aquifère crayeux. Les alluvions, *a priori* plus perméables, mais plus vulnérables aux baisses de niveau piézométrique et difficiles à exploiter avec des ouvrages provoquant de fort rabattement, ne sont que très peu exploitées.

Par ailleurs, seul le champ captant de Noyen exploite les ressources en eau disponible dans les alluvions en captant à la fois les alluvions et la craie.

Afin de réaliser un état des lieux des débits prélevés dans les eaux souterraines, SOGREAH a inventorié l'ensemble des captages AEP présents sur la Bassée. La localisation de ces captages est présentée en annexe (Cf. annexe 5).

Localisation		Débit (m ³ /jour)
Bassée amont	Entre Bray et Nogent-sur-Seine	6240 m ³ /jour
Bassée aval	Entre Montereau et Bray-sur-Seine	8100 m ³ /jour
TOTAL		14340 m ³ /jour

Tableau 3-2. Bilan des prélèvements actuels par les captages AEP dans la Bassée

Les eaux souterraines sont exploitées au niveau d'une dizaine de sites de captage répartis sur l'ensemble de la Bassée (amont et aval de Bray). Actuellement, environ 15 000 m³ (quelque fois plus en été) sont extraits des eaux souterraines chaque jour.

Ce débit correspond quasi exclusivement à des prélèvements dans l'aquifère crayeux. Les prélèvements dans les alluvions représentent moins de 10 % du débit total prélevé.

Les deux plus importants sites de captage de la Bassée sont :

- Bassée aval : les 2 forages 'Gravelotte' alimentant en eau Montereau-Fault-Yonne (environ 4500 m³/jour) ;
- Bassée amont : champ captant de Noyen-sur-Seine alimentant Provins en eau potable (environ 3500 m³/jour).

Il existe peu de forages d'exploitation pour l'AEP situés dans des zones aux caractéristiques proches de celles rencontrées sur les barrettes (i.e. alluvions d'une dizaine de mètres + craie altérée).

Les forages situés dans la « plaine » de la Bassée, lorsqu'ils captent les alluvions et la craie altérée (diamètre 350 mm dans la craie) peuvent fournir environ 100 m³/h.

3.2.2. QUALITÉ DES EAUX

La qualité des eaux souterraines du système aquifère de la Bassée a fait l'objet de campagnes de mesures conséquentes en 1965 par le BRGM et plus récemment, en novembre 2002, par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie (AESN). Par ailleurs, les eaux captées sur la Bassée sont régulièrement analysées par la DDASS.

Les principaux éléments susceptibles d'avoir un impact sur l'exploitabilité des eaux souterraines sont :

- le fer et le manganèse ;
- les nitrates ;
- les pesticides.

3.2.2.1. FER ET MANGANESE

Les analyses effectuées par le BRGM en 1965 et dans les années 80 montrent systématiquement qu'une forte proportion des forages, dont l'eau est analysée, présente des teneurs très élevées en fer.

En 1965 le BRGM a analysé l'eau de 123 piézomètres (Cf. annexe 6) et de 20 puits d'essais :

- 51 des piézomètres présentaient des teneurs supérieures à 200 µg/l (norme AEP) - (soit 41 % des piézomètres)¹⁰ ;
- 8 puits présentaient des teneurs supérieures à 200 µg/l (soit 40 % des puits)¹¹ ;

Les analyses effectuées dans les années 80 sur ces mêmes ouvrages indiquaient des fluctuations¹² par rapport aux teneurs initialement mesurées. Cependant la proportion des ouvrages présentant des valeurs supérieures à la norme était similaire.

Les analyses effectuées par l'Agence de l'Eau en novembre 2002 confirment cette forte proportion d'ouvrages présentant des valeurs supérieures à la norme. Le tableau ci-dessous montre non seulement les valeurs des piézomètres dépassant les normes mais également que ces valeurs sont souvent très élevées.

Piézomètre	Fer (µg/l)	Manganèse (µg/l)	Nitrites (mg/l NO ₂)	Oxygène dissous (mg/l)	Nitrates (mg/l NO ₃)	Sulfates (mg/l SO ₄)
S1	230	50	0.01	5.6	25.1	21.4
S2	720	200	0.01	1.7	0.6	492
SF	20	10	0.29	0.4	7.1	28.3
Se	510	60	0.01	7.1	1.7	197
F2	3310	90	0.08	0.3	0.6	24.4

Tableau 3-3. Résultats de certaines analyses chimiques réalisées par l'AESN (Nov. 2002)

¹⁰ Le manganèse n'a pas été analysé sur les piézomètres

¹¹ Et 5 des teneurs supérieures à la norme pour le manganèse (50 µg/l)

¹² Fluctuations allant aussi bien dans le sens d'une diminution ou d'une augmentation des teneurs

Pour compléter ces informations, SOGREAH a rassemblé puis synthétisé l'ensemble des analyses qui ont été réalisées pour la DDASS 77 sur l'ensemble des captages AEP sur les 5 dernières années (1998-2003).

Une analyse de la qualité de l'ensemble des captages d'eau potable a été réalisée afin de mettre en évidence les principaux types de contamination des eaux souterraines. Les résultats de ces analyses menées par la DDASS sont présentés, de façon synthétique, ci-après.

Paramètres chimiques	Fe (µg/L)	Mn (µg/L)	NO3 (mg/L)	O2 dissous (mg/L)	Turbidité (NFU)	Atrazine (µg/L)	DEA (µg/L)	Atrazine-deisopropyl (µg/L)
Norme	200	50	50	5	1	0.1	0.1	0.1
Bazoche 1	Min	-	39.4	-	-	0.02	0	-
	Max	-	41.4	-	-	0.03	0.075	-
Bazoche 2	Min	-	33	8	0	-	-	-
	Max	-	33	8	0	-	-	-
Bazoche 99	Min	0	38	6.4	0	-	-	-
	Max	0	41	8	0.2	-	-	-
SPR99 Bazoche	Min	0	36	7	0	0	0.07	0
	Max	0	78	45	9.1	0.3	0	0.08
Balloy 1	Min	0	55	7.8	0	-	-	-
	Max	0	58	8.3	0.13	-	-	-
Melz 1	Min	-	62.5	-	0	0	0.12	0
	Max	-	68	-	0.35	0	0.15	0
Marolles 1	Min	0	37	4.3	0	-	-	-
	Max	0	40	5.2	0.1	-	-	-
SPR01 Hermé	Min	0	32	7.7	0	0	0	0
	Max	0	43	8.7	0.5	0	0	0
SPR01 Jaulnes	Min	0	22	5.9	0	0	0	-
	Max	0	32	9.2	0.1	0.095	0	-
SPR01 Marolles	Min	0	35	2.4	0	0	0	0
	Max	0	42	7.5	0.8	0.08	0.14	0
Chatenay 3	Min	1700	14	0	1.4	18	0	0
	Max	2620	24	0.5	10.4	26	0	0
Noyen 1	Min	0	21	3.2	4.7	0	-	-
	Max	0	29	4.7	5.8	0.21	-	-
Noyen 2	Min	0	0	0	0.6	0.5	-	-
	Max	2600	22	6	1.4	4.5	-	-
Noyen 3	Min	0	4	2	0.5	0	0	0
	Max	497	19	20	8.6	0.7	0.045	0.06
Noyen 4	Min	0	0	0	1	0.55	-	-
	Max	6300	20	6	2.4	5.3	-	-
Noyen 5	Min	160	13	0	0.2	4.9	0.03	0.05
	Max	660	38	6.3	2.6	25	-	-
Noyen 6	Min	150	73	0	1.2	9.9	-	-
	Max	2000	84	0	1.6	24	-	-
SPR01 Noyen	Min	0	15	0	5.8	0	0	-
	Max	0	24	7.2	6.8	0.4	-	-
SPR01 Grande Paroisse	Min	0	0	46	5.4	0	0	0.09
	Max	0	0	67	6.7	0.26	0.06	0.23
Gravelottes 1 et 2	Min	< 100	<10	32	-	-	Usine de traitement	
	Max	< 100	<10	35	-	-	Usine de traitement	
Courbeton	Min	0	0	30	7.3	0	0	0
	Max	200	0	57	7.4	1.7	0.76	1.0
Grande Paroisse 1	Min	0	0	48	3.6	0.12	-	-
	Max	0	40	67	7.1	0.26	-	-

Tableau 3-4. Synthèse des résultats d'analyses chimiques réalisées sur les captages AEP¹³

¹³ SPR01 : eau brute ; SPR99 : après mélange

Sur plusieurs captages, le fer a été détecté. Il est à noter cependant que l'essentiel des captages AEP se situent en bordure de Bassée et que seuls les captages situés en partie centrale de la Bassée (Chatenay et Noyen) présentent des teneurs en fer élevées.

En général, lorsque le fer est présent dans les eaux souterraines, il peut atteindre des concentrations très importantes (jusqu'à 6 mg/L), bien au dessus des limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

Les teneurs en fer dans les eaux souterraines sont très variables à la fois dans le temps et spatialement. Par exemple au niveau des captages de Noyen-sur-Seine exploités par la CGE, les teneurs peuvent varier de quelques µg/L à plusieurs mg/L.

La présence de manganèse est généralement associée à celle du fer. Sur la Bassée, cette relation n'est pas mise en évidence de façon significative et seulement deux forages possèdent des pics de concentrations supérieurs à la norme de potabilité (Noyen 6, Bazoches).

Origine du fer et du manganèse

L'origine du fer et du manganèse dans les eaux souterraines est due à l'altération des minéraux, leur maintien sous forme dissoute (Fe^{2+} et Mn^{2+}) étant dû à la présence d'un milieu réducteur.

Or la fourniture de l'élément Fe ou Mn par les minéraux du sol et du sous-sol n'est pas un facteur limitant de la présence du fer et du manganèse dans les eaux souterraines¹⁴. Le facteur déterminant réside dans l'existence de conditions favorables à un milieu réducteur.

A titre d'illustration, en considérant le cas du manganèse, la présence de manganèse en solution pourrait être expliquée par les équilibres thermodynamiques entre les espèces dissoutes et les espèces solides. Le diagramme de stabilité ci-dessous fait apparaître les domaines des différentes espèces.

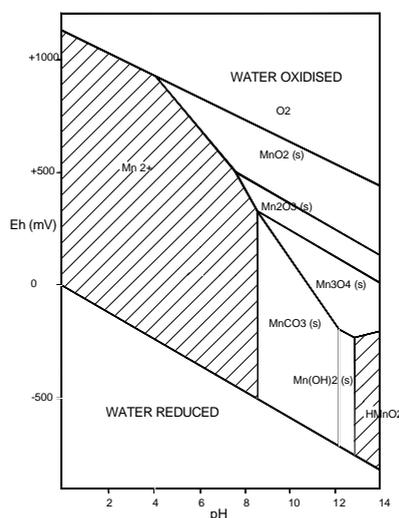


Figure 3-9. Diagramme des domaines de stabilité du manganèse, in AWRC n°67 (1982)

Selon ce diagramme l'ion Mn^{2+} est stable dans un large domaine de Eh/pH.

Cependant de nombreux auteurs ayant étudié les problèmes d'hydrochimie des eaux souterraines et en particulier les aspects liés au fer et au manganèse ont montré que l'examen des domaines d'équilibre du fer et du manganèse à partir de considération thermodynamiques est difficilement applicable aux eaux souterraines.

¹⁴ ce n'est pas non plus un facteur explicatif de la présence des ces éléments sous forme dissoute comme cela a pu être avancé par le passé

En effet de nombreux biais rendent la transposition aux eaux naturelles délicate. En particulier le raisonnement thermodynamique se base sur un équilibre aqueux alors que dans la réalité il faudrait prendre en compte la cinétique des processus et leur interaction avec la matrice solide.

Il n'y a pas lieu ici d'approfondir ces phénomènes très complexes, toutefois, pour répondre d'un point de vue opérationnel aux objectifs de l'étude, *il est à retenir, d'une part, que le sol peut fournir suffisamment de manganèse et de fer et, d'autre part, que la présence d'un milieu réducteur favorise la présence de fer et de manganèse sous forme dissoute.*

Un milieu réducteur est caractérisé par un manque d'oxygène. Ce manque peut être dû à plusieurs causes. La nappe peut être peu oxygénée :

- pour des raisons 'physiques', par une limitation des apports :
 - confinement de la nappe par des matériaux fins (limons par exemple) ;
 - faible battement de la nappe ;
- et/ou du fait de l'action de micro-organismes (liés à la présence de matière organique) qui consomment l'oxygène¹⁵.

Ainsi les facteurs favorables à la présence de fer et de manganèse sur la Bassée peuvent être décrits comme ci-dessous :

- La nappe peut être confinée localement par la présence de matériaux fins riches en matière organique. Ce confinement local peut être dû au comblement d'anciens chenaux par des éléments fins (Cf. annexe 3) ou par l'existence d'horizons constitués de matériaux fins liés aux processus d'alluvionnement.
- La mise en place du Canal à grand Gabarit (et par conséquent la suppression des champs d'inondation sur la Bassée aval) a pu contribuer à limiter les fluctuations de la nappe.
- Les analyses des sols réalisées par le BRGM indiquent une présence assez fréquente de matière organique.

Ces conditions favorables à l'instauration d'un milieu réducteur se traduisent au niveau des analyses non seulement par des teneurs élevés en fer et manganèse mais également – globalement - par de faibles valeurs d'oxygène dissout, de nitrates (oxydants) et de fortes valeurs d'ammonium (réducteur), comme le montre par exemple le cas du captage de Chatenay-sur-Seine.

Ce captage situé entre Montereau et Bray-sur-Seine est localisé dans l'axe de la plaine alluviale (Cf. annexe 5). Les eaux sont prélevées à un débit de 35 m³/h pour un total journalier aux environs de 400 m³.

Certains éléments de l'analyse réalisée dans le cadre de la DUP sont présentés ci-dessous.

¹⁵ Les concentrations d'accepteurs d'électrons sous forme dissoute (oxygène, nitrates, sulfates) vont alors diminuer durant la biodégradation et les concentrations des sous-produits du métabolisme des microorganismes (manganèse, fer) vont augmenter.

Paramètre	Valeur
Oxygène dissout (mg O ₂ /l)	2
Amonium (mg NH ₄ /l)	0.14
Nitrates (mg NO ₃ /l)	<3
Carbone organique total (mg C/l)	1.1
Fer (µg Fe/l) – norme 200	2000
Turbidité (FNU) – norme < 2	30
Biocides organochlorés	< seuil de détection
Biocides Urées substituées/Triazines	< seuil de détection
Organohalogénés volatils	< seuil de détection
BTEX	< seuil de détection
HAP	< seuil de détection

Tableau 3-5. Analyses de la qualité de l'eau brute du captage de Chatenay-sur-Seine (2003)¹⁶

En résumé,

Pour ce qui concerne l'exploitabilité des ressources en eau, la présence de fer et de manganèse sur la Bassée :

- peut être très variable spatialement¹⁷ ;
- implique de considérer :
 - une maintenance des puits de captage
 - une phase de traitement (déferrisation, démanganisation) d'autant plus que le débit global envisagé induirait la sollicitation de zones importantes¹⁸ ;

3.2.2.2. NITRATES

En 1965 seulement 7 piézomètres sur 123 et 1 puits sur 20 dépassaient (légèrement) la norme (50 mg/l).

En novembre 2002, deux points de mesure dépassaient la norme alors que la moyenne des mesures était de l'ordre de 20 mg/l.

¹⁶ Le manganèse n'a pas été analysé

¹⁷ Elle est difficilement être extrapolée à partir des seules informations relatives à la qualité des eaux obtenues à partir des points d'accès à la nappe proche

¹⁸ A l'inverse, dans le cas de la prise en compte uniquement de quelques forages, il pourrait être éventuellement possible de les implanter dans des zones à la fois favorables d'un point de vue de la productivité des ouvrages et de la qualité de l'eau (mais cela reste délicat).

Sur les captages AEP de la Bassée, les teneurs en nitrates apparaissent également comme étant assez variables spatialement. Elles sont généralement inférieures aux normes mais peuvent localement dépasser les 50 mg/L, notamment à proximité des coteaux crayeux¹⁹ (Melz, Balloy et Courbeton) (Cf. Tableau 3-4). De façon globale, les teneurs en nitrates ont significativement augmentées entre la fin des années 1970²⁰ et aujourd'hui. Par contre, durant les cinq dernières années ces teneurs n'ont pas significativement évoluées.

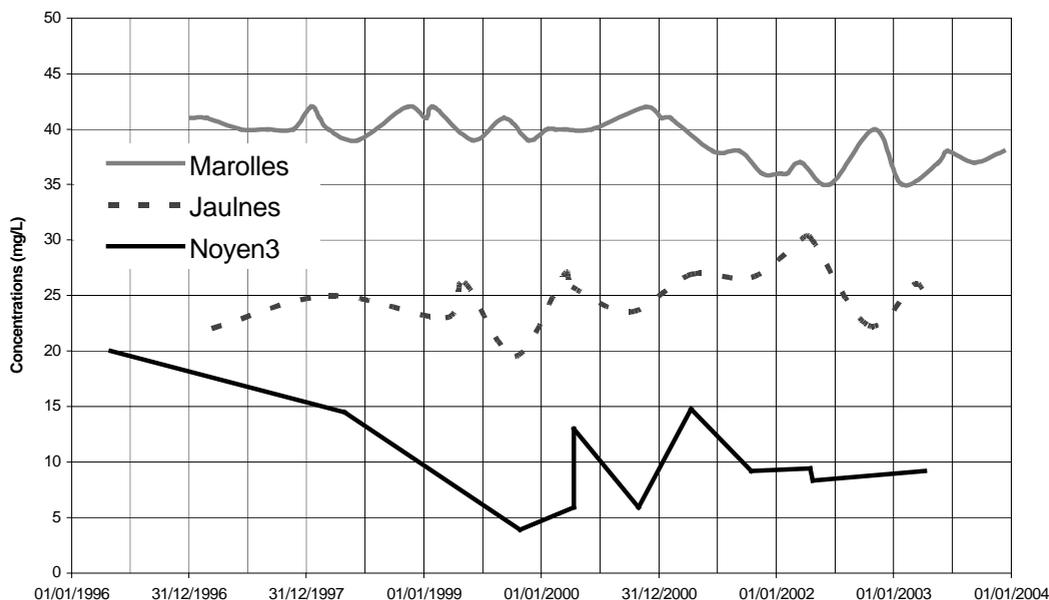


Figure 3-10. Evolution des teneurs en nitrates 1996-2004

Malgré une certaine rémanence dans le milieu souterrain, la tendance globale est à la diminution des concentrations du fait, pour le moins pour les forages non situés à proximité des coteaux crayeux, d'une baisse des surfaces cultivées²¹ comme le montre la comparaison de l'occupation du sol en 1987 (Cf. annexe 7) et l'occupation actuelle (Cf. [18]). Cette appréciation serait à nuancer dans le cas où l'alimentation sous-jacente des alluvions via la craie altérée présenterait une augmentation des teneurs en nitrates.

3.2.2.3. PRODUITS PHYTOSANITAIRES

Ces éléments n'étaient pas analysés dans les années 60 du fait d'une absence de réglementation et de techniques de détection de faibles concentrations.

Du point de vue des produits phytosanitaires, certains captages dépassent légèrement la teneur admissible comme à Marolles, à Melz et surtout à Courbeton où les teneurs atteignent près de 10 fois la norme (Cf. Tableau 3-4)

Les substances les plus présentes sont l'atrazine et ses métabolites. La déséthylatrazine DEA est le produit phytosanitaire le plus rencontré sur la Bassée indiquant une dégradation importante de l'atrazine²².

Du point de vue réglementaire, l'interdiction totale d'utilisation de l'atrazine a été décidée fin 2001 avec une date limite d'utilisation fixée au 30 septembre 2003.

¹⁹ Les études BRGM ont montré que l'aquifère crayeux est beaucoup plus chargé en nitrates que l'aquifère alluvial.

²⁰ date de réalisation de la plupart des rapports d'instauration des périmètres de protection par l'hydrogéologue agréé

²¹ Et des doses appliquées

²² La molécule mère étant moins présente que son produit de dégradation

Toutefois, du fait de la dynamique du transfert de l'atrazine dans les eaux souterraines, ce n'est pas avant quelques années que l'effet, sur les teneurs des eaux souterraines, de cette interdiction devrait être perceptible.

Dans le cas de présence régulière de produit phytosanitaires au-delà des normes un traitement par charbon actif devrait être envisagé.

3.2.2.4. AUTRES ELEMENTS

D'après les données disponibles, les autres éléments pouvant avoir un impact sur les filières de traitement de l'eau (solvants chlorés, BTEX, HAP, métaux lourds,...) sont peu présents et, le cas échéant, à des concentrations globalement relativement faibles. Toutefois peu de mesures ont été faites et il serait nécessaire de rechercher ces éléments dans les eaux souterraines dans le cas de prospection de zones en aval d'anciennes gravières remblayées (réalisation de piézomètres et analyses d'eau).

En effet, il s'avère que le remblaiement de certaines gravières a pu faire l'objet d'enfouissements 'sauvages' de divers déchets. Cependant l'information relative à ces enfouissements repose sur quelques témoignages et l'importance et la composition des déchets enfouis ne sont pas connues. Un inventaire des activités à risques a été effectué par le BRGM dans les années 80 mais il mentionne uniquement les activités déclarées.

3.2.2.5. TRAITEMENT DES EAUX SUR LES CAPTAGES AEP DE LA BASSEE

Sur la Bassée toutes les eaux pompées sont assainies du point de vue bactériologique et de façon préventive avec des composés chlorés, soit après pompage, soit en injectant de la javel directement dans le puits (Marolles)²³.

Dans plus de la moitié des captages, la présence de produits phyto-sanitaires (triazines notamment) a été détectée. Le produit phyto-sanitaire le plus présent dans les eaux souterraines est un métabolite de l'atrazine, la déséthyl-atrazine (DEA). Aux captages de Gravelottes, Marolles, Melz, la concentration dépasse la norme de potabilité (0.1 µg/L). Pour résoudre ce problème, soit le captage n'est plus exploité (Melz), soit les eaux sont mélangées à d'autres eaux moins contaminées, soit les exploitants mettent en place une station de traitement sur charbon actif (Gravelottes).

Pour les captages continuant à être exploités²⁴, les teneurs en fer sont généralement faibles, sauf dans certains cas où il est nécessaire d'installer une station de traitement (Chatenay, Noyen).

Au captage de Chatenay est associée une station de déferrisation biologique (Cf. annexe 8). Le dispositif comprend 2 arrivées d'air sec avant et après le filtre à sable. Le filtre biologique est auto-nettoyé, et l'eau de nettoyage est décantée dans le bassin situé à proximité du captage. Le filtre est composé de matériaux calibrés et notamment du sable de 1 à 2 mm de diamètre. Le dépôt de couleur orange qui tapisse le fond de ce bassin montre l'importance des teneurs en fer.

Les fortes teneurs en fer, notamment au niveau du champ captant de Noyen, sont associées à des faibles concentrations en oxygène dissous (< 2 mg/L) représentatif d'un milieu réducteur. La Compagnie Générale des Eaux a installé en 1992 une station de déferrisation.

L'eau issue des captages situés dans la « plaine » de la Bassée (i.e. non à proximité des coteaux) contient des teneurs en fer non négligeables et subit une déferrisation.

Pour l'ensemble des captages il n'y a pas de traitement pour les phytosanitaires (ou pollution accidentelle) par filtration sur charbon actif en grain.

²³ ce qui n'est pas souhaitable dans la mesure où cela risque d'entraîner une détérioration des crépines.

²⁴ Certains forages sont arrêtés car il y a trop de fer (forage camping à côté de Chatenay)

3.2.3. SYNTHÈSE

Les formations aquifères de la Bassée sont constituées d'alluvions épaisses de 5 à 12 m et de craie altérée sous-jacente.

La Bassée présente un potentiel aquifère intéressant mais délicat à exploiter :

- La relativement faible épaisseur des alluvions implique d'avoir recours à des ouvrages de captage induisant de faibles rabattements ;
- La présence de fer et de manganèse implique de traiter l'eau et de prévoir une maintenance régulière des ouvrages de captage.

Les zones réservées à l'AEP sont situées en proximité de berge ou dans la 'plaine' la Bassée. Elles occupent une superficie d'environ 12 km² dont 32 % sont situés à l'intérieur (en totalité ou en partie) des casiers du projet de création de zones de sur-stockage.

3.3. SYSTEMES D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES DANS DES CONTEXTES SIMILAIRES A CELUI DE LA BASSEE

3.3.1. INTRODUCTION

Comme il a été vu précédemment, la Bassée présente potentiellement des ressources en eaux souterraines non négligeables et par ailleurs ces ressources sont très peu exploitées.

Pour élaborer des hypothèses de projets d'exploitation des eaux souterraines (de façon à analyser ensuite la compatibilité avec le projet de création de zones de sur-stockage) il est apparu intéressant de s'appuyer, non seulement sur l'analyse du contexte de la Bassée mais également sur des sites présentant à la fois un contexte hydrogéologique similaire (vallée alluviale, zone inondable, présence de fer et de manganèse) et des prélèvements importants : c'est le cas notamment des champs captants de Grande Paroisse (à l'aval de Montereau), de Poncey-les-Athée (près de Dijon) et de Macon.

3.3.2. CHAMP CAPTANT DE GRANDE PAROISSE (77) – SAGEP

3.3.2.1. HYDROGEOLOGIE ET TYPES DE CAPTAGE

Le champ captant des 'Vals de Seine' (ou Grande-Paroisse) est situé dans la plaine alluviale de la Seine à 5 km en aval de Montereau. Les premiers ouvrages ont été réalisés en 1951.

Le champ captant des « Vals de Seine » comprend 21 puits dont 16 puits sont équipés avec des pompes. La production actuelle est de l'ordre de 40 000 m³/jour. Ce champ captant alimente uniquement la ville de Paris.

Les eaux pompées au niveau du champ captant sont refoulées vers l'aqueduc de la Vanne (plan d'eau libre avec une pente moyenne de 10 cm/km). La surface du champ captant (périmètre de protection immédiate) est de l'ordre de 86 ha.

L'hydrogéologie de la zone a fait l'objet de nombreuses études menées, notamment par le BRGM entre 1965 et 1970, et par différents bureaux d'études à partir des années 90.

La géologie du site est similaire à celle rencontrée sur la Bassée. Les eaux souterraines sont contenues dans les formations alluviales surmontant la craie sénonienne.

Lors de la réalisation du champ captant, les puits ont été conçus selon le procédé 'Vuibert' (Cf. Figure 3-6) :

- Colonne captante, en béton armé à barbacanes, de 1 m de diamètre ;
- Massif filtrant (gravillons de la Loire) remplissant l'espace annulaire entre le terrain et la buse ;
- Avant-puits en béton armé (diamètre 1.6 m) et chambre de captage où aboutit la colonne d'aspiration des pompes (pompes de surface).

Les puits localisés en bord de berge sont situés entre 60 et 80 m de la Seine. L'espacement entre les ouvrages est compris entre 150 et 230 m (Cf. Annexe 9). Les ouvrages ont été construits par havage et captaient la totalité du massif alluvial²⁵.

Dans les années 1990, le matériel de pompage a été modernisé. Autrefois, il existait des pompes qui fonctionnaient à l'aide d'un moteur situé en surface ; la pompe était relié au moteur à l'aide d'un arbre qui nécessitait beaucoup de maintenance (lubrification, ...). Aujourd'hui toutes les pompes sont des pompes immergées.

En 1996, certains ouvrages ont été approfondis d'environ 5 m afin de capter la partie supérieure de la craie (Cf. Figure 3-11) pour améliorer la productivité des ouvrages²⁶.

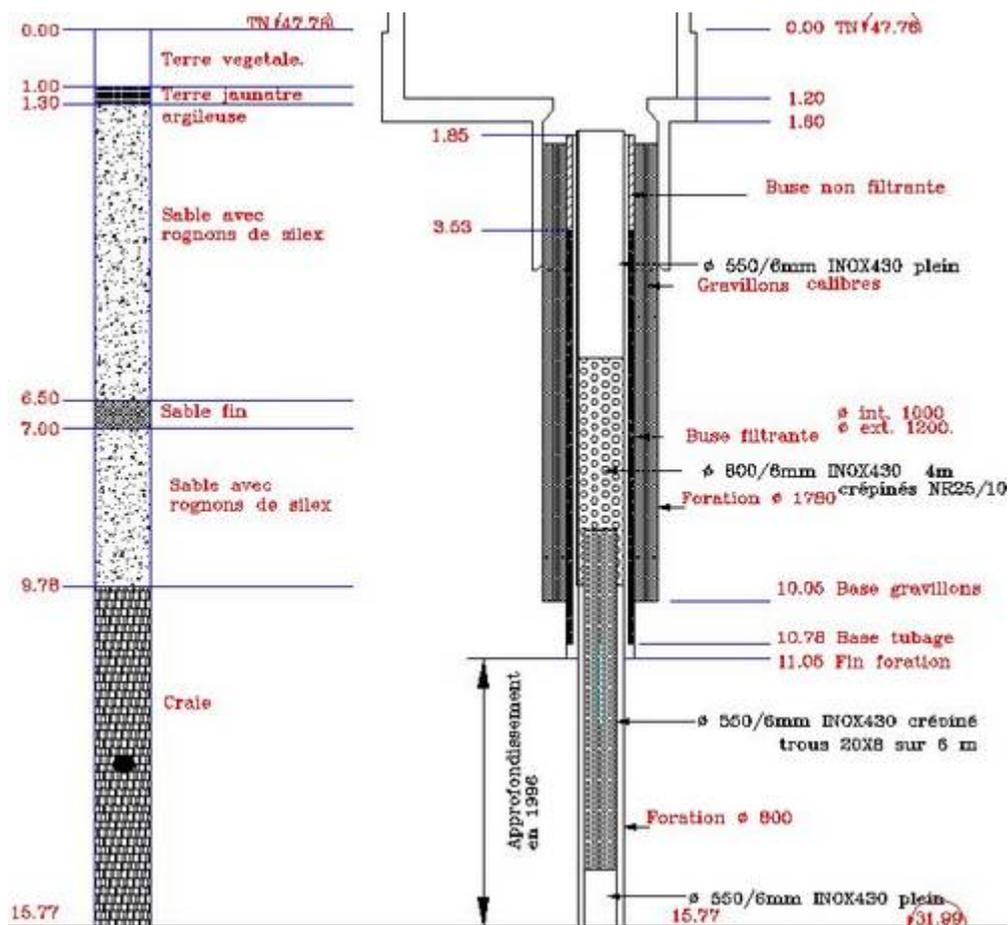


Figure 3-11. Coupe type d'un puits de captage – Champ captant de Grande Paroisse

²⁵ Ils étaient ancrés dans la tête de la craie sur 1 m.

²⁶ Les puits approfondis ont subi une acidification. Cette opération est délicate car il ne faut acidifier que la craie. En effet l'acidification des alluvions plus ou moins argileuses peut entraîner un colmatage.

Actuellement, les puits sont équipés de pompes immergées pouvant pomper de 100 à 300 m³/h et l'eau du champ captant provient à 80 % des alluvions de la Seine et 20 % de la partie supérieure de la craie.

Evolution des débits prélevés

Les premiers essais (dans les années 50) montraient un débit global de 142 000 m³/j.

Par la suite, le débit exploité a diminué significativement ; il était supérieur à 50 000 m³/jour à la fin des années 1970 et atteint difficilement²⁷ aujourd'hui 40 000 m³/ jour, en deçà du débit autorisé par la DUP (50 000 m³/jour).

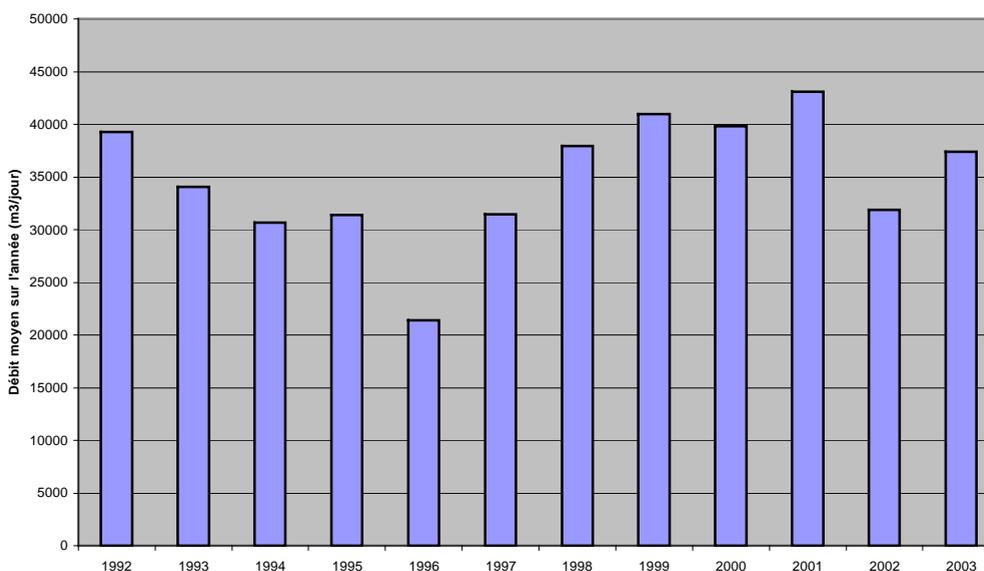


Figure 3-12. Evolution des prélèvements de Grande Paroisse de 1992 à 2003 (Sagep)

Toutefois il convient de noter qu'entre la construction du champ captant et aujourd'hui, la piézométrie a fortement changé du fait du barrage de la Madeleine qui a induit un abaissement de la piézométrie de plus d'un mètre.

C'est suite à cette diminution importante de productivité entre les années 1970 et la fin des années 1980 que différentes travaux de réhabilitation ont été réalisés afin d'améliorer la productivité de certains ouvrages (approfondissement dans la craie, Cf. Figure 3-11). Cette perte de productivité était due principalement à un problème de colmatage des crépines et des barbacanes provoquées notamment par les importantes teneurs en fer.

A la suite de la diminution de productivité de certains ouvrages, la SAGEP a lancé différentes études pour augmenter sa production d'eau souterraine :

- étude et essai de réalimentation artificielle de la nappe (réaspersion, tranchée d'infiltration et inondation prolongée),
- étude d'amélioration de la productivité des ouvrages existant par surcreusement dans la craie (Cf. supra),
- recherche de nouvelles ressources dans la Bassée aval (Commune de Marolles, La Tombe, rive droite de la Seine)

²⁷ Après l'approfondissement des ouvrages les débits ne semblent pas avoir significativement augmentés.

La réaspersion a montré un faible rendement (forte évaporation) tandis que la tranchée d'infiltration ainsi que l'inondation d'une partie importante du champ captant pendant 3 mois ont montré des résultats satisfaisants. Par ailleurs ces études ont montré que la recharge artificielle n'altérerait en rien la qualité des eaux souterraines (lors des essais réalisés).

3.3.2.2. QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES ET INSTALLATIONS DE TRAITEMENT

Au niveau du champ captant les concentrations en fer et manganèse sont très variables spatialement. Localement, au niveau du puits 7 (milieu réducteur), il est possible de rencontrer des teneurs en fer supérieures à 3 mg/L. Les concentrations mesurées dans la Seine, les gravières et la nappe des coteaux sont inférieures à 50 µg/L. Même si ponctuellement les teneurs en fer peuvent dépasser les normes, une fois les eaux mélangées, ces teneurs restent en dessous de la norme de potabilité. Dans la nappe, les concentrations en manganèse sont inférieures aux normes.

Au niveau du point où les eaux pompées rejoignent l'aqueduc de la Vanne, les eaux du champ captant sont filtrées pour retenir les mangano-bactéries, à l'aide de micro-tamis.

Quatre indicateurs de pollutions éventuelles sont suivis par la SAGEP en différents endroits du réseau (Turbidité, nitrates, atrazine, DEA).

Au niveau du mélange, les concentrations moyennes (d'après SAGEP) sont les suivantes :

- Nitrates : 18 mg/L ;
- Pesticides : 0.1 µg/L (DEA), 0.05 µg/L (atrazine).

Afin de traiter les pesticides et tout autre pollution d'origine accidentelle, les eaux sont traitées avec du charbon actif en grains (CAG) au niveau de l'usine de Sorke (Montigny-sur-Loing).

3.3.2.3. INONDATION

Pendant les étiages sévères (sécheresse) certaines pompes sont bridées (au maximum à 50 %) pour disposer d'une charge suffisante au dessus des pompes immergées (limitation du rabattement à l'étiage).

Le champ captant est situé en zone inondable (proximité immédiate de la Seine). Néanmoins, d'après les exploitants aucune inondation significative n'est à relever ces dernières années (à l'exception de la crue de 1955, Cf. photos en annexe 10).

Tous les captages sont protégés des inondations par un remblai de 20 m de diamètre, de 3 m de haut, et reposant sur une dalle étanche de protection en béton armé comme l'illustre la figure suivante (Cf. également annexe 11 et photo page de couverture).

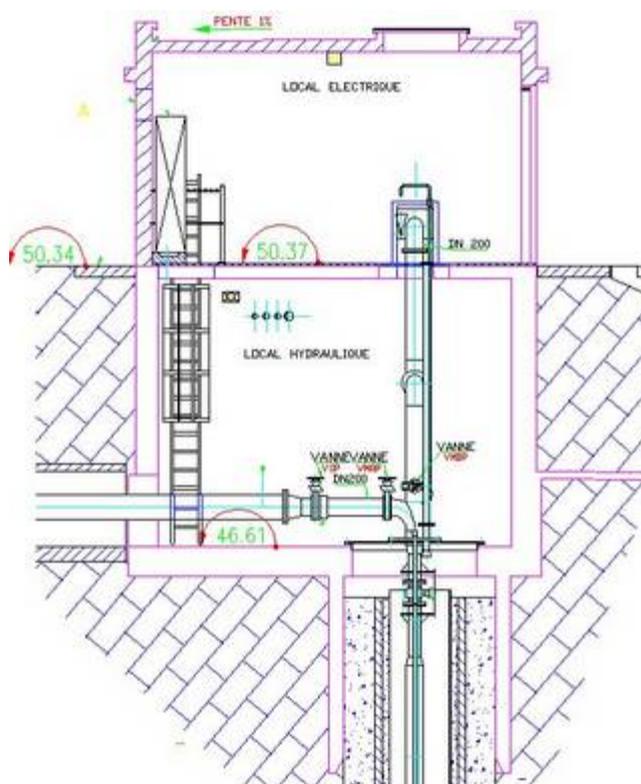


Figure 3-13. Coupe type des aménagements de surface sur les puits de captage (Sagep)

Dans le cas d'inondation, l'exploitant assurerait la maintenance au moyen de barques (actuellement, il n'existe qu'une seule petite passerelle au niveau du point bas du site).

3.3.3. CHAMP CAPTANT DE PONCEY-LES-ATHEE (21) – LYONNAISE DES EAUX

3.3.3.1. HYDROGEOLOGIE ET TYPES DE CAPTAGE

Ce champ captant assure la majeure partie de l'alimentation en eau potable de Dijon (66 000 m³/j).

Il est constitué de deux zones de captages : les îles (55 puits par siphonage) et une batterie linéaire de captages (56) en bordure de Saône (Cf. annexe 12).

La zone située en bordure de berge comporte des ouvrages de différents types : puits à barbacane (Cf. annexe 13), puits à drains rayonnants (Cf. Figure 3-14), dont les plus anciens datent de 1936. Ces ouvrages sont situés à quelques une cinquantaine de mètres de la berge (Cf. annexe 14) et séparés entre eux d'environ de la même distance.

Les ouvrages captent les alluvions (9 m d'épaisseur environ) sur toute la hauteur et sont ancrés dans les marnes compactes sous-jacentes.

La productivité des ouvrages est relativement faible puisqu'elle s'étend de 7 m³/h à 160 m³/h pour les ouvrages en production. En bord de berge, seuls 22 ouvrages (sur 56) sont en exploitation, les ouvrages les plus productifs étant les puits à drains rayonnants (débit de 50 à 160 m³/h).

Il est à noter également que le gestionnaire des eaux a été autorisé à réaliser un prélèvement directement dans la Saône pour palier aux faibles débits en période d'étiage. Les puits sont reliés entre eux (en souterrain) et l'ensemble de l'eau brute arrive à l'usine de traitement.

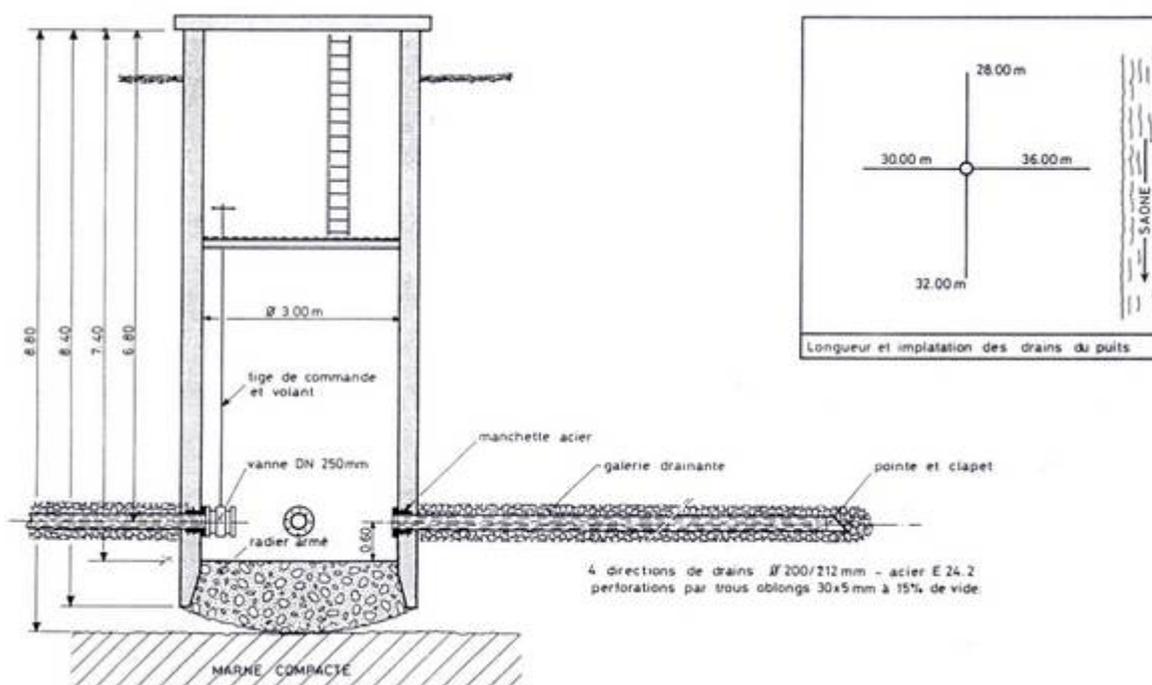


Figure 3-14. Coupe technique d'un puits à drains rayonnants (Poncey-les-Athée)

3.3.3.2. INONDATION

Le champ captant est régulièrement inondé (au moins une fois par an, voire plusieurs fois). L'eau prélevée en période d'inondation ne présente pas de caractéristiques particulières (turbidité, nitrates, ...) par rapport au fonctionnement hors inondation du champ captant.

Le fait que le champ captant soit régulièrement inondé ne pose pas de problème particulier, l'accès aux puits pour maintenance pendant ces périodes se faisant en barque.

3.3.3.3. QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES ET INSTALLATIONS DE TRAITEMENT

L'eau prélevée présente des teneurs élevées en fer et manganèse (entre 0.15 et 0.6 mg/l) et parfois de fortes teneurs en produits phytosanitaires.

La turbidité de l'eau est faible même en période d'inondation.

La station de traitement (construite en 1994) est constituée schématiquement, en amont, d'un filtre biologique qui élimine à la fois le fer et le manganèse. Ensuite l'eau est filtrée sur charbon actif (Cf. annexe). Cette façon de procéder permet également d'éliminer toute turbidité (filtre à sable amont) et tout produit phytosanitaires ou d'éventuels polluants (filtres charbon actifs). L'usine automatisée ne nécessite que la présence d'un demi-poste de technicien.

Une des difficultés dans la gestion de ce champ captant réside plus dans la maintenance de nombreux puits, dont certains très peu productifs, ainsi que dans le fait qu'ils sont régulièrement colmatés du fait de la présence de fer et de manganèse (flocs). Le gestionnaire a fait appel à des sociétés pour décolmater ces puits mais le résultats est plus que mitigé (productivité inférieure après décolmatage, 're-colmatage' rapide – parfois dans un délai de deux mois).

Pour des questions notamment de maintenance des ouvrages, une des orientations qui est envisagée est de faire fonctionner le champ captant avec un nombre restreint d'ouvrages assez productifs (et éventuellement entreprendre des décolmatages selon une fréquence régulière).

3.3.4. CHAMP CAPTANT DE MACON (71) – COMPAGNIE GENERALE DES EAUX

3.3.4.1. HYDROGEOLOGIE ET TYPES DE CAPTAGE

Le champ captant de Macon est constitué de 18 puits identiques (dont 17 en activité) situés parallèlement à la Saône sur environ 2 km. L'espacement entre les puits est d'une centaine de mètres (Cf. annexe 16).

Les puits captent des alluvions sur 8 mètres d'épaisseur, celles-ci étant surmontées par environ 6 mètres de matériaux argileux peu perméables. Cette couverture argileuse assure une certaine protection mais induits également la présence d'un milieu réducteur et la présence de fer et de manganèse.

La coupe type d'un de ces puits est présentée à la figure ci-dessous. Ceux-ci sont équipés de pompes de 100 m³/h et le champ captant a une capacité de plus de 30 000 m³/j. La production effective du champ captant oscille entre 9000 et 11 000 m³/j, ce qui permet d'effectuer un roulement sur les puits en activité (et permet de reporter les opérations de maintenance des puits-pompes en dehors des périodes d'inondation).

Chaque année 2 à 3 pompes sont renouvelées et 3 puits (encrassés par le fer et manganèses) sont nettoyés par jetting et mécaniquement par des plongeurs.

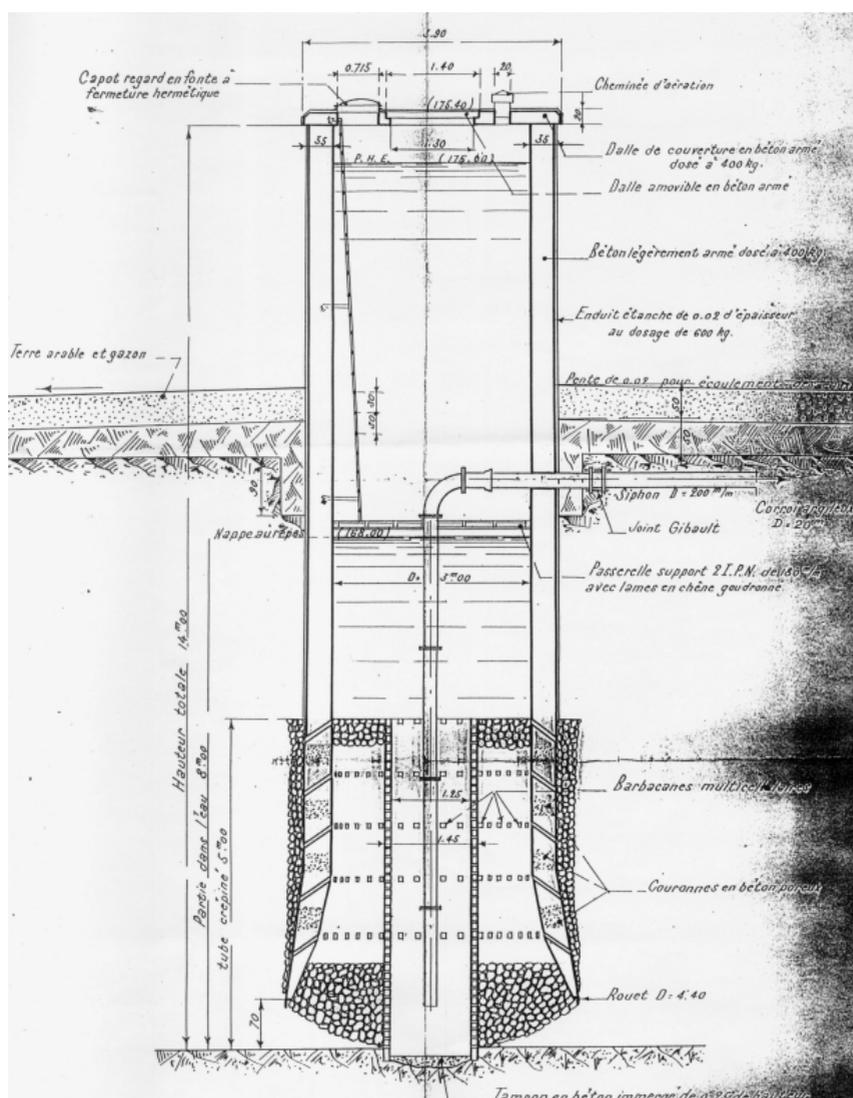


Figure 3-15. Coupe type d'un puits du champ captant de Macon

Les 17 puits refoulent dans une bêche de reprise de 235 m³ où 4 pompes de 500 m³/h acheminent l'eau vers la station de traitement. Les commandes des pompes sont situés dans un bâtiment hors d'eau et permettent l'automatisation des consignes de prélèvement (Cf. annexe 17).

3.3.4.2. INONDATION

Le champ captant est régulièrement inondé (au moins une fois par an, voire plusieurs fois) parfois pour des périodes assez longues (régulièrement de trois semaines à un mois). L'eau prélevée en période d'inondation ne présente pas de caractéristiques particulières (turbidité, nitrates, ...) par rapport au fonctionnement hors inondation du champ captant.

Le champ captant étant surdimensionné (les puits ne fonctionnent jamais tous en même temps) des intervention sur les puits pendant les périodes d'inondation ne sont pas nécessaires.

3.3.4.3. QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES ET INSTALLATIONS DE TRAITEMENT

Les eaux captées présentent des teneurs en fer et surtout en manganèse (70 µg/l).

La station de traitement est constituée dans une première phase d'une décarbonatation, l'eau exhaurée du champ captant présentant une dureté (c'est-à-dire, schématiquement, une teneur en sels de calcium et de magnésium) un peu élevée.

Dans une seconde phase, une ozonation permet d'oxyder le fer et le manganèse présents dans l'eau brute. L'eau est ensuite filtrée sur filtre bicouche après avoir subi une phase préalable de coagulation destinée à améliorer les performances de la filtration.

Enfin, l'eau est affinée par filtration sur charbon actif (notamment pour des aspects saveur et odeur).

Le schéma de fonctionnement est présenté en annexe 18.

Du point de vue de la possibilité d'alerte dans le cas d'une pollution accidentelle de la Saône, il avait été envisagé de mettre en place une station d'alerte avec des truites. Ce projet est pour l'instant en stand by, notamment du fait de son coût élevé (investissement + coût opératoire) et surtout pour des aspects relatifs à la responsabilité qui incomberait à l'organisme en charge de la gestion de la station d'alerte de décider que la Saône est polluée (ou non) et des implications quant aux actions à prendre en conséquence.

3.3.5. SYNTHÈSE

A Grande Paroisse, dans un contexte hydrogéologique très similaire à celui de la Bassée, la Sagep prélève environ 40 000 m³/j, sur un linéaire d'environ 1,5 km avec des puits anciens (pour la partie captant les alluvions) ce qui confirme le potentiel de la Bassée en amont de Montereau.

Tous les champs captants visités (Grande Paroisse, Poncey-les-Athée, Macon) présentent des teneurs non négligeables en fer et manganèse. Ceci induit :

- un encrassement et un colmatage des ouvrages de captages ;
- un traitement (biologique ou ozonation) pour le fer et le manganèse.

Par ailleurs, pour l'ensemble des champs captants, les filières de traitement incluent une filtration sur charbon actif en grain.

Pour les champs captants visités, les puits à drains rayonnants présentaient les productivités les plus élevées.

Lors qu'il est nécessaire d'intervenir sur les puits en période d'inondation, l'accès se fait par barque.

3.4. CARACTÉRISTIQUES DU PROJET D'AMÉNAGEMENT EN REGARD DES POSSIBILITÉS D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES

Le projet de création de zones de sur-stockage va introduire dans la Bassée des modifications relativement :

- aux écoulements de surface ;

- aux écoulements souterrains ;
- aux accès aux parcelles situées à l'intérieur des casiers.

3.4.1. MODIFICATION DES ECOULEMENTS DES EAUX DE SURFACE

Extension des zones inondables

Depuis la création du canal à grand gabarit de la Seine, les zones d'expansion des inondations dans la Bassée aval ont été réduites (pour les crues faibles à moyennes). Toutefois au regard de la réglementation, la détermination des zones inondables (d'un point de vue administratif pour l'autorisation de réalisation d'ouvrages notamment) est fonction des zones atteintes par les plus fortes crues connues. Par ailleurs, la création du canal à grand gabarit n'aura qu'un rôle négligeable dans le cas de crues exceptionnelles.

Les zones considérées actuellement comme inondables sont présentées à l'annexe 19 (Cf. également [20]).

Le projet de création de zones de sur-stockage va modifier les zones d'expansion des crues, d'une part, en prélevant les eaux de la Seine et, d'autre part, en stockant ces eaux dans des zones bien définies (casiers). Ainsi, en particulier, les communes en rive droite de la Seine, qui préalablement étaient en partie en zone inondable²⁸, devraient être hors d'eau avec le projet de création de zones de sur-stockage (avec un aménagement supplémentaire constitué par un drain de pied de digue, pour éviter les remontées de nappe et la possibilité d'envolement des caves).

Implications potentielles pour l'exploitation des eaux souterraines :

→ Dans le cas de la réalisation d'un projet d'alimentation en eau potable, la localisation hors d'eau de certaines composantes du projet (station de traitement) pourrait être modifiée.

Stockage d'eau de la Seine dans les casiers

L'eau de la Seine sera stockée en période d'inondation dans les casiers sur une hauteur plus importante qu'en l'absence de casiers. Cette eau sera ensuite restituée par des vannes au bout d'une dizaine de jours : pendant cette période l'eau sera stagnante au sein des casiers alors que dans le cas d'une inondation en l'absence de casier l'eau présenterait une vitesse d'écoulement non nulle.

Implications potentielles pour l'exploitation des eaux souterraines :

→ Surélévation des ouvrages de captages plus importante que dans le cas d'inondation hors présence de casiers ;

→ Indépendamment des aspects relatifs à la qualité de l'eau captée (qui sont similaires dans le cas d'inondation avec ou sans présence de casiers), le fait d'avoir des vitesses de circulation lentes pourrait entraîner une sédimentation des Matières En Suspension (MES) au sein des casiers et éventuellement avoir un impact sur la qualité de l'eau captée.

3.4.2. MODIFICATION DES ECOULEMENTS DES EAUX SOUTERRAINES

Le projet de création de zones de sur-stockage va impliquer, sur certains tronçons de digues, la création de voiles étanches de façon à limiter la restitution de l'eau stockée vers la Seine (Cf. annexe 20). Ces voiles étanches vont donc limiter les écoulements souterrains (c'est leur fonction) localement.

Implications potentielles pour l'exploitation des eaux souterraines :

²⁸ le canal à grand gabarit a modifié les caractéristiques des crues surtout du point de vue des vitesses (plus faibles) de circulation dans le lit majeur mais les zones d'expansion des crues peuvent atteindre la base des coteaux.

→ *Limitation de la productivité de captages situés à proximité des voiles étanches*

3.4.3. ACCES AUX CASIERS LIMITE PAR LES DIGUES

Les digues peuvent constituer un obstacle pour pénétrer au sein des casiers.

Implications potentielles pour l'exploitation des eaux souterraines :

→ *Possibilité d'accès au sein des casiers pour réaliser un champ captant ;*

→ *Possibilité d'accès pendant les périodes d'inondation (maintenance) ;*

→ *Possibilité de pose de canalisation à travers les digues ;*

→ *Possibilité d'amenée d'électricité ;*

→ *Limitation des possibilités de pollution au sein des casiers du fait d'un accès restreint.*

L'ensemble des spécificités du projet de création de zones de sur-stockage sera examiné au chapitre 5 quant aux implications avec la compatibilité d'exploitation des eaux souterraines.

4. DETERMINATION DE SYSTEMES D'EXPLOITATION D'EAU SOUTERRAINE ENVISAGEABLES SUR LA BASSEE

4.1. LIGNES DIRECTRICES

L'approche permettant d'étudier la compatibilité de deux aménagements (les zones de sur-stockage et l'exploitation des eaux souterraines) doit s'appuyer en partie sur les spécifications de ces aménagements.

Or, dans le cas de l'exploitation des ressources en eau souterraine il n'y a pas actuellement de projet définis pour la réalisation de champs captants.

Il apparaît donc nécessaire, dans le cadre de la présente étude, de proposer des hypothèses de systèmes d'exploitation des eaux souterraines qui, à la fois, soient réalistes et permettent d'examiner l'ensemble des problèmes de compatibilité²⁹.

Dans ce cadre, le contexte spécifique de la Bassée mais également l'examen de captages AEP dans des contextes similaires (Cf. 3.2 et 3.3) va orienter certains aspects des projets d'exploitation, il s'agit en particulier : des débits exploitables, des types de captages ainsi que des traitements appropriés.

Débits exploitables

Les débits exploitables dépendent à la fois des quantités que peut fournir le système aquifère et des caractéristiques des ouvrages de captages.

L'approche du BRGM sur ce sujet reposait, d'une part, sur les apports d'eau souterraine dans le secteur d'étude et, d'autre part, sur la capacité d'un système global, constitués d'un ensemble d'ouvrages de captage, à prélever la quasi totalité des apports.

Pour ce qui concerne les apports l'ordre de grandeur des estimations du BRGM (300 000 m³/j en « plaine » + 300 000 m³/j en bord de Seine) peut être retenues. La traduction en débit global exploitable implique de considérer, au moins en ce qui concerne les apports souterrains, le débit des apports comme une valeur maximale étant donné qu'il semble difficile d'envisager de capter la totalité de ceux-ci.

Ces valeurs sont plausibles quand elles sont comparées aux débits exploités à Grande Paroisse (Vals de Seine – Sagep) dans un contexte hydrogéologique similaire mais avec des puits peu productifs. Ce champ captant est constitué de 19 puits qui ont été réalisés entre 1951 et 1953. Une série de puits est disposée suivant une parallèle à la Seine et à une centaine de mètres de celle-ci. Les autres puits ont une disposition interne par rapport aux précédents. L'espacement entre puits varie de 150 à 300 m. le « linéaire » de bord de Seine en regard des captages est d'environ 2 km et la production actuelle est de l'ordre de 40 000 m³/j.

De façon synthétique, il semble réaliste de considérer que le milieu naturel puisse globalement 'fournir' 600 000 m³/j sur la Bassée à partir des écoulements souterrains proprement dit et des apports indirects en provenance de la Seine.

Les systèmes d'exploitation qui découlent de cette approche impliquent de garder une logique linéaire d'implantation des ouvrages avec deux types d'implantation : en « plaine » et à proximité des berges.

²⁹ sur la zone de la Bassée aval où les zones réservées à l'AEP sont localisées sur les mêmes secteurs que les casiers.

Types de captages

De façon synthétique, le système aquifère de la Bassée se caractérise par des alluvions très transmissives mais relativement peu épaisses et présentant des concentrations en fer et manganèse, ces alluvions surmontant la craie altérée moins transmissive et ayant des teneurs en nitrates plus élevées.

Par ailleurs, les ouvrages de captages les plus appropriés dans ce contexte d'alluvions peu épaisses sont les puits à drains rayonnants lorsque des débits importants sont recherchés avec un faible rabattement de la nappe.

Les puits à drains rayonnants, du fait de l'ennoiement permanent des drains, de la réduction des vitesses d'entrée de l'eau et de la limitation des fluctuations de la nappe, permettent également de limiter le colmatage des puits.

Ainsi des débits unitaires pérennes de l'ordre de 200 à 300 m³/h (respectivement en « plaine » et en bord de Seine) sont tout à fait envisageables.

Par ailleurs, si des débits moins importants sont recherchés (de l'ordre de 100 m³/h), des ouvrages captant la craie altérée et éventuellement les alluvions (comme à Noyen, Cf. annexe 21) présentent une solution techniquement et économiquement intéressante³⁰.

Traitement de l'eau

Les eaux de la nappe présentent des teneurs non négligeables en fer et manganèse qui présentent une hétérogénéité spatiale importante. Les teneurs en pesticides sont peu élevées et les nitrates ont des teneurs relativement peu élevées dans les alluvions (et plus fortes dans la craie bien qu'en deçà de la norme).

Dans le cas où des débits importants sont recherchés, il convient de préconiser alors des filières de traitement avec un process pour éliminer le fer et le manganèse (a priori filtration biologique ou ozonation) ainsi qu'une filtration sur charbon actif en grain (pour améliorer les propriétés organoleptiques de l'eau mais également dans le cas de pollution accidentelle).

Dans le cas de faibles débits, le coût de ces filières de traitement serait pénalisant et le process qui paraît le plus adapté consisterait en une déferrisation de l'eau.

4.2. HYPOTHESES DE PROJETS D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES

Pour apprécier l'impact de la création de zones de sur-stockage trois hypothèses de projet d'exploitation des eaux souterraines ont été analysées :

- Projet A : champ captant à proximité des casiers (débit journalier \pm 100 000 m³/j) ;
- Projet B : champ captant à l'intérieur de casier (débit journalier = 5 à 10 000 m³/j).
- Projet C : champ captant à l'intérieur des casiers (débit journalier \pm 100 000 m³/j) ;

Ces projets restent des hypothèses de travail dans le cadre de l'étude de compatibilité et si l'ordre de grandeur des débits exploitables ainsi que les zones de localisation des ouvrages de captages sont réalistes, la réalisation effective d'un champ captant nécessiterait des investigations préalables pour en déterminer les spécifications détaillées.

Ces hypothèses de projet sont présentées succinctement ici et détaillées au chapitre suivant.

³⁰ En utilisant des crépines à fort pourcentage d'ouverture

Hypothèse de projet A

Création d'un champ captant sur les zones réservées à l'AEP à l'ouest de La Tombe et au sud du casier n°9.

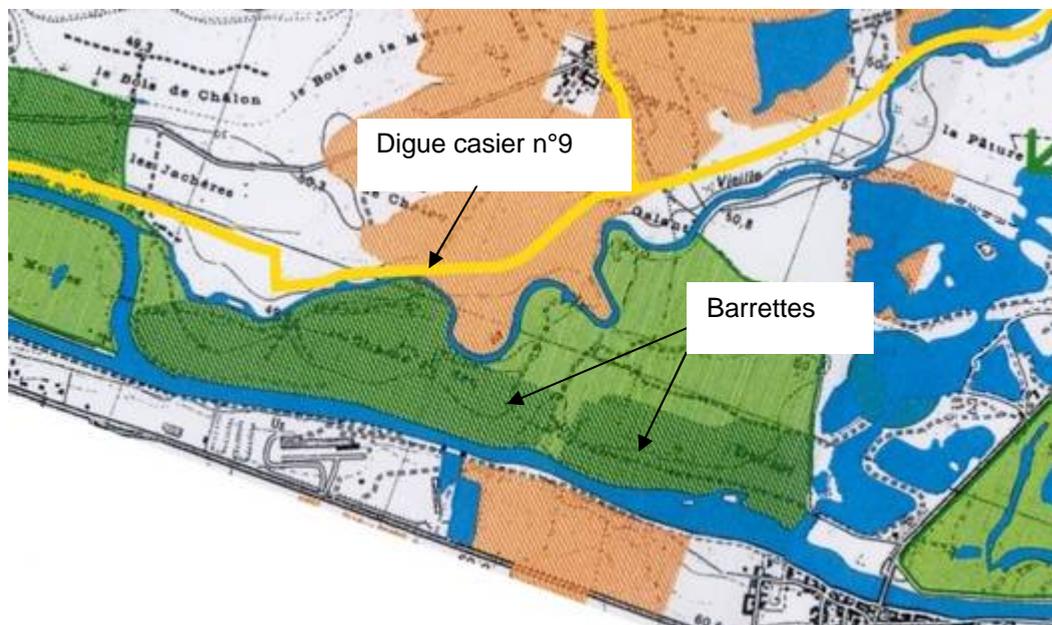


Figure 4-1. Hypothèse de projet A : localisation

Réalisation de puits à drains rayonnants en bordure de Seine avec un débit d'exploitation global de l'ordre de 100 000 m³/j.

Station de traitement à l'ouest de La Tombe (avec canalisation sous-fluviale entre le champ captant et la station de traitement) : déferrisation, démanganisation (éventuellement), désinfection (chloration) et filtration sur charbon actif en grain.

Hypothèse de projet B

Création d'un champ captant sur les zones réservées à l'AEP à l'intérieur du casier n°5.

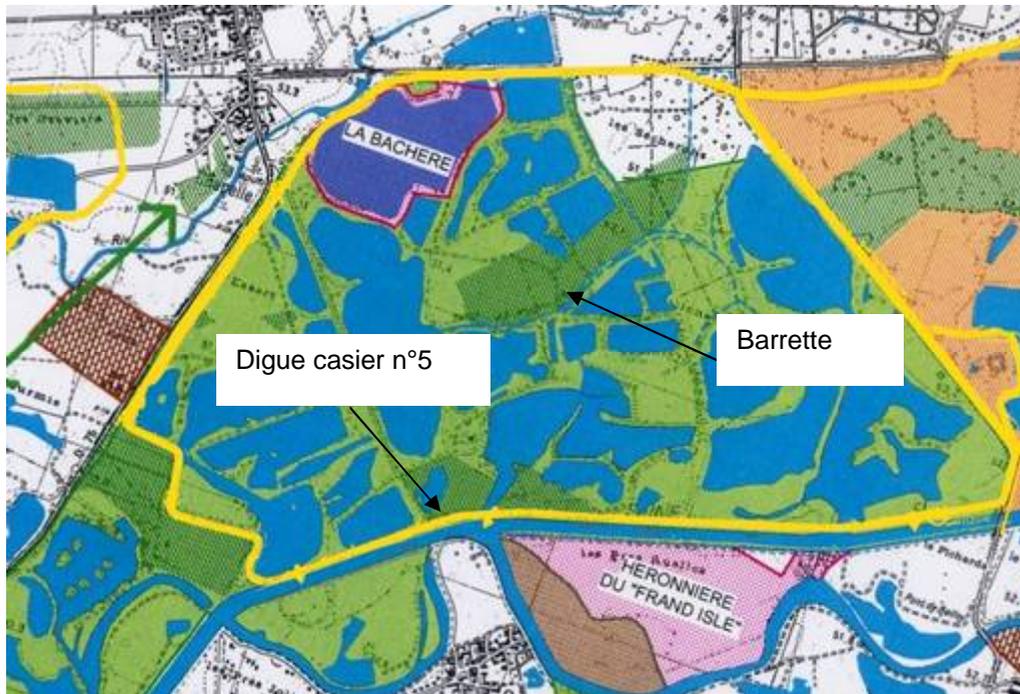


Figure 4-2. Hypothèse de projet B : localisation

Réalisation de puits captants la craie altérée et les alluvions avec un débit d'exploitation global de l'ordre de 5 à 10 000 m³/j.

Station de traitement à Egligny : déferrisation et désinfection (chloration).

Hypothèse de projet C

Création d'un champ captant sur les zones réservées à l'AEP à l'intérieur des casiers n°4, 3 et 2 avec un débit d'exploitation global de l'ordre de 100 000 m³/j.

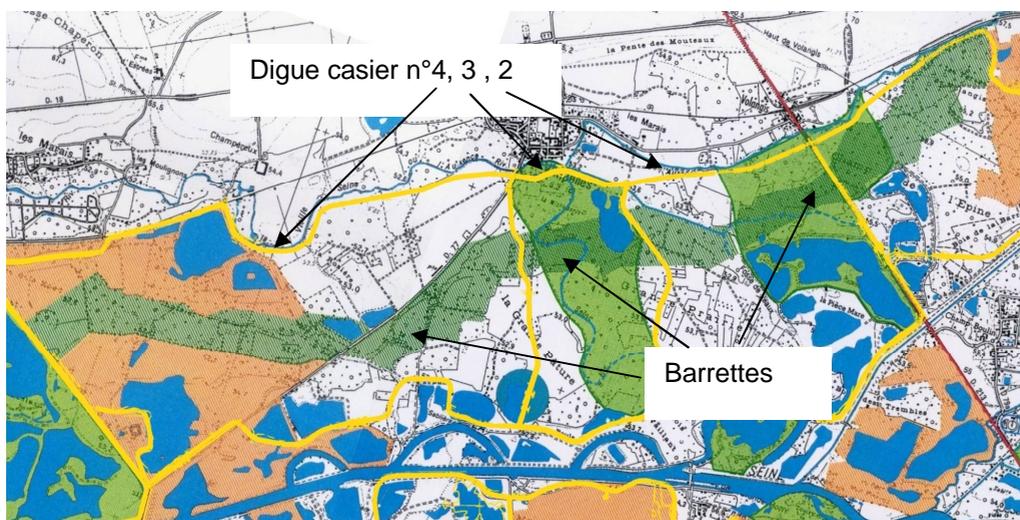


Figure 4-3. Hypothèse de projet C : localisation

Réalisation de puits à drains rayonnants avec un débit d'exploitation global de l'ordre de 100 000 m³/j.

Station de traitement à Vimpeles : déferrisation, démanganisation (éventuellement), désinfection (chloration) et filtration sur charbon actif en grain.

5. EVALUATION DE L'IMPACT DU PROJET DE LA BASSEE SUR LES SYSTEMES D'EXPLOITATION D'EAU SOUTERRAINE ENVISAGEABLES

5.1. INTRODUCTION

Comme il a été vu précédemment, le projet de création de zone de sur-stockage peut induire une modification des zones d'expansion des crues. Il a été considéré ici, qu'avec ou sans casiers, le secteur de la Bassée aval était inondable, les différences résultant de la création de zones de sur-stockage étant principalement liées à la hauteur d'inondation (plus élevée) et aux vitesses de l'eau de surface au droit des champs captants (plus faibles).

Les contraintes pour la conception et l'exploitation d'un champ captant qui résultent du caractère inondable du secteur sont exposées ci-après.

Ensuite, pour chaque hypothèse de projet (A, B, C) les impacts liés à la création proprement dite des zones de sur-stockage sont analysés.

5.2. ASPECTS RELATIFS AU CARACTERE INONDABLE DES CHAMPS CAPTANTS

5.2.1. CONCEPTION DES SYSTEMES D'EXPLOITATION

En zone inondable, les systèmes de production d'eau potable doivent répondre à un certain nombre de critères, dont les principaux sont les suivants :

- les puits doivent être surélevés – au-delà des niveaux des plus hautes eaux ;
- Les commandes des pompes (et les automates) ainsi que les transformateurs doivent être hors d'eau ;
- La connexion au réseau électrique peut être aérienne à partir du transformateur, mais est quasi-systématiquement enterrée entre les puits ;
- La station de traitement de l'eau doit être hors d'eau et accessible en permanence.

5.2.2. EXPLOITATION EN PERIODE D'INONDATION

5.2.2.1. MAINTENANCE

Lorsqu'il est nécessaire d'intervenir sur les puits en période d'inondation, les interventions se font par bateau. Dans le cas de casiers, l'absence de courant rend cette tâche plus aisée.

Par ailleurs, le fait qu'un champ captant soit conçu de façon à ce que l'ensemble des puits ne fonctionne pas simultanément permet d'éviter d'intervenir en période d'inondation (et facilite la maintenance du champ captant de façon générale).

5.2.2.2. QUALITE DE L'EAU

Matières en suspension

Au niveau de la Bassée, l'eau de la Seine est très peu chargée en matières en suspension (MES). Le graphique ci-dessous présente des données récentes sur les MES mesurées à Nogent et les débits correspondants (mesurés légèrement en amont à Pont sur Seine).

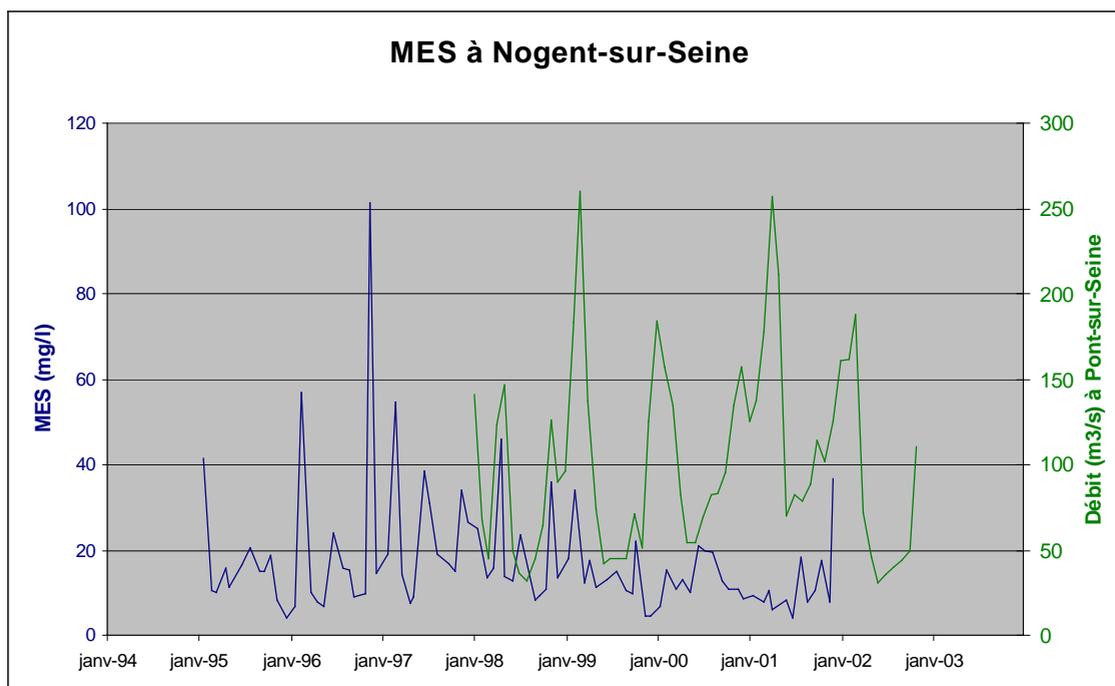


Figure 5-1. MES mesurées à Nogent-sur-Seine et débits moyens mensuels mesurés à Pont-sur-Seine (Données Agence et EDF)

Ainsi en période de forts débits de la Seine (> 150 m³/s) les teneurs en MES ne dépassent pas 40 mg/l ce qui correspond à des valeurs très faibles.

Par ailleurs, il faut noter que la qualité de l'eau qui sera prélevée dans la Seine pour remplir les zones de sur-stockage correspond à celle de l'eau de Seine avant que la crue n'advienne. De ce fait, les données MES de la qualité de l'eau de Seine présentées ici sont statistiquement significatives.

L'eau de Seine étant peu chargée en MES, le risque d'obtenir une eau turbide est réduit, d'autant plus que sur des zones relativement importantes, les alluvions sont recouvertes par des limons et que, de plus, tous les traitements envisagés incluent un processus de filtration sur sable.

La phase d'inondation pourrait présenter éventuellement une contrainte pour l'exploitation des eaux souterraines dans le cas où le dépôt de sédiments entraînerait une limitation de l'oxygénation de la nappe. Cependant, un calcul très schématique indique que l'épaisseur de sédiment qui résulterait de la décantation totale de l'eau de Seine dans les casiers serait inférieure au millimètre :

Les hypothèses de calcul sont les suivantes

- teneur en MES = 100 mg/l³¹,

³¹ Valeur sécuritaire au vu de la Figure 5-1

- hauteur d'eau = 2 m,
- décantation totale.

Ces hypothèses aboutissent à une charge de 200 g (0.2 kg) de MES par m².

En supposant une densité de 2 (2000 kg/m³) pour les sédiments humides, l'épaisseur des sédiments serait de 0.2/2000 m, soit moins de 1 mm.

Le calcul précédent est très sommaire, mais il indique toutefois que l'ordre de grandeur de l'épaisseur des sédiments déposés est négligeable.

Qualité bactériologique

La qualité bactériologique peut être en partie liée à la turbidité, or les matières en suspension sont réduites (et filtrées au niveau de la station de traitement). Par ailleurs, toutes les filières de traitement prennent en compte un processus de désinfection (chloration).

Nitrates

L'eau de la Seine a une eau qui présente des concentrations en nitrates proches de celles de la nappe comme l'indique la figure ci-dessous.

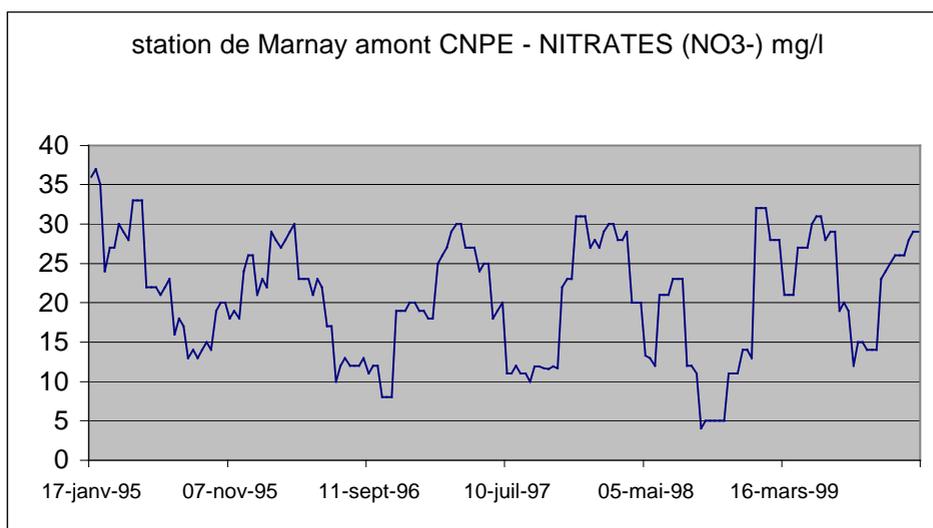


Figure 5-2. Concentration en Nitrates de la Seine à Marnay (données EDF)

Les valeurs moyennes en nitrates (aux alentours de 20 mg/l) sont similaires à celles de la nappe³².

L'impact d'apport d'eau de la Seine devrait être minime pour les nitrates. Par ailleurs dans le cas où l'eau de Seine présenterait des teneurs inférieures en nitrates à celles de la nappe, l'effet des zones de sur-stockage pourrait être bénéfique par dilution des nitrates de la nappe³³.

³² sauf en milieu réducteur (faibles teneurs en nitrates)

³³ Des projets de recharge artificielle de nappe ont été entrepris avec pour objectif de diminuer les teneurs en nitrates de la nappe (en Ariège notamment) et ont montré l'efficacité du procédé.

En revanche, la charge hydraulique générée par les inondations pourrait contribuer à l'entraînement de substances contenues dans la zone non saturée. L'impact pour les nitrates pourrait être non négligeable. En effet, de façon très générale, des pics de nitrates sont observés à l'automne et à l'hiver, quand il y a une conjugaison entre des épisodes pluvieux importants et la présence d'un sol nu (et donc très lessivable). Le projet de création de zone de sur-stockage amplifierait ce phénomène en période d'inondation du fait du maintien d'une hauteur d'eau au dessus du sol pendant la période des crues, i.e. en hiver.

Cette appréciation doit être pondérée :

- par les fréquences peu élevées de remplissage des casiers (une fois tous les cinq ans en moyenne) ;
- par le maintien en eau des casiers pendant une période réduite ;
- et par la diminution progressive des zones cultivées.

Toutefois, il est également possible aussi de limiter ces fuites en nitrates par la couverture du sol nu par des Cultures Intermédiaires Pièges à Nitrates (CIPAN). De nombreuses expériences en France ont démontré l'efficacité de cette approche³⁴.

Fer, Manganèse

La recharge de la nappe par l'eau de Seine va entraîner un apport d'oxygène dissout important (dont les concentrations sont, en moyenne, très supérieures à celles de la nappe). Cela pourrait contribuer à diminuer le caractère réducteur des alluvions, et donc potentiellement les teneurs en fer et en manganèse.

Pollutions accidentelles

Les pollutions accidentelles, les pesticides, ou les polluants éventuels liés au remblaiement de gravières sont traités par une filtration sur charbon actif en grain.

5.2.2.3. PRODUCTIVITE DES OUVRAGES

Les ouvrages, du fait d'une charge hydraulique plus importante, d'une épaisseur mouillée des terrains aquifères également plus importante (et donc une transmissivité accrue) présenteront temporairement une productivité plus élevée.

5.3. IMPACTS LIES AUX HYPOTHESES DE PROJET D'EXPLOITATION DES EAUX SOUTERRAINES

5.3.1. CARACTERISTIQUES COMMUNES AUX PROJETS D'EXPLOITATION

Quelles que soient les hypothèses de projet considérées (A, B, C ou d'autres) sur le secteur considéré (i.e. Bassée aval à proximité des casiers), la conception de système d'exploitation des eaux souterraines – avec ou sans présence de casiers - est guidée par un certain nombre d'orientations liées essentiellement au caractère inondable du secteur, aux contraintes liées aux autres activités (agriculture, exploitation de granulats), et à la qualité de l'eau captée. Celles-ci sont exposées ci-dessous.

³⁴ il existe également une grande variété de relations établies avec la profession agricole (contrats, conventions) pour inciter à la mise en place de CIPAN dans les zones à risque.

Production

Les ouvrages de captages seront disposés (pour des productions importantes) selon des axes linéaires. Ils seront surélevés au-delà des plus hautes eaux et entourés par un massif de protection.

Du fait des caractéristiques hydrogéologiques de la Bassée (hydrodynamique et qualité des eaux) et de la performance de différents types d'ouvrages de captage, les ouvrages de productions seront constitués :

- de forages captant à la fois les alluvions et la craie altérée pour des débits d'exploitation entre 5000 et 10 000 m³/j ;
- de puits à drains rayonnants pour une exploitation plus importante.

Les caractéristiques de ces puits sont les suivantes :

- Cuvelage béton armé de 3 m de diamètre intérieur, profondeur au rouet 10 m,
- Margelle 2 à 3 m, dalle de couverture béton armé avec capots, échelles intérieures et extérieures, plancher de service, ventilation, protection avec enrochement.
- 4 drains de diamètre 200 mm et de 20 m de longueur, en acier inoxydable (304L) tige de commande des vannes,

Les débits attendus des puits à drains rayonnants sont de l'ordre de :

- 300 m³/h en bord de Seine,
- 200 m³/h dans la « plaine » de la Bassée.

Un espacement entre les puits de 200 mètres permet d'optimiser à la fois la productivité de chaque puits et l'emprise du champ captant.

Canalisations

Du fait de contraintes liées aux autres activités de la Bassée (agriculture, exploitation de granulats actuelle et future – Cf. [14] pour les zones de permis) et pour des aspects relatifs à la facilité de mise en œuvre, les canalisations seront situées :

- sur l'emprise des barrettes,
- le long des chemins et routes existants.

Le diamètre des canalisations retenu est fonction du débit d'exploitation (en respectant une vitesse de circulation située entre de 1,5 et 2 m/s).

Dans le cas de casiers, le passage de canalisation impliquera de réaliser une ouverture temporaire de la digue (et reconstruction selon les spécifications initiales).

Le fait d'acheminer l'eau brute jusqu'à la station de traitement, située hors zone inondable (en rive droite ou gauche) impliquera, suivant les projets, des traversées de :

- Route Départementale,
- Voie SNCF,
- Canal à grand gabarit (passage sous-fluvial).

Réseau électrique

Alimentation électrique par lignes aériennes Haute Tension (HT) 20 kV

L'alimentation des postes HT/BT se fera par lignes aériennes HT 20 kV à partir du point le plus proche du réseau EDF existant. La ligne aérienne sera implantée de préférence sur les digues si elles existent, sinon sur le linéaire le plus court de la ligne EDF existante au poste HT/BT. Une partie de la ligne aérienne pourra être implantée en zone inondable selon la position du poste HT/BT.

Alimentation électrique des puits de pompage par lignes enterrées BT 400 V

L'alimentation des puits de pompage se fera par ligne enterrée BT 400V à partir du poste HT/BT. L'implantation des puits de pompage et du poste HT/BT correspondant ont été optimisés de manière à réduire les pertes en ligne et surtout la chute de tension qui doit être < 5%. Cette alimentation électrique sera de type câble armé avec pose en fond de fouille. Chaque ligne 400V alimente au plus cinq puits.

Postes HT/BT extérieurs préfabriqués en usine

Les postes HT/BT seront implantés sur des plateformes dont le niveau sera calé environ 50 cm au dessus du niveau d'inondation le plus haut. Ces plateformes seront selon les cas de figure, une extension de la digue et/ou une plateforme isolée.

Centre de supervision des puits de pompage

Les informations principales relatives aux différents puits de pompage ainsi que les niveaux d'eau et de débits des puits seront retransmis des puits de pompage vers le local HT/BT en liaison filaire, et du local HT/BT vers un centre de gestion situé dans la station de traitement correspondante, via un système radio.

Traitement

Les stations de traitement seront situées hors zone inondable et accessible en permanence.

Les hypothèses de projets présentées ci-après ont pris en compte le fait d'acheminer l'eau depuis les champs captants vers la station de traitement située au plus près de ces zones hors d'eau (et donc en rive droite ou en rive gauche)³⁵.

Dans le cas de débits d'exploitation relativement peu élevés, seule une déferrisation et une désinfection sont envisagées (en supposant, des investigations préalables suffisamment développées pour réaliser des ouvrages de captage hors zones à fortes teneurs en manganèse).

Pour des débits importants, les principaux processus suivants seront pris en compte :

- déferrisation et démanganisation,
- désinfection,
- filtration sur charbon actif en grain.

Les hypothèses de projets ne prennent pas en compte de station élévatoire à l'aval de la station de traitement.

Chaque hypothèse de projet est présentée dans les paragraphes suivants et des plans détaillés (au 1/15 000ème) sont présentés en annexes 22 et 23 pour l'ensemble des projets avec ou sans casiers.

³⁵ Dans la mesure, où les centres de destination de l'eau potable ne sont pas connus actuellement

5.3.2. IMPACTS LIES A L'HYPOTHESE DE PROJET A

Le projet A est situé hors casiers et constitué d'un champ captant en bord de Seine, avec deux lignes de puits à drains rayonnants situés en quinconce et parallèlement à la Seine. Il comporte 19 puits (débit nominal 300 m³/h) dont 17 fonctionnent simultanément (par roulement) pendant 20h sur 24.

L'eau brute est acheminée en passage sous-fluvial jusqu'à l'ouest de la commune de La Tombe.

Les caractéristiques de ce projet, avec et sans présence de casiers sont présentées aux figures et tableaux ci-dessous.

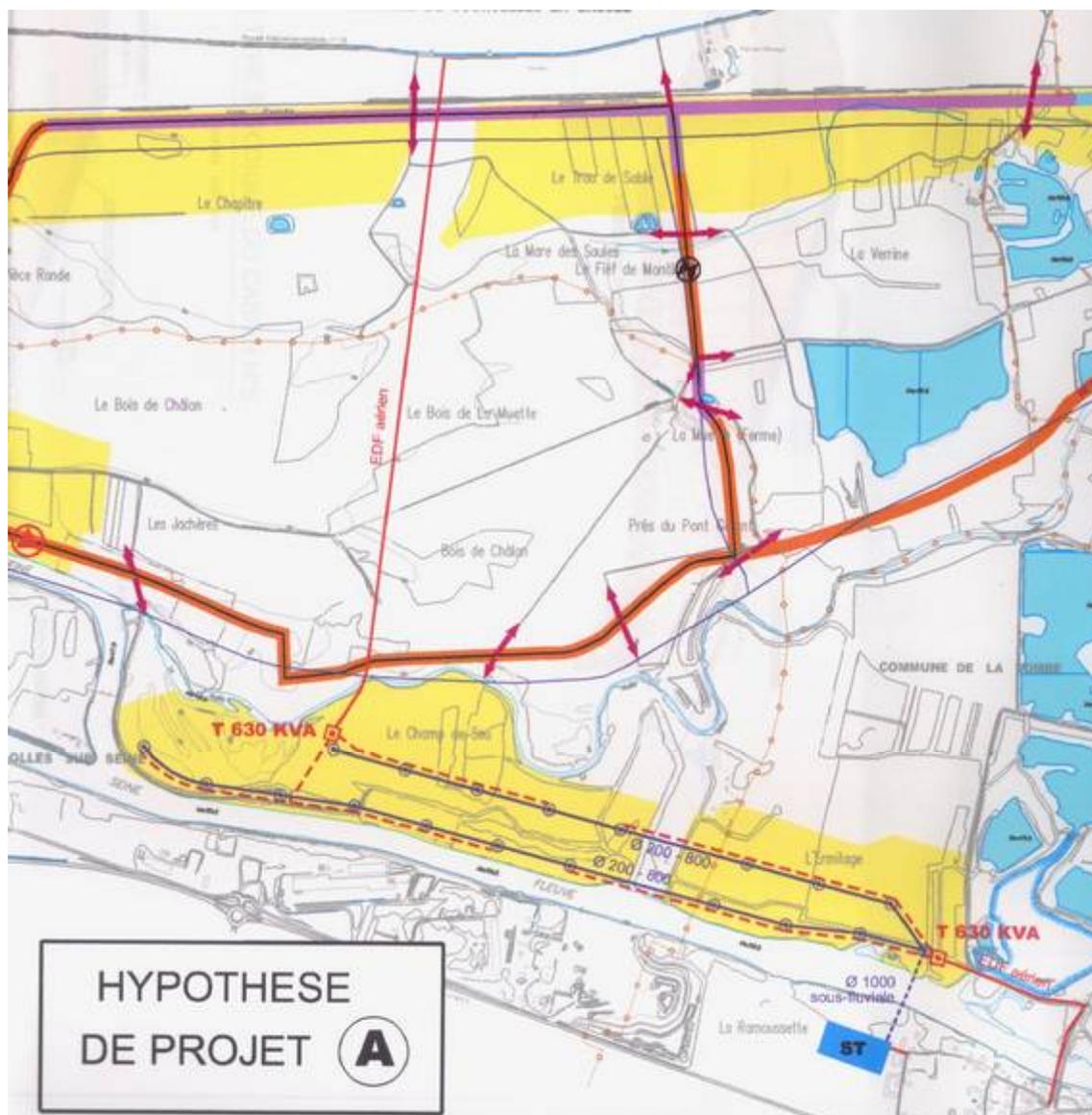


Figure 5-3. Hypothèse de projet A sans casiers - plan

Production	19 puits à drains rayonnants équipés de pompes de 300 m ³ /h
Canalisations	Entre puits, diamètre variable entre 200 et 800 mm : 4040 m Diamètre 1000 mm : 260 m dont 60 m en passage sous-fluvial
Lignes EDF et transformateurs	Ligne aérienne 20 kv (depuis RD 18 et La Tombe) : 2560 m Ligne enterrée 400 v : 9500 m Deux transformateurs de 630 KVA
Traitement	Débit horaire : 5000 m ³ /h Débit journalier : 100 000 m ³ /j Process : déferrisation, démantanisation, désinfection, CAG Bâche de reprise : 5000 m ³

Tableau 5-1. Hypothèse de projet A sans casiers – principales caractéristiques

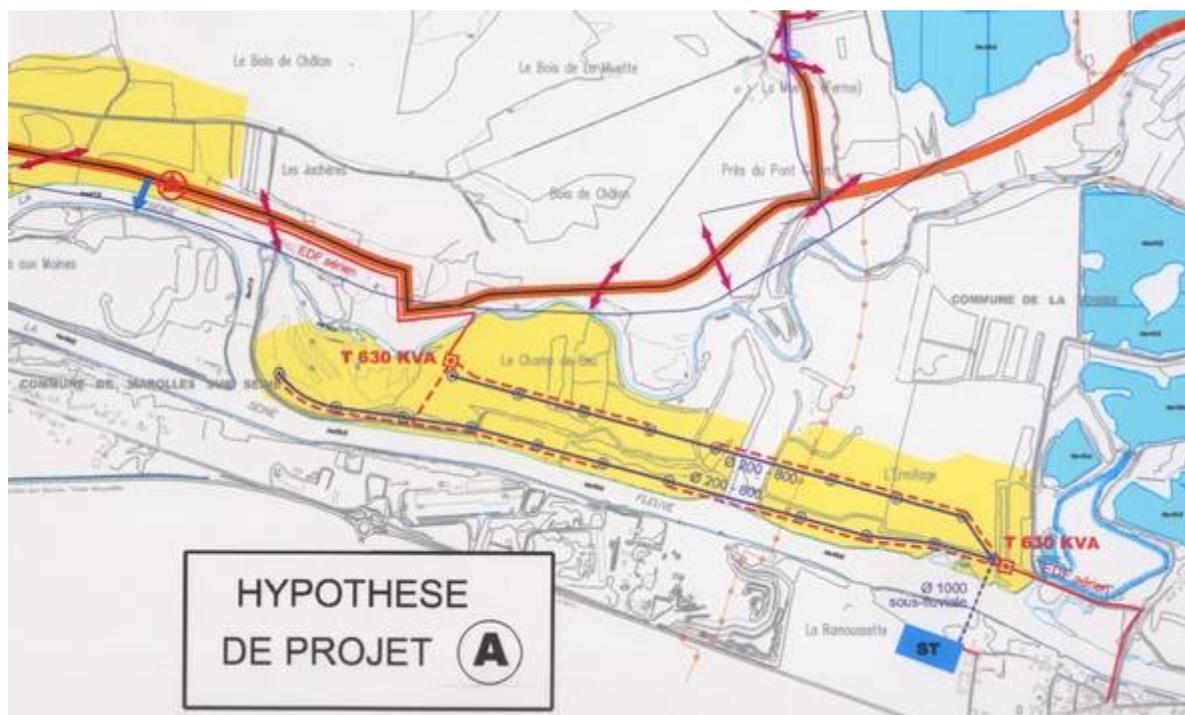


Figure 5-4. Hypothèse de projet A avec casiers – plan

Production	19 puits à drains rayonnants équipés de pompes de 300 m ³ /h
Canalisations	Entre puits, diamètre variable entre 200 et 800 mm : 4040 m Diamètre 1000 mm : 260 m dont 60 m en passage sous-fluvial
Lignes EDF et transformateurs	Ligne aérienne 20 kv (depuis digue et La Tombe) : 1920 m Ligne enterrée 400 v : 9500 m Deux transformateurs de 630 KVA
Traitement	Débit horaire : 5000 m ³ /h Débit journalier : 100 000 m ³ /j Process : déferrisation, démanganisation, désinfection, CAG Bâche de reprise : 5000 m ³

Tableau 5-2. Hypothèse de projet A avec casiers – principales caractéristiques

Il n'y a pas de différences notables entre les deux projets, ceux-ci étant situés hors casiers.

Cependant, les apports du projet de création de zones de sur-stockage peuvent être de :

- faciliter la connexion au réseau électrique (ligne EDF aérienne réduite),
- éventuellement, faciliter l'accès au champ captant à l'ouest par les voies de circulation des digues.

L'estimation financière du projet est la suivante (les hypothèses de base sont précisées en annexe 24) :

Puits	Génie civil	4 840 k€
	Équipement	420 k€
	Divers et imprévus (20 %)	1 050 k€
	Total	6 310 k€
Canalisations		2100 k€
	Divers et imprévus (20 %)	420 k€
	Total	2520 k€
Electricité		920 k€
	Imprévus (10 %)	90 k€
	Total	1 010 k€
Traitement	Génie civil	5 000 k€
	Process	10 000 k€
	Bâche de reprise (dont imprévus)	940 k€
	Total	15 940 k€
Honoraires	10 %	2 580 k€
TOTAL		± 28.4 M€

Tableau 5-3. Estimatif projet A (sans casiers)

5.3.3. IMPACTS LIÉS À L'HYPOTHÈSE DE PROJET B

Le projet B est situé au sein du casier n°5 et constitué d'un champ captant avec 4 forages captant les alluvions et la craie altérée (débit nominal 120 m³/h).

L'eau brute est acheminée jusqu'à l'ouest de la commune d'Egligny.

Les caractéristiques de ce projet, avec et sans présence de casiers sont présentées aux figures et tableaux suivants.

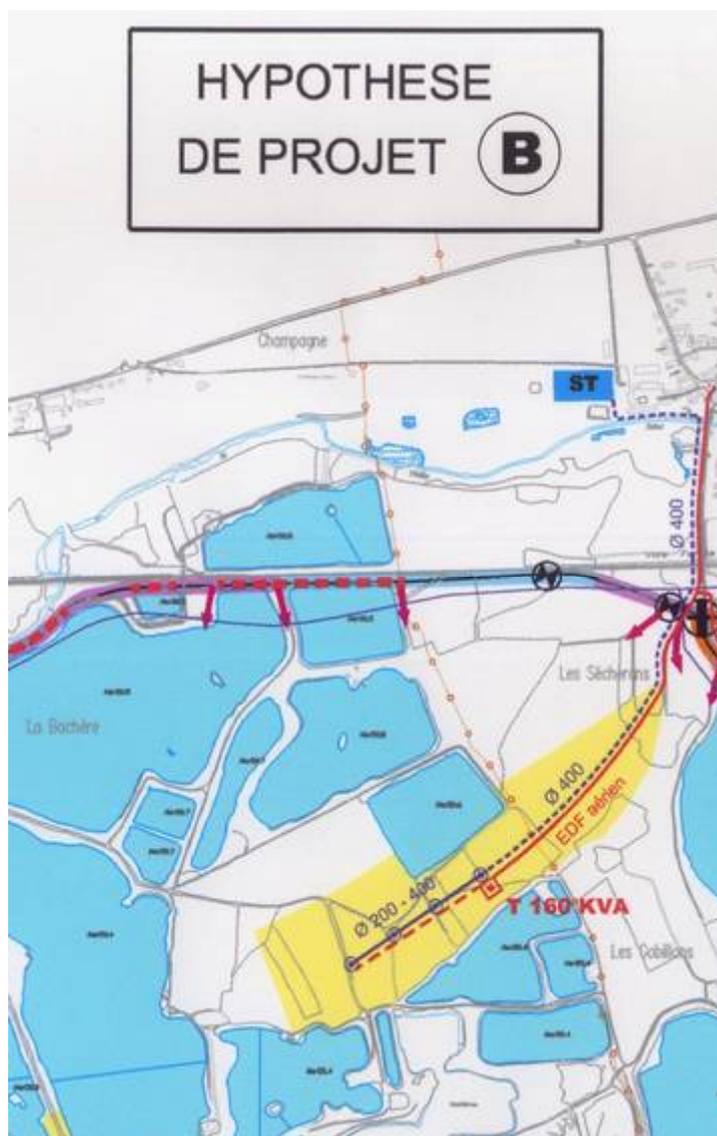


Figure 5-5. Hypothèse de projet B sans casiers – plan

Production	4 forages (alluvions et craie altérée) équipés de pompes de 120 m ³ /h
Canalisations	Entre puits, diamètre variable entre 200 et 400 mm : 360 m Diamètre 400 mm : 1470 m
Lignes EDF et transformateurs	Ligne aérienne 20 kv : 1300 m Ligne enterrée 400v : 940 m Un transformateur de 160 KVA
Traitement	Débit horaire : 440 m ³ /h Débit journalier : 10 000 m ³ /j Process : déferrisation, désinfection

Tableau 5-4. Hypothèse de projet B sans casiers – principales caractéristiques

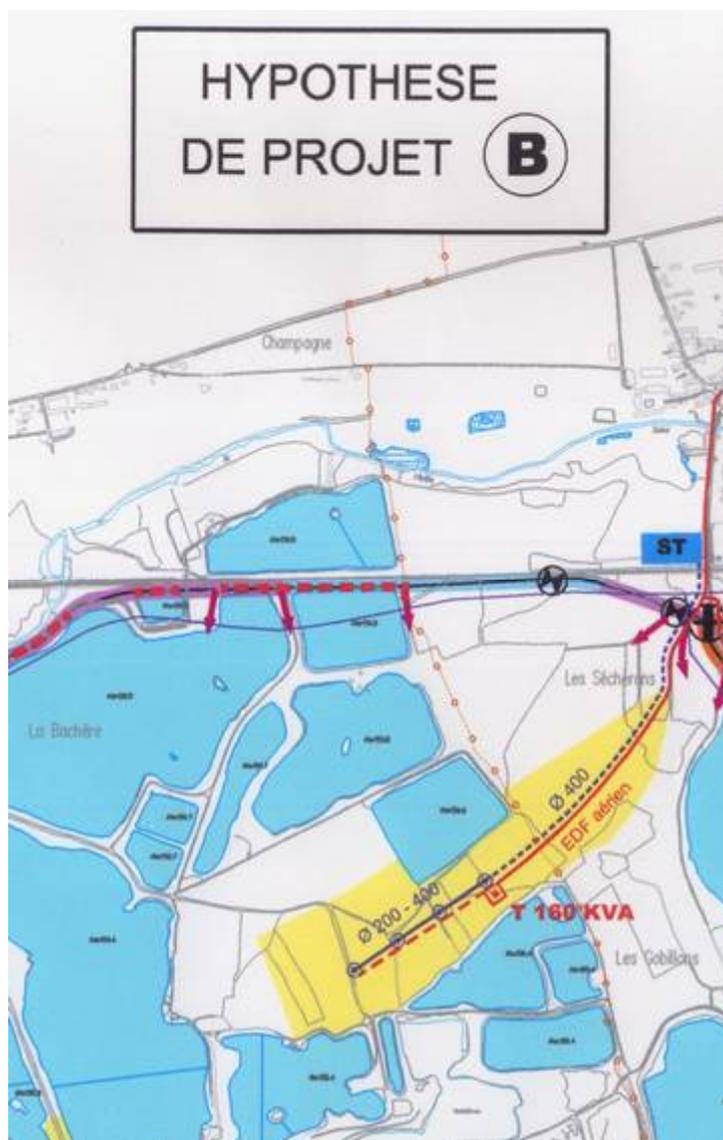


Figure 5-6. Hypothèse de projet B avec casiers – plan

Production	4 forages (alluvions et craie altérée) équipés de pompes de 120 m ³ /h
Canalisations	Entre puits, diamètre variable entre 200 et 400 mm : 360 m Diamètre 400 mm : 1300 m Passage de digue
Lignes EDF et transformateurs	Ligne aérienne 20 kv: 1300 m Ligne enterrée 400v : 940 m Un transformateur de 160 KVA
Traitement	Débit horaire : 440 m ³ /h Débit journalier : 10 000 m ³ /j Process : déferrisation, désinfection

Tableau 5-5. Hypothèse de projet B sans casiers – principales caractéristiques

Puits	Forage (alluvions + craie altérée)	160 k€
	Equipement	60 k€
	Divers et imprévus (20 %)	40 k€
	Total	260 k€
Canalisations		500 k€
	Divers et imprévus (20 %)	100 k€
	Total	600 k€
Electricité		300 k€
	Divers et imprévus (20 %)	60 k€
	Total	360 k€
Traitement	Génie civil	1 300 k€
	Process	2 600 k€
	Total	3 900 k€
Honoraires	10 %	510 k€
TOTAL		± 5.6 M€

Tableau 5-6. Estimatif projet B (sans casiers)

L'accès aux casiers ne présente pas de problèmes puisque des rampes d'accès sont prévues dans le projet de création de zones de sur-stockage.

Le projet B en présence de casiers va par contre être modifié essentiellement pour deux aspects :

- Les casiers peuvent induire une augmentation des secteurs hors d'eau de la commune d'Egigny au nord des casiers, ce qui permet de localiser la station de traitement plus proche (et à une cote moins élevée) du site de production (mais à l'inverse plus éloignée des secteurs de distribution),
- La présence de casiers va impliquer l'ouverture de la digue et sa reconstitution à l'identique pour permettre le passage de la canalisation.

Ces travaux (passage de digue) peuvent être estimés à environ 40 k€ (Cf. annexe 24).

Le fait que la hauteur d'eau peut être différente en présence de casiers influe très peu sur l'estimatif financier du projet.

5.3.4. IMPACTS LIES A L'HYPOTHESE DE PROJET C

Le projet C est situé au sein des casiers n°4, 3 et 2. Il est constitué d'un champ captant de 26 puits à drains rayonnants (débit nominal : 220 m³/h) dont 23 fonctionnent simultanément (par roulement) pendant 20h sur 24. L'eau brute est acheminée à Vimpelles.

Les caractéristiques de ce projet, avec et sans présence de casiers sont présentées aux figures et tableaux ci-dessous.

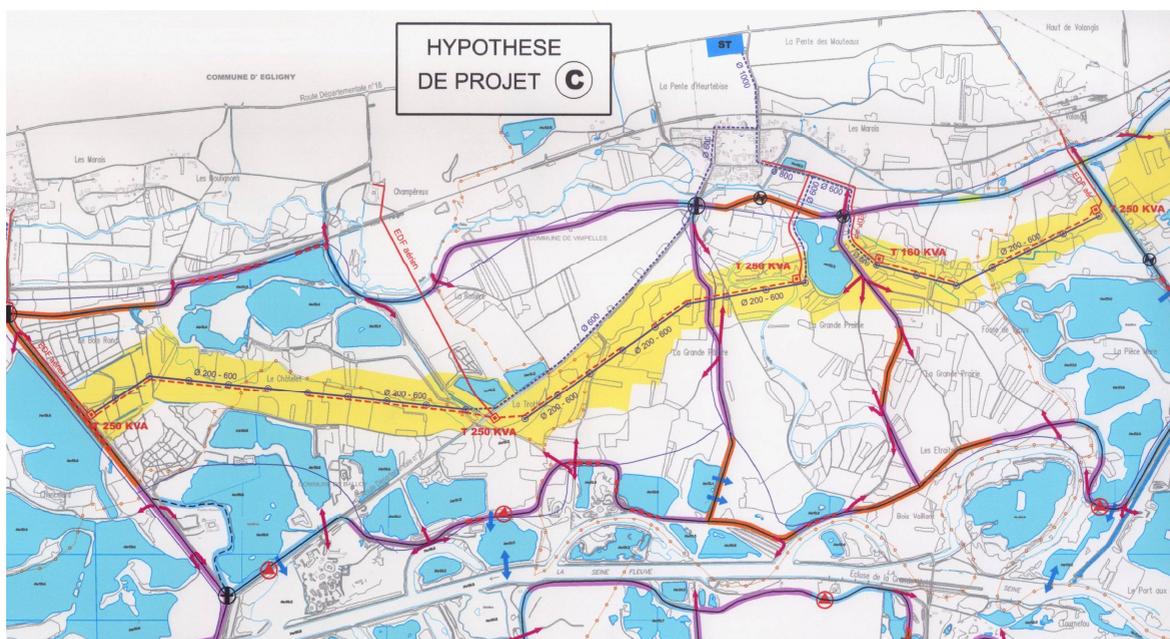


Figure 5-7. Hypothèse de projet C sans casiers – plan

Production	26 puits à drains rayonnants équipés de pompes de 300 m ³ /h
Canalisations	Entre puits, diamètre variable entre 200 et 600 mm : 4750 m Diamètre 600 mm : 3500 Diamètre 800 mm : 470 Diamètre 1000 mm : 390 m
Lignes EDF et transformateurs	Ligne aérienne 20 kv : 4490 m Ligne enterrée 400 v : 9640 m 4 transformateurs de 250 KVA 1 transformateur de 160 KVA
Traitement	Débit horaire : 5000 m ³ /h Débit journalier : 100 000 m ³ /j Process : déferrisation, démnanganisation, désinfection, CAG Bâche de reprise : 5000 m ³

Tableau 5-7. Hypothèse de projet C sans casiers – principales caractéristiques

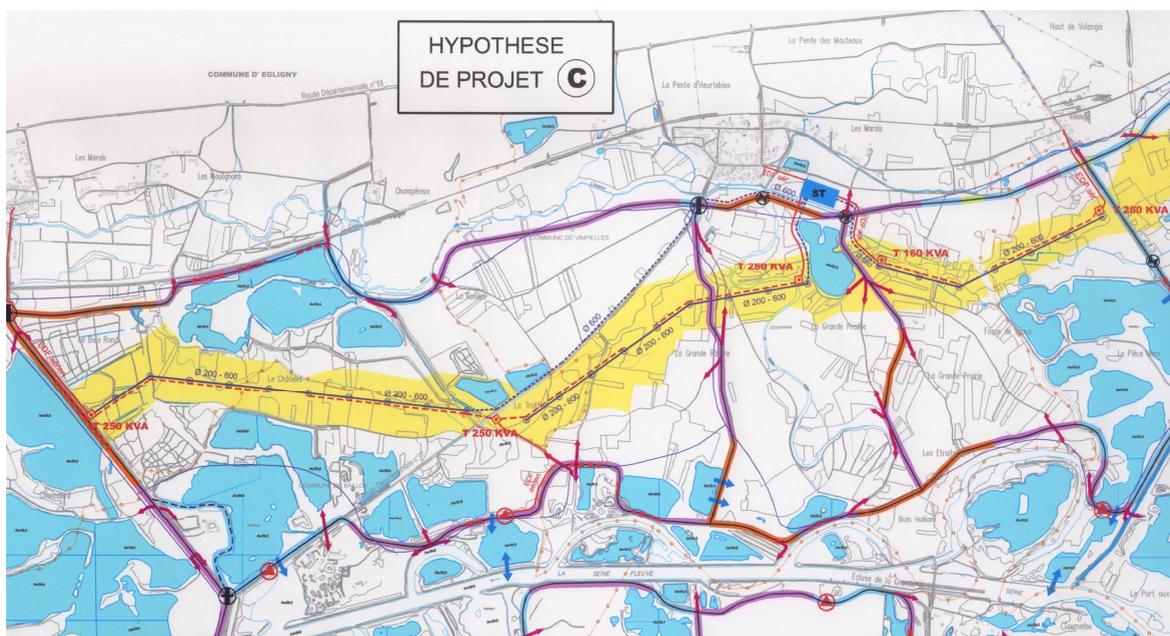


Figure 5-8. Hypothèse de projet C avec casiers – plan

Production	26 puits à drains rayonnants équipés de pompes de 300 m ³ /h
Canalisations	Entre puits, diamètre variable entre 200 et 600 mm : 4750 m Diamètre 600 mm : 3120 m 3 Passage de digues
Lignes EDF et transformateurs	Ligne aérienne 20kv : 3880 m Ligne enterrée 400 v : 9640 m 4 transformateurs de 250 KVA 1 transformateur de 160 KVA
Traitement	Débit horaire : 5000 m ³ /h Débit journalier : 100 000 m ³ /j Process : déferrisation, démanganisation, désinfection, CAG Bâche de reprise : 5000 m ³

Tableau 5-8. Hypothèse de projet C avec casiers – principales caractéristiques

Puits	Génie civil	6 590 k€
	Equipement	440 k€
	Divers et imprévus (20 %)	1 410 k€
	Total	8 440 k€
Canalisations		3 690 k€
	Divers et imprévus (20 %)	740 k€
	Total	4 450 k€
Electricité		1 560 k€
	Divers et imprévus (20 %)	310 k€
	Total	1 870 k€
Traitement	Génie civil	5 000 k€
	Process	10 000 k€
	Bâche de reprise (dont imprévus)	940 k€
	Total	15 940 k€
Honoraires	10 %	3 070 k€
TOTAL		± 33.8 M€

Tableau 5-9. Estimatif projet C (sans casiers)

L'accès aux casiers ne présente pas de problèmes puisque des rampes d'accès sont prévues dans le projet de création de zones de sur-stockage.

Le projet C en présence de casiers va par contre être modifié essentiellement pour deux aspects :

- Les casiers peuvent induire une augmentation des secteurs hors d'eau de la commune de Vimpeles au nord des casiers, ce qui permet de localiser la station de traitement plus proche (et à une cote moins élevée) du site de production (mais à l'inverse plus éloignée des secteurs de distribution),
 - réduction de coût de canalisation jusqu'à la station de traitement ± 960 k€
 - surcoût de canalisation (DN 1000 mm) pour distribution jusqu'à l'emplacement de la station dans le cas d'absence de casiers ± 730 k€
- La présence de casiers va impliquer l'ouverture de digues et leur reconstitution à l'identique pour permettre le passage des canalisations → surcoût ± 120 k€

Le fait que la hauteur d'eau peut être différente en présence de casiers influe très peu sur l'estimatif financier du projet (le surélévation du cuvelage d'un puits à drain rayonnants est d'environ 3000 € par mètre, soit ± 80 k€ pour l'ensemble du champ captant).

Pour ce qui concerne la limite ouest du champ captant, une légère diminution de productivité du puits situé à proximité de la digue séparant le casier n°5 du n°4 peut être attendue.

6. RECOMMANDATIONS

Au-delà de la présente étude de compatibilité certains points pourraient être approfondis. Ils ont trait essentiellement à la qualité de l'eau.

Mesure des matières en suspension de la Seine en période de crue

L'analyse des MES, et de façon plus générale de la physico-chimie de l'eau (dont les nitrates) permettraient de préciser les hypothèses relatives à la qualité de l'eau en période de remplissage des casiers.

Entraînement de substances dissoutes de la zone non saturée : réalisation d'un pilote

La façon la plus probante pour étudier ces phénomènes consisterait à réaliser un pilote.

Ce pilote serait constitué de digues constituant un casier à une échelle réduite (Cf. annexe). Il serait instrumenté de façon à mesurer l'évolution des pressions (dans les alluvions, dans la craie altérée et dans la digue) et permettre l'analyse de substances dissoutes dans les différents compartiments de circulation de l'eau.

Des essais pourraient être effectués, soit lors de périodes d'inondation, soit avec différentes hauteurs d'eau au sein du casier de façon à analyser la migration éventuelle de substances dissoutes.

L'intérêt d'un tel pilote serait également d'observer la possibilité de remontée de nappe (qui pourrait alors avoir un impact sur la capacité de stockage, ou permettrait de dimensionner des drains en pieds de digue).

Les différents essais pourraient être modélisés de façon à pouvoir simuler des configurations non testées pendant les essais.

Dans la mesure où la physique des phénomènes est relativement connue (écoulement dans la zone non saturée et la zone saturée notamment) et où la zone d'étude ferait l'objet d'investigations détaillées, une dimension d'un tel pilote de l'ordre de l'hectare (voire moins) serait pertinente.

7. SYNTHÈSE

Les formations aquifères de la Bassée sont constituées d'alluvions épaisses de 5 à 12 m et de craie altérée sous-jacente.

La Bassée présente un potentiel aquifère intéressant mais délicat à exploiter :

- La relativement faible épaisseur des alluvions implique d'avoir recours à des ouvrages de captage induisant de faibles rabattements ;
- La présence de fer et de manganèse implique de traiter l'eau et de prévoir une maintenance régulière des ouvrages de captage.

L'exploitation des eaux souterraines de la Bassée peut se faire au moyen de forages captants les alluvions et la craie pour des débits ne dépassant pas 10 000 m³/j et par des systèmes linéaires de puits à drains rayonnants pour des débits plus importants (de l'ordre de 100 000 m³/j).

Les traitements à envisager dans ce dernier cas doivent inclure des processus de déferrisation et de démanganisation ainsi qu'une filtration sur charbon actif en grain.

Les zones réservées à l'AEP (« barrettes ») sont situées en zone inondable et occupent une superficie d'environ 12 km² dont 3.8 km² intersectant l'emplacement des casiers du projet de création de zones de sur-stockage

Le projet de création de zones de sur-stockage pourrait entraîner potentiellement pour l'exploitation des eaux souterraines au niveau des barrettes :

- une modification des écoulements souterrains, par la mise en place de voiles étanches,
- une modification des zones inondables sur la Bassée pour les zones hors casiers ;
- des difficultés d'accès aux barrettes situées au sein des casiers,
- une modification de la qualité de l'eau,

L'impact des voiles étanches est minime pour la production d'eau potable puisque leur localisation est quasi-systématiquement hors zone d'emprise des barrettes.

Le fait que les communes en rive droite de la Seine pourraient présenter une moindre inondabilité du fait de la présence des casiers permettrait de rapprocher des captages les stations de traitements envisagées (ce qui réduirait le coût des canalisations).

L'accès au niveau des casiers se fait par des rampes d'accès conçues pour permettre l'exploitation des granulats. L'accès pour la réalisation de captage et de pose de canalisations ne pose donc pas de problèmes particuliers. En revanche, les obstacles que constituent les digues vont entraîner des travaux supplémentaires pour la pose de canalisations (ouverture de la digue et reconstruction à l'identique). Les surcoûts induits restent toutefois modestes par rapport au coût total d'un projet d'exploitation des eaux souterraines.

Pour ce qui concerne la qualité de l'eau, le fait d'avoir une hauteur d'eau et une durée de submersion plus importante qu'en absence de casiers pourrait accroître le lessivage des substances contenues dans la zone non saturée (nitrates, ...). Cette appréciation doit être cependant pondérée :

- par les fréquences peu élevées de remplissage des casiers (une fois tous les cinq ans en moyenne) ;
- par la diminution progressive des zones cultivées.

Ce dernier aspect pourrait éventuellement être précisé

- en analysant la qualité de l'eau de Seine en période d'inondation
- en réalisant un pilote, reproduisant à une échelle réduite les phénomènes de transmission de pression hydraulique et de migration de substances dissoutes

8. REFERENCES

- [1] Etude du gîte aquifère de la région de Montereau et de l'adduction d'eau potable en provenance de ce gîte, SLEE –CGE- SAFEGE, Ville de Paris –Tome IX, décembre 1963.
- [2] Possibilités aquifères de la nappe de Montereau, BRGM, décembre 1964.
- [3] Possibilités aquifères des alluvions du val de Seine entre Nogent s/S et Montereau, BRGM, Ministère de l'industrie - Délégation générale au district de la région de Paris, Préfecture de la Seine, 1965 (DSGR 65 A 76).
- [4] Rapport BRGM 69 SGL 187 BDP
- [5] Etude complémentaire Montereau Amont – Nouveau programme de reconnaissance – Modifications apportées au rapport 69 SGL 187 BDP du 13 août 1969, G.R. Bassin de Paris.
- [6] Rapport BRGM 74 SGN 006 (complément d'étude précisant les épaisseurs d'alluvions exploitables)
- [7] Renforcement de l'alimentation en eau potable de la région de Provins – Actualisation des données sur la nappe de la Bassée, J. Campinchi, Ph. Morcx, Ph. Panet, BRGM, 80 SGN 804 IDF, novembre 1980, DDA de Seine-et-Marne
- [8] Rapports BRGM 81 IDF 004 et 81 IDF 054, DDA, (études bibliographiques en vue d'implanter des forages de reconnaissance pour le renforcement des syndicats « Chatenay-Egliny-Courcelles » et de Salins)
- [9] Actualisation des données hydrogéologiques de la nappe alluviale de la Seine (amont – Montereau) en vue de l'implantation de forages de reconnaissance, J. Campinchi, E. Goachet, SGN, 82 IDF 022, juin 1982.
- [10] Pour une mise en valeur coordonnée des richesses de la Bassée, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France, Région Ile de France, CG Seine-et-Marne, DDE Seine-et-Marne, Janvier 1991
- [11] Etude des caractéristiques hydrochimiques et hydrodynamiques du champ captant de la Grande Paroisse, Murielle Chabart, Mémoire de DEA Université Pierre et Marie Curie, Septembre 1991.
- [12] Convention 'Compatibilité eau et carrières entre l'Agence de l'Eau Seine-Normandie et l'Union régionale des industries de carrières et matériaux de construction d'Ile-de-France', Octobre 1993
- [13] Etude globale pour l'aménagement de la Bassée, IIBRBS, 2002
- [14] Système d'information géographique de la Bassée, IIBRBS, 2002
- [15] Etude de compatibilité de l'aménagement de la Bassée avec les ressources en eau – étude de définition, Sogreah, 2003
- [16] Etude de faisabilité – plans de conception des digues, Hydratec, 2004
- [17] Rapports des hydrogéologues agréés
 - Commune de Marolles-sur-Seine (Captage des barbeaux) : 6/07/1989

- Commune de Melz : 11/1978
- Commune de Noyen-sur-Seine : captage pour la commune P1 11/1978
- Commune de Noyen-sur-Seine : champ captant pour l'AEP de Provins : 01/1993
- Commune de Chatenay-sur-Seine : P3- zone inondable : 06/1987
- Commune de Balloy-Gravon : 05/1979
- Commune de Bazoches-les-Bray : 05/1998
- Commune de Jaulnes : 06/1978
- Commune de Hermé : 11/1978

[18] Etude globale pour l'aménagement de la Bassée, atlas cartographique, IIBRBS 2002

[19] Pour une mise en valeur coordonnée des richesses de la Bassée, 1991

[20] Atlas des zones inondées par les plus hautes eaux connues en région Ile de France, DRIRE, novembre 2001

9. ANNEXES