

INTRODUCTION

La commune de Digoin, souhaite réaliser un captage d'eau souterraine pour irriguer ses terrains de sport.

Le débit souhaité est de l'ordre de 20 m³/h, pour un prélèvement annuel de 15 000 m³. Le projet captera l'aquifère du « Calcaires et sables du bassin tertiaire roannais libres (FRGG046) » à la profondeur prévisionnelle de 80 mètres. Une implantation de forage est proposée, mais il est important de souligner que le risque d'échec semble important aux vues des conditions géologiques du site. En cas d'échec un autre forage sera fait sur une seconde implantation non-identifiée à ce jour.

D'après la Mission InterService de l'Eau et de l'Environnement de Saône-et-Loire, et conformément aux articles L214-1 à 11, et aux décrets associés établis ou non en Conseil d'Etat, le projet est soumis à déclaration en Préfecture pour la création d'ouvrages : rubrique 1.1.1.0. Cette déclaration nécessite l'établissement et l'envoi d'une notice d'incidence en Préfecture.

La commune de Digoin a confié à **HydroGéologues Conseil** la rédaction de cette notice d'incidence.

Les caractéristiques du futur ouvrage sont consignées dans la présente notice d'incidence qui aborde les points suivants :

- nom et adresse du demandeur ;
- emplacement des installations ;
- nature et consistance, volume et objet des ouvrages ;
- synthèse géologique, hydrogéologique et environnementale ;
- incidences de l'opération sur la ressource et le milieu naturel ;
- mesures compensatoires ou correctives, moyens de surveillance et d'intervention prévus ;
- plans, coupes techniques et coupes géologiques.

Dans ce rapport, le contexte géologique et le contexte hydrogéologique seront analysés, ce qui permettra de définir l'environnement et la vulnérabilité du site.

Une fois les travaux réalisés et les résultats interprétés, un compte rendu de travaux avec le dossier réglementaire préalable à l'exploitation du forage sera envoyé à la Préfecture.

1 IDENTIFICATION DU PROJET

Création d'un forage captant la nappe des Calcaires et sables du bassin tertiaire roannais libres

Rubrique 1.1.1.0 : Sondage, forage, y compris les essais de pompage, création de puits ou d'ouvrage souterrain, non destiné à un usage domestique, exécuté en vue de la recherche ou de la surveillance d'eaux souterraines ou en vue d'effectuer un prélèvement temporaire ou permanent dans les eaux souterraines, y compris dans les nappes d'accompagnement de cours d'eau

<p>Commune de Digoin N° SIRET : 217 101 765 00014</p>	<p>14, place de l'Hôtel de ville 71 160 DIGOIN</p>
<p>Mme Sylvie LIBION Responsable des espaces verts</p>	<p>Tel. : 06.20.28.82.70 Mail : slibion@ville-digoin.fr</p>

Département	Commune	Adresse	Désignation	N° BSS
Saône et Loire	Digoin	Les Alouettes	Projet F1	à attribuer

2 JUSTIFICATION DES BESOINS

Les alternatives au projet de forage de remplacement :

1. Prélèvement en rivière : le projet n'est pas situé à proximité immédiate d'une ressource en eau superficielle (800 m de la Loire). De plus, le prélèvement direct en rivière aurait des effets négatifs sur le milieu (habitats et espèces concernées par ce biotope ; régime hydraulique).
2. Retenue collinaire : incompatible avec le contexte urbain du projet.

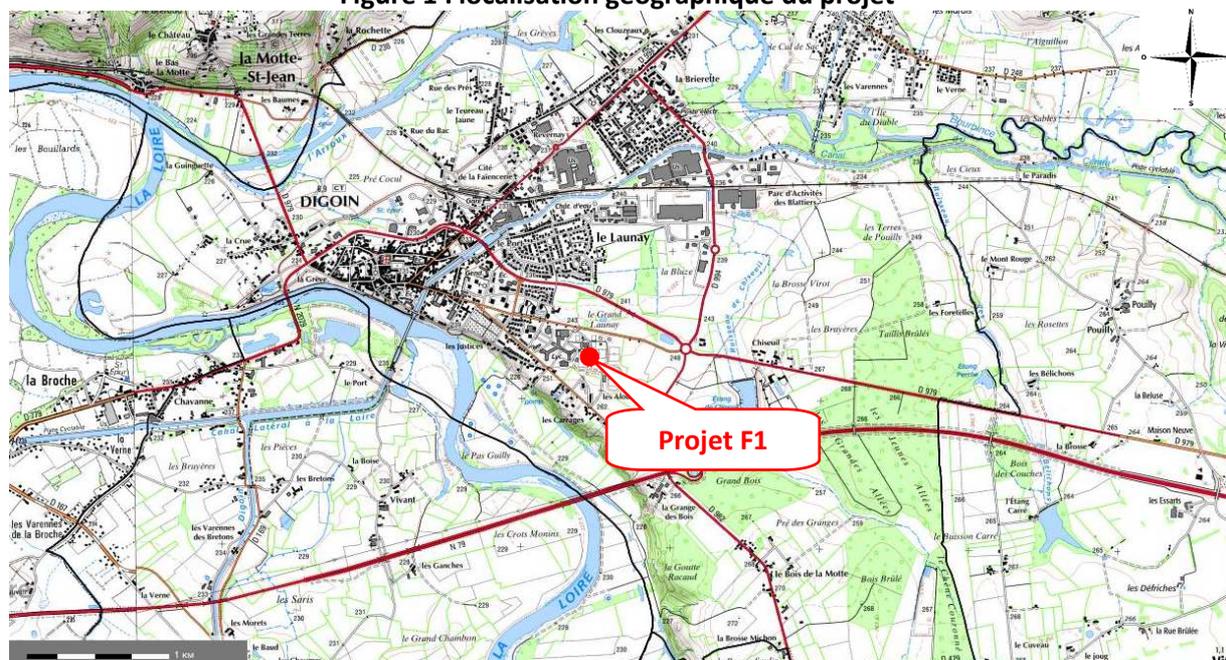
Le débit souhaité est de 20 m³/h pour un volume de 15 000 m³/an pour irriguer les terrains de sport.

3 SITUATION GEOGRAPHIQUE

3.1 LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE

Le site du projet F1 est localisé dans le département de la Saône et Loire sur la commune de Digoin au lieu-dit Les Alouettes (**document 1**). L'altitude la zone d'étude est d'environ + 316 mètres NGF.

Figure 1 : localisation géographique du projet



Une implantation a été retenue au droit du site, il s'agit du projet F1 qui sera réalisé et testé. En cas d'échec de celui-ci, le projet sera déplacé sur une seconde implantation non identifiée à ce jour.

En cas d'abandon d'un forage, celui-ci sera comblé dans les règles de l'art.

D'après le plan topographique (**figure 1**) et Infoterre (**document 2**), les coordonnées du site sont les suivantes :

Tableau 1: coordonnées géographiques prévisionnelles du projet

Ouvrage	Coordonnées Lambert 93		Altitude
	X (m)	Y (m)	Z (m NGF)
F1	776 456	6 597 744	+ 250

3.2 LOCALISATION CADASTRALE

D'après le cadastre et Géoportail (**documents 3**), les coordonnées cadastrales du projet sont les suivantes.

Figure 2 : vue aérienne et localisation cadastrale du projet

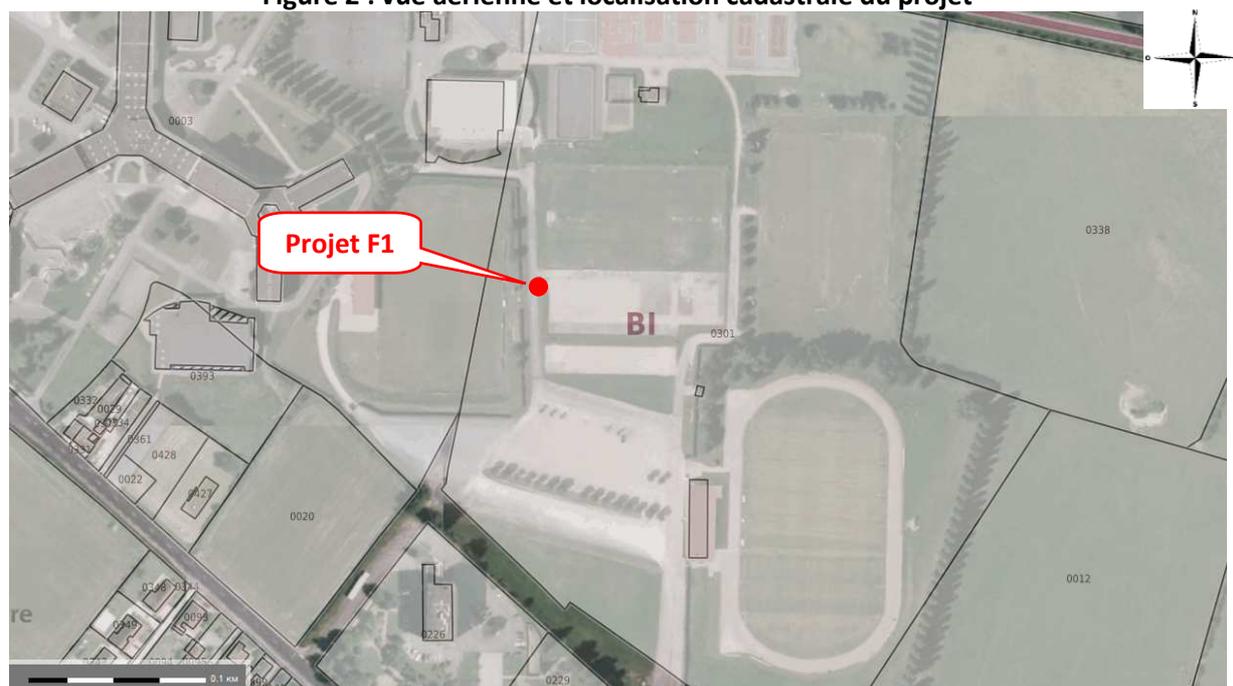
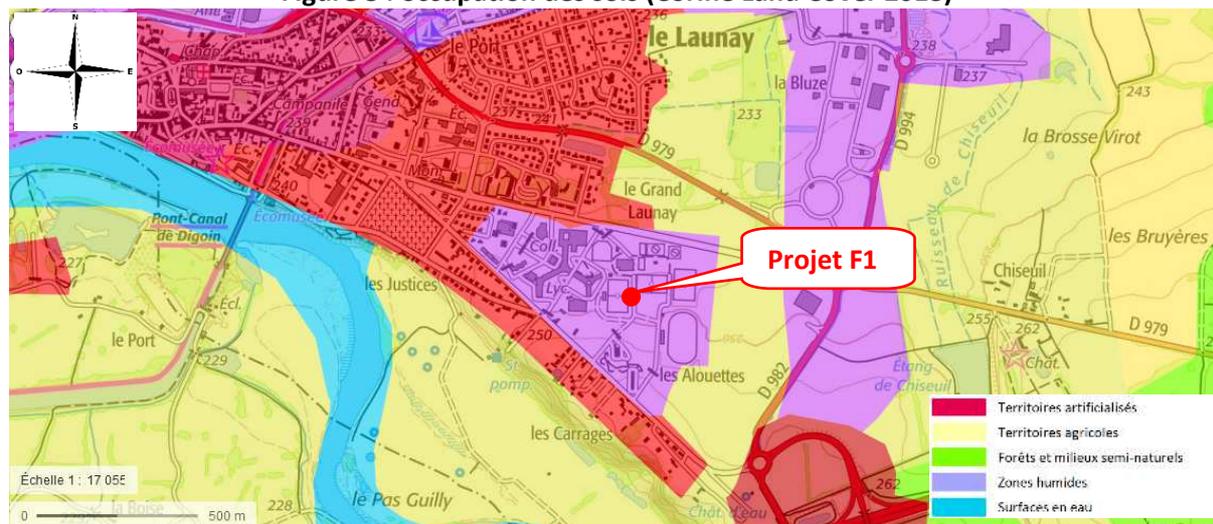


Tableau 2 : coordonnées cadastrales du projet

Ouvrages	Département	Commune	Section	Parcelle
F1	Saône-et-Loire (71)	Digoin	BI	301

Figure 8 : occupation des sols (Corine Land Cover 2018)



Le projet de forage est implanté en zone urbaine, à plus de 35 m des sources potentielles de pollution (assainissement domestique, stockages...).

8 CARACTÉRISTIQUES DE L'OUVRAGE

8.1 NAPPE SOLLICITÉE

La nappe de socle que l'on cherche à solliciter peut-être caractérisée par plusieurs paramètres :

- nappe libre ;
- niveau statique : 5 m ;
- débit spécifique : $2 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$ (estimé, en l'absence de données) ;
- transmissivité : $5.10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ (estimée) ;
- débit recherché : $20 \text{ m}^3/\text{h}$.

8.2 DIMENSIONNEMENT DE L'OUVRAGE

8.2.1 Principe de dimensionnement de l'ouvrage

Les caractéristiques techniques d'un ouvrage de captage sont déterminées en fonction du respect des paramètres hydrauliques suivants :

- **le rabattement** induit par le débit d'exploitation envisagé doit être compatible avec la hauteur d'aquifère mouillée disponible pour le rabattement ;

- **la vitesse de l'eau à l'entrée du filtre**, c'est à dire la vitesse au niveau du diamètre de foration, doit être inférieure à la vitesse de Sichardt définie à partir de la perméabilité des terrains et au-delà de laquelle il y a un risque d'entraînement des fines (venues de sable) ;
- **la vitesse de l'eau à travers les crépines**, c'est à dire la vitesse au niveau du diamètre de l'équipement, qui doit être dans la mesure du possible inférieure à une vitesse théorique de 3 cm/s pour limiter les risques de pertes de charge excessives (qui se traduisent par des rabattements et des charges plus importantes) limitant le débit d'exploitation ;
- **le diamètre de la pompe**, si celle-ci doit être placée dans la chambre de captage ;
- **la norme NF X 10-999**, relative à la réalisation, au suivi et abandon d'ouvrages de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages.

Bien entendu, ces caractéristiques, sont valides sous réserve de rencontrer au droit du site, les mêmes conditions géologiques et hydrogéologiques que celles observées dans le secteur étudié.

8.2.2 Forage de captage

La coupe technique (profondeur de l'ouvrage, diamètre de foration et d'équipement, longueur de crépines, slot...) sera adaptée en fonction des observations (lithologie, arrivées d'eau) qui pourraient être faites à la foration...

Le risque d'échec étant important, il est recommandé de réaliser en amont un sondage de reconnaissance au droit du site suivi d'un test de pompage et un profil au micromoulinet

Pour tenter de solliciter la nappe en pompage au débit de 20 m³/h, il est envisagé de réaliser un forage d'une profondeur de 80 m captant les formations tertiaires. La coupe prévisionnelle de ce forage est proposée en **figure 9**.

L'ouvrage sera foré jusqu'à 15 m en diamètre Ø 444 mm pour être équipé avec un tubage plein de diamètre Ø 323 mm cimenté à l'extrados du tubage.

L'ouvrage sera foré jusqu'à 80 m en diamètre Ø 311 mm pour être équipé :

- 0 à 25 m : tube plein Ø 200 mm ;
- 25 à 80 m : tube crépiné Ø 200 mm ;
- 80 m : bouchon de fond ;
- 80 m à la surface : massif filtrant à l'extrados de la crépine ;
- tête de puits et dalle de propreté.

Le matériau inox a une meilleure durée de vie, d'autant que les tubages peuvent être équipés avec des raccords vissés ou rapides (pas de soudure sur chantier qui altère les caractéristiques de l'inox ; ce type de raccord réduit le risque de corrosion).

Par ailleurs, les crépines déterminées pour ce projet sont de type fil enroulé. Cette conception réduit le risque de colmatage des crépines, les pertes de charge et permet des économies en énergie de pompage.

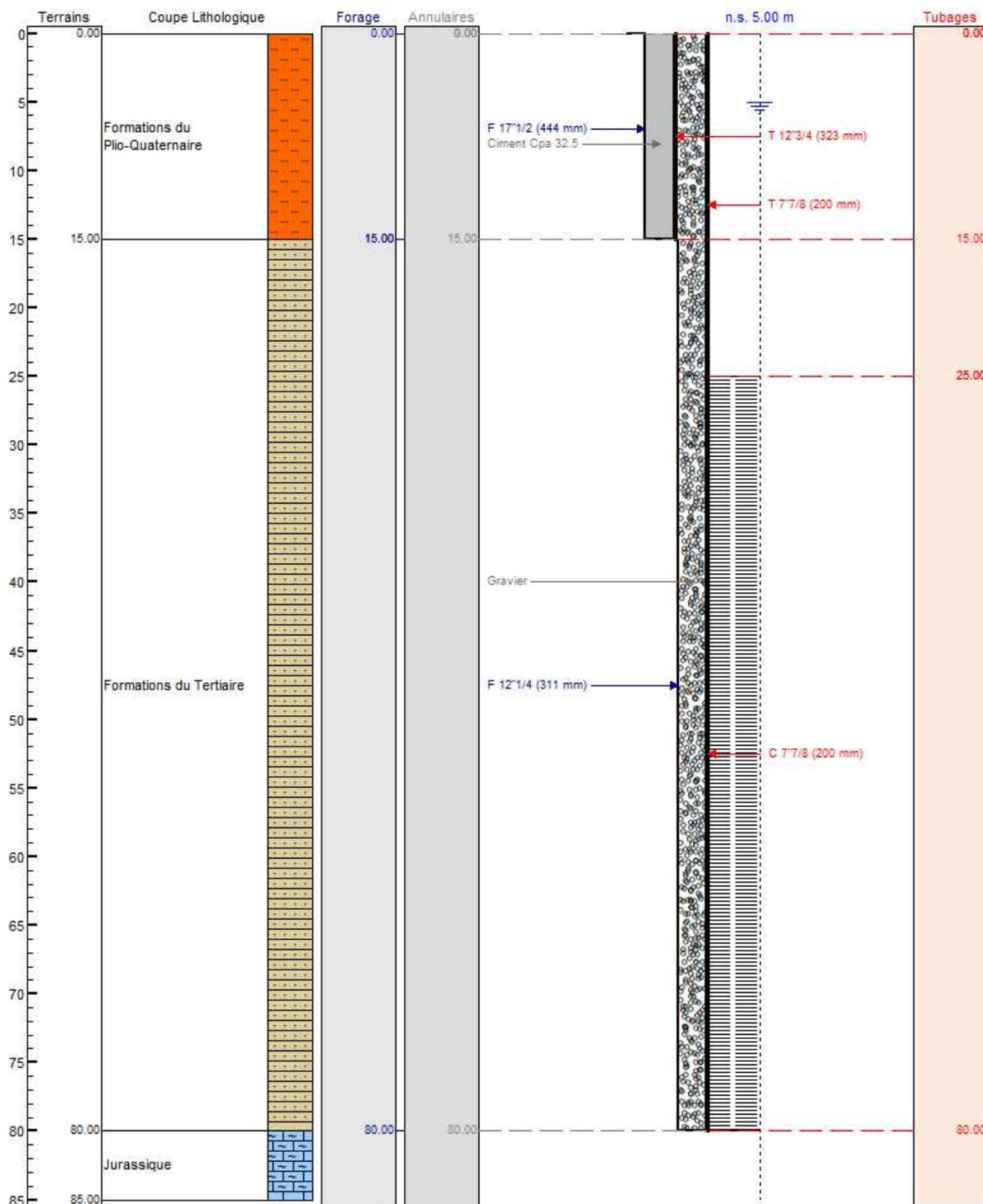
En exemple, pour un même diamètre (250 mm), une crépine PVC avec un slot de 1 mm présente un pourcentage de vide de 6 % et un débit max admissible de 6 m³/h/m alors que la crépine inox à fil enroulé avec un slot 1 mm présente des caractéristiques 4 à 5 fois supérieures avec un pourcentage de vide de 28 % et un débit max admissible de 24 m³/h/m.

Aussi, nous recommandons, pour ces différents arguments (meilleure longévité, économies d'énergie,...) **la mise en place de tubage inox**, et plus particulièrement pour la partie crépinée.

Le forage sera ensuite testé en pompage. Si les résultats obtenus ne couvrent pas la totalité des besoins (20 m³/h), le forage pourra faire l'objet de développement mécanique et chimique.

Le forage a été dimensionné pour une pompe 6" soit pour un débit compris entre 15 et 40 m³/h. Par ailleurs il est important de rappeler que plus les diamètres de foration et d'équipement du forage sont importants, plus la surface captante est élevée et donc la productivité de l'ouvrage meilleure.

Figure 9 : coupe prévisionnelle du forage



Bien entendu, ces caractéristiques, sont valides sous réserve de rencontrer au droit du site, les mêmes conditions géologiques et hydrogéologiques que celles observées dans le secteur étudié.

8.3 DÉVELOPPEMENT ET ESSAIS

La phase de développement de chaque forage commencera par un nettoyage à l'aide d'un émulseur air lift à double colonne, immédiatement après la pose de l'équipement, et sera poursuivi par pompages jusqu'à obtention d'une eau claire sans fines à la sortie du refoulement.

Sur l'ouvrage, un pompage par palier sera réalisé comprenant 4 paliers de 1 h non enchainés à débits croissants. En fonction des résultats obtenus, un pompage continu sera réalisé durant sur 24 heures au débit d'exploitation établi à partir du pompage par paliers. La remontée de la nappe sera suivie pendant au moins 12 heures. Lors de la réalisation de l'ensemble des essais, les niveaux d'eau seront relevés dans tous les ouvrages du dispositif et des ouvrages voisins (puits et piézomètres).

L'interprétation des pompages permettra de déterminer les caractéristiques hydrodynamiques du forage (débit spécifique, débit critique...) et de la nappe (transmissivité, perméabilité, coefficient d'emmagasinement si présence d'un piézomètre...) et ainsi d'évaluer l'incidence du prélèvement sur la ressource.

9 ÉQUIPEMENT DES OUVRAGES ET SURVEILLANCE

Il faut impérativement éviter toute surexploitation des forages car celle-ci pourrait entraîner l'apparition de phénomènes de colmatage (et/ou ensablement, risques de développement bactérien...).

Il y a lieu de préciser que, même en absence de surexploitation, tous les ouvrages de captage d'eau vieillissent. Lors de ce vieillissement, des phénomènes de colmatage peuvent apparaître progressivement, ils se traduisent toujours à terme par une réduction de débit d'exploitation de l'ouvrage ou une augmentation du rabattement (forage de captage).

Il est donc nécessaire de procéder régulièrement à des contrôles pour prévenir ces phénomènes de colmatage, Ainsi, une surveillance des paramètres suivants devrait-elle être organisée :

- suivi des niveaux d'eau à l'arrêt et en fonctionnement avec la mise en place d'un système permanent de mesure de niveau et/ou de pression dans chaque ouvrage,
- suivi du débit d'exploitation (installation et relevé d'un compteur volumétrique),
- suivi de l'aspect de l'eau (contrôle visuel et analytique),
- mesure de la surface intérieure des équipements des forages,
- mesure de la profondeur des ouvrages.

La mise en œuvre d'une gestion technique centralisée avec mesure des niveaux d'eau et du débit sur chaque ouvrage est nécessaire pour diagnostiquer en temps réel l'état de bon fonctionnement de l'ouvrage.

La surveillance des niveaux d'eau statique et dynamique, et du débit permettra de suivre l'évolution du débit spécifique et de déterminer s'il y a une baisse de production du forage.

La surveillance de la profondeur et de l'aspect de l'eau permettra de déterminer s'il y a un comblement et donc des venues de fines. Cette surveillance peut être éventuellement complétée par des diagnostics réguliers (inspection vidéo, pompages par paliers...) tous les 5 ans environ.

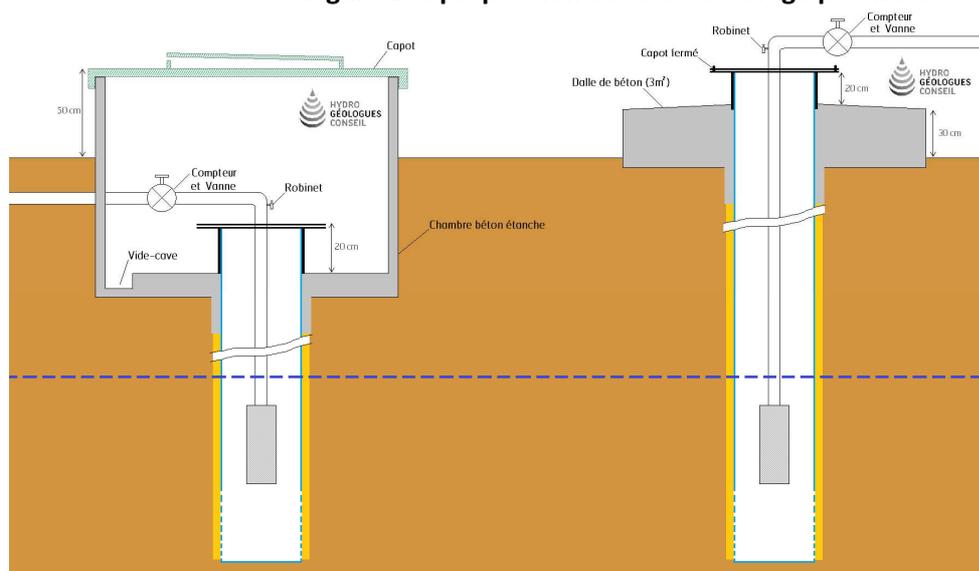
Les niveaux devront être pris par rapport à un repère unique et fixe dans le temps.

Par ailleurs, pour faciliter les manœuvres en cas de panne de la pompe d'exhaure et/ou en cas d'opérations de décolmatage, les forages restent accessibles aux engins de chantier (pas d'encombrement aux alentours de chaque site, tampon d'accès à la chambre de pompage aligné en face de chaque tête de forage) et il est fortement recommandé d'équiper la colonne d'exhaure avec des colonnes à raccords rapides et de disposer des pièces de rechange sur site (pompe, ressort ...). De plus, si un décolmatage s'avérait nécessaire, la période de non exploitation devra être mise à profit pour réaliser le traitement.

9.1 TÊTES D'OUVRAGE

La tête d'ouvrage sera fermée à un niveau de + 0,5 m / sol ou débouchera dans une chambre de pompage comme stipulé dans l'arrêté du 11 septembre 2003, La figure qui suit illustre les possibilités existantes :

Figure 10 : proposition de têtes de forage possibles



9.2 EQUIPEMENT DES OUVRAGES

Les paramètres suivis pour le bon fonctionnement du dispositif sont les suivants :

- le niveau de la nappe dans le forage de captage ;
- le débit de la pompe immergée.

9.2.1 Généralités

Qualité des eaux : un robinet de prélèvement doit être installé sur la conduite de pompage en sortie de puits (arrêté du 11 septembre 2003).

Compteur volumétrique : l'installation de chaque ouvrage doit être équipée d'un volume mètre qui permettra de déterminer le volume prélevé chaque année (arrêté du 11 septembre 2003) et de mesurer le débit d'exhaure pendant des phases d'essai.

Il est nécessaire de mettre en place un compteur volumétrique en sortie du forage de captage pour les relevés destinés aux services de la police de l'eau et de l'Agence de l'Eau.

Régulation des débits : en exploitation, la pompe doit être équipée d'un variateur de vitesse afin de limiter les à-coups de la pompe et les venues de fines à chaque démarrage.

Maintenance : en exploitation, un contrat de maintenance doit être mis en place pour la surveillance des forages (débit, rabattement) et pour l'entretien et la maintenance des pompes. L'entretien et la maintenance de ces forages se feront en fonction des besoins (colmatage...).

10 INCIDENCE DU PROJET

10.1 INCIDENCE SUR LES EAUX SOUTERRAINES

10.1.1 Incidence qualitative

Les moyens de protection prévus par le déclarant (protection étanche : tête de forage, cimentation annulaire) permettent de limiter les infiltrations d'eau dans l'ouvrage et d'offrir une certaine protection de la ressource en eau souterraine vis-à-vis des pollutions superficielles.

Dans ces conditions, la présence de ce nouveau forage ne devrait pas avoir d'influence négative sur la qualité chimique des eaux de la nappe. En outre, le respect des recommandations d'exploitation et l'entretien courant des installations permettront de limiter les incidences sur cette nappe, dont la qualité ne sera pas altérée.

10.1.2 Incidence quantitative

10.1.2.1 Prélèvement sur la nappe

Le pompage d'essai sera constitué d'un pompage par paliers de 4 x 1h au débit maximum de 25 m³/h et d'un pompage continu de 24 heures au débit de 20 m³/h, soit un volume maximum prélevé pendant les essais de 1 000 m³. Il permettra de valider les capacités de production du forage et de l'aquifère.

À terme, un volume annuel de 20 000 m³ sera prélevé dans la nappe.

10.1.2.2 Rayon d'action

Lors de l'exploitation du forage, on observera localement une baisse du niveau piézométrique de la nappe au droit et aux alentours du puits. L'influence de l'exploitation du forage sur la nappe détermine un cône de rabattement au droit duquel se crée une dépression de la nappe induite par le pompage.

L'extension horizontale de ce cône de rabattement ou de charge est calculée à partir de l'approximation logarithmique de JACOB :

$$s = \frac{0,183Q}{T} \log \frac{2,25Tt}{r^2S}$$

où :

s = rabattement de la nappe (en m) calculé à une distance d (en m) ;

Q = "débit maximum" égal à 20 m³/h ;

T = transmissivité égale à 5.10⁻⁴ m²/s (valeur estimée ; **document 6**) ;

S = coefficient d'emménagement égal à 1 % (**document 6**) ;

t = temps exprimé en secondes.

On considère ici que le rabattement induit au droit du forage de pompage est symétrique et théorique.

Le rayon d'action du forage est la zone à l'intérieur de laquelle l'influence du forage se manifeste. Au-delà de ce rayon, le rabattement ou la charge du(e) au forage est supposé nul(le). Le calcul du rayon d'action est déduit de l'équation de Jacob suivante :

$$R = 1,5\sqrt{(Tt/S)}$$

où :

t = temps égal exprimé en secondes ;

R = rayon d'action, c'est-à-dire la distance théorique à partir de laquelle le rabattement induit par le pompage devient nul (en m).

Le calcul théorique réalisé à l'aide de ces formules est valide pour un milieu homogène et isotrope et en l'absence d'alimentation de la nappe (en ce qui nous concerne, il s'agit d'un calcul sécuritaire).

Le résultat des calculs du rayon d'action du forage calculé à différents pas de temps est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 4 : cône de rabattement du forage au débit maximum de 20 m³/h

Rabattement de la nappe (en m)		Paramètres de calcul					Transmissivité = 5.10 ⁻⁴ m ² /s	
							Coefficient d'emménagement = 1 %	
							Débit d'exploitation = 20 m ³ /h	
		Distance 'd' par rapport au forage						Rayon d'action (en m)
		75 m	125 m	250 m	400 m	500 m	Ouvrage le plus proche BSS001PADG à 2730 m	
Temps de pompage	7 jours	2.20	1.30	0.07	-	-	-	261
	20 jours	3.13	2.23	1.00	0.17	-	-	441
	31 jours	3.52	2.61	1.39	0.56	0.16	-	549

Le rayon d'action estimé à partir des hypothèses posées par le calcul est d'environ 600 m pour un prélèvement continu sur 31 jours (hypothèse pessimiste et irréaliste : 20 m³/h pendant 31 jours non-stop). Aucun captage sollicitant la même nappe n'est recensé dans ce rayon d'action.

Tableau 5 cône de rabattement du forage au débit de 3 m³/h

Rabattement de la nappe (en m)		Paramètres de calcul					Transmissivité = 5.10-4 m ² /s		Rayon d'action (en m)
							Coefficient d'emménagement = 1%		
		Distance 'd' par rapport au forage					Débit d'exploitation = 3 m ³ /h		
		175 m	325 m	650 m	1000 m	1300 m	Ouvrage le plus proche BSS001PADG à 2730 m		
Temps de pompage	1 mois	0.30	0.14	-	-	-	-	544	
	3 mois	0.45	0.28	0.10	-	-	-	942	
	6 mois	0.54	0.37	0.19	0.08	0.01	-	1332	

Le rayon d'action estimé à partir des hypothèses posées par le calcul est d'environ 1300 m pour un prélèvement continu sur 6 mois (hypothèse pessimiste et irréaliste : 3 m³/h pendant 6 mois non-stop). Aucun captage sollicitant la même nappe n'est recensé dans ce rayon d'action.

Il s'ensuit que l'incidence quantitative du projet sur les ouvrages environnants est donc à considérer comme faible, notamment en raison de l'absence d'ouvrage captant cette même nappe dans un environnement proche.

Nota : il y a lieu de rappeler que l'étendue de ce cône de rabattement a été calculée pour une nappe au repos, de gradient nul, sans réalimentation et pour une exploitation continue au débit maximum.

Les rayons d'action et les rabattements réels seraient bien inférieurs à ceux qui sont calculés ci-dessus, à partir de calculs théoriques, compte tenu de l'alimentation de la nappe depuis l'amont hydraulique et par les précipitations et compte tenu de l'exploitation réelle des ouvrages.

10.2 INCIDENCE SUR LES EAUX SUPERFICIELLES

Cours d'eau et plans d'eau : d'après la carte IGN au 1/25 000^{ème} (**document 1**), la Loire est située à 800 m du projet. Elle est trop éloignée et trop puissante pour subir l'incidence de ce pompage.

Par ailleurs, l'ouvrage présentera une cimentation annulaire sur les 15 premiers mètres afin de limiter tout échange rapide avec les eaux superficielles.

Ruissellement : pendant la phase d'essai, l'eau pompée sera dirigée vers un fossé proche ou/et dispersée sur les terrains de sport. Pendant l'exploitation, l'eau étant destinée à l'irrigation le ruissellement sera minimisé au maximum.