



ÉTUDE DE FAISABILITÉ POUR L'INFILTRATION DES EFFLUENTS TRAITÉS DU BASSIN D'ARCACHON EN ZONE NORD

Tranche conditionnelle
Rapport V1


SAFEGE
Ingénieurs Conseils

AVANT PROPOS

Une « étude de préfaisabilité pour l'infiltration des effluents traités du Bassin d'Arcachon en zone nord » a été réalisée en octobre 2010 :

- ✓ analyse cartographique multicritères selon les thèmes suivants :
 - ◆ environnement,
 - ◆ géologie / hydrogéologie,
 - ◆ intégration,
 - ◆ patrimoine,
 - ◆ épaisseur déssaturée,
- ✓ identification et hiérarchisation de 9 sites potentiels ;
- ✓ pré-dimensionnement de l'unité d'infiltration :
 - ◆ surface d'infiltration 5 000 m² pour 10 000 m³/jour,
 - ◆ emprise totale des installations d'environ 15 000 m².

A la suite de cette première étude, le SIBA a confié à SAFEGE une étude de faisabilité sur la mise en œuvre d'un système d'infiltration d'une partie des effluents traités en zone nord. Les objectifs sont d'acquérir les éléments de réponse aux différents aspects du projet (techniques, fonciers, environnementaux...) et de permettre au SIBA de disposer des éléments de réflexion pour envisager une suite éventuelle (études pour la création d'une nouvelle unité de traitement).

L'étude de faisabilité se découpe en deux tranches :

- ✓ tranche ferme :
 - ◆ phase 1 : recherche et synthèse de secteurs favorables,
 - ◆ phase 2 : analyse des sites favorables à l'infiltration,
- ✓ tranche conditionnelle :
 - ◆ campagne de terrain d'un ou de deux sites sélectionnés,
 - ◆ analyses chimiques et biologiques de la nappe,
 - ◆ modélisation et dimensionnement des ouvrages projetés.

Le rapport final de phase 1 a été remis en mai 2011. Cette phase a notamment permis de :

- ✓ prendre en compte les aspects fonciers, urbanistiques et environnementaux ;
- ✓ réaliser une piézométrie de hautes eaux et préciser les conditions d'écoulement de la 1^{ère} nappe au droit des sites potentiels ;
- ✓ d'intégrer 2 nouveaux sites (10 et 11) ;
- ✓ de sélectionner pour la phase 2, les 3 sites les plus favorables : **sites 4, 10 et 11.**

Le rapport final de phase 2 a été remis en juin 2011. Cette phase a notamment permis de préciser le contexte au droit des 3 sites retenus :

- ✓ visite des sites par un docteur en biologie (spécialité écologie) avec rédaction d'une note de sensibilité écologique ;
- ✓ réalisation de 9 sondages à la tarière et essais de perméabilité pour préciser les conditions d'infiltration dans la zone déssaturée ;
- ✓ 18 sondages électriques pour préciser le contexte géologique ;
- ✓ sélectionner 1 site pour la tranche conditionnelle : **site 11.**

Le présent document est le rapport provisoire de tranche conditionnelle :

- ✓ campagne de terrain du site 11 ;
- ✓ analyses chimiques et biologiques de la nappe ;
- ✓ modélisation et dimensionnement des ouvrages projetés.

TABLE DES MATIÈRES

1 Campagne de terrain	11
1.1 Nivellement du site	11
1.2 Réalisation de piézomètres.....	11
1.3 Prélèvements d'échantillons et analyses en laboratoire	13
1.4 Essais de pompage	16
1.4.1 Protocole	16
1.4.2 Résultats	17
1.5 Campagnes piézométriques.....	20
1.6 Suivi en continu de la nappe	20
1.7 Campagnes piézométriques.....	22
2 Analyses chimiques et biologiques de la nappe	23
2.1 Synthèse bibliographique.....	23
2.2 Investigation de terrain	23
3 Modélisation hydrogéologique	26
3.1 Préambule	26
3.2 Construction du modèle.....	26
3.2.1 Géométrie du système.....	26
3.2.1.1 Extension et limites du modèle.....	26
3.2.1.2 Structure du modèle.....	28
3.2.2 Caractéristiques hydrodynamiques du modèle	29
3.2.3 Données de flux.....	30
3.2.3.1 Flux entrants	30
3.2.3.2 Flux sortants	31
3.3 Calage.....	31
3.3.1 Calage du modèle en régime permanent	31
3.3.2 Passage en régime transitoire.....	34
3.3.3 Épaisseur dessaturée de la nappe en période de hautes eaux	36
3.4 Simulations.....	38
3.4.1 Simulation 1 - infiltration de 10 000 m ³ /jour au niveau de la zone d'infiltration 11	38
3.4.1.1 Hypothèses	38
3.4.1.2 Résultats.....	39

3.4.2	Simulation 2 – infiltration de 4 000 m ³ /j au niveau de la zone d'infiltration n° 11	54
3.4.2.1	Hypothèses	54
3.4.2.2	Résultats.....	55
3.4.3	Simulation 3 – infiltration de 5 000 m ³ /j au nord de la zone d'infiltration n° 11 en limite communale	60
3.4.3.1	Hypothèses	60
3.4.3.2	Résultats.....	61
3.4.4	Simulation 4 – infiltration sur différents sites.....	67
3.4.4.1	Hypothèses	67
3.4.4.2	Résultats.....	68
3.5	Simulations complémentaires suite à la réunion du 31 mai 2012.....	72
3.5.1	Calage du modèle transitoire à un pas de temps mensuel	72
3.5.1.1	Campagne de hautes eaux	73
3.5.1.2	Campagne de basses eaux	75
3.5.1.3	Incidence sur les zones de résurgence	76
3.5.2	Simulation 5 – Infiltration de 5 000 m ³ /j de juin à septembre.....	79
3.5.2.1	Hypothèse.....	79
3.5.3	Simulation 6 – Infiltration de 10 000 m ³ /j de juin à septembre	87
3.5.3.1	Hypothèse.....	87
3.5.3.2	Résultats.....	87
3.5.4	Pouvoir de dilution de la nappe	95
3.5.4.1	Simulation 5 : Infiltration de 5000 m ³ /j.....	95
3.5.4.2	Simulation 6 : Infiltration de 10 000 m ³ /j.....	95
4	Conclusion	96

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Coordonnées des piézomètres en Lambert 93	11
Figure 2 : Étapes de réalisation des forages	12
Figure 3 : Échantillonnage des formations traversées	13
Figure 4 : Surface minimale nécessaire à l'infiltration en fonction de la conductivité hydraulique dans la zone dessaturée et du débit à infiltrer	15
Figure 5 : Essais de pompage sur F2.....	16
Figure 6 : Courbes de descente et de remontée sur F1.....	17
Figure 7 : Courbes de descente et de remontée sur F2.....	18
Figure 8 : Courbes de descente et de remontée sur F3.....	19
Figure 9 : Diagramme de PIPER.....	25
Figure 10 : Limites du modèle	28
Figure 11 : Répartition des champs de conductivité	32
Figure 12 : Piézométrie calculée par le modèle en hautes eaux.....	33
Figure 13 : Corrélation entre les cotes piézométriques calculées et observées en période de hautes eaux	34
Figure 14 : Piézométrie mesurée en période de basses eaux.....	35
Figure 15 : Corrélation entre les cotes piézométriques calculées et observées en période de basses eaux.....	36
Figure 16 : Localisation de la zone d'infiltration.....	38
Figure 17 : Cote piézométrique de la nappe à 0 jour	40
Figure 18 : Cotes piézométriques à 365 jours (1 an)	41
Figure 19 : Cote piézométrique à 3 650 jours (10 ans)	42
Figure 20 : Cote piézométrique à 7 300 jours (soit 20 ans)	43
Figure 21 : Évolution de la piézométrie au droit de la zone d'infiltration	44

Figure 22 : Propagation du panache à 1 jour.....	45
Figure 23 : Propagation du panache à 365 jours	46
Figure 24 : Propagation du panache à 3 650 jours (10 ans).....	47
Figure 25 : Propagation du panache à 7 300 jours (20 ans).....	48
Figure 26 : Évolution de la concentration au niveau de l'océan au droit de la zone d'étude	49
Figure 27 : Zones de résurgence à 0 jour d'infiltration en période de hautes eaux	50
Figure 28 : Épaisseurs dessaturées à 7 300 jours (en mètres).....	51
Figure 29 : Zones de résurgences zone 1 (20 ans)	52
Figure 30 : Zone de résurgences zone 2 (20 ans).....	52
Figure 31 : Zone de résurgences zone 3 (20 ans).....	53
Figure 32 : Évolution de la concentration au droit de la zone de résurgences...	54
Figure 33 : Modelé piézométrique de la nappe à 7 300 jours (20 ans).....	55
Figure 34 : Propagation du panache à 365 jours	56
Figure 35 : Propagation du panache à 7 300 jours	57
Figure 36 : Évolution de la concentration au niveau de l'océan au droit de la zone d'étude	58
Figure 37 : Zones de résurgence identifiées.....	59
Figure 38 : Localisation de la nouvelle zone d'infiltration.....	60
Figure 39 : Modelé piézométrique de la nappe à 7300 jours (20 ans).....	61
Figure 40 : Propagation du panache à 365 jours	62
Figure 41 : Propagation du panache à 7 300 jours	63
Figure 42 : Évolution de la concentration au niveau de l'océan au droit de la zone d'étude	64
Figure 43 : Évolution de la concentration en polluant au niveau de la plage	65
Figure 44 : Zones de résurgences identifiées	66
Figure 45 : Localisation des zones d'infiltration.....	67

Figure 46 : Modelé piézométrique de la nappe à 7 300 jours (20 ans).....	68
Figure 47 : Propagation du panache à 365 jours	69
Figure 48 : Propagation du panache à 7 300 jours	70
Figure 49 : Zones de résurgences identifiées	71
Figure 50 : Piézométrie mesurée en période de hautes eaux	73
Figure 51 : Corrélation entre les cotes piézométriques calculées et observées en période de hautes eaux	74
Figure 52 : Piézométrie mesurée en période de basses eaux.....	75
Figure 53 : Corrélation entre les cotes piézométriques calculées et observées en période de basses eaux	76
Figure 54 : Zones de résurgences en hautes eaux	77
Figure 55 : Zones de résurgences en basses eaux.....	78
Figure 56 : Localisation de la zone d'infiltration.....	79
Figure 57 : Modelé piézométrique de la nappe à 3 832 jours (10 ans et 6 mois) 80	80
Figure 58 : Propagation du panache à 1825 jours (5 ans).....	81
Figure 59 : Propagation du panache à 10950 jours (30 ans).....	82
Figure 60 : Évolution de la concentration au niveau de l'océan au droit de la zone d'étude	83
Figure 61 : Évolution de la concentration en polluant au niveau de la plage	84
Figure 62 : Zones de résurgences identifiées	85
Figure 63 : Zones de résurgences identifiées	86
Figure 64 : Localisation de la zone d'infiltration.....	87
Figure 65 : Modelé piézométrique de la nappe à 3 832 jours (10 ans et 6 mois) 88	88
Figure 66 : Propagation du panache à 365 jours	89
Figure 67 : Propagation du panache à 7 300 jours	90
Figure 68 : Évolution de la concentration au niveau de l'océan au droit de la zone d'étude	91
Figure 69 : Évolution de la concentration en polluant au niveau de la plage	92

Figure 70 : Zones de résurgences identifiées	93
---	-----------

Figure 71 : Zones de résurgences identifiées	94
---	-----------

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Conductivités hydrauliques (K) mesurées en laboratoire	14
Tableau 2 : Résultats des analyses physico-chimiques sur les eaux de nappe....	24
Tableau 3 : Bilan hydrique	30

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 Plan topographique

Annexe 2 Coupes géologiques et techniques

Annexe 3 Rapport GEOTEC

Annexe 4 Mesures piézométriques

Annexe 5 Rapport EUROFINS Environnement

1

Campagne de terrain

1.1 NIVELLEMENT DU SITE

Un levé topographique du site 11, pressenti pour l'infiltration, a été réalisé par la société ECARTIP en décembre 2011. Le plan topographique de la zone sur fond de photographie aérienne est présenté en annexe 1.

Il a été réalisé à la maille moyenne de 20 m x 20 m sur une surface totale de 12 hectares.

La topographie de la zone varie de 8 à 31 mNGF.

Les variations topographiques peuvent être brutales comme en témoigne la proximité des points hauts et bas.

La pente moyenne est de 6 % vers l'ouest (cf. coupe n° 6 en annexe 1).

1.2 RÉALISATION DE PIÉZOMÈTRES

Trois piézomètres ont été réalisés par la société ROQUEBERT, en décembre 2011 et janvier 2012 :

N°POINT	X	Y	Z dalle béton	Z tube métallique	profondeur	Z fond
	Lambert 93		mNGF	mNGF	m	mNGF
F1	366796,699	6420658,07	6,8	7,3	22	-15,2
F2	367174,05	6420702,11	27,3	27,7	45	-17,7
F3	367265,884	6420422,05	8,5	9,0	21	-12,5

(source : nivellement ECARTIP)

Figure 1 : Coordonnées des piézomètres en Lambert 93

Forage à la soupape	Vidage de la soupape
Tubes PVC pleins et crépinés	Accès à F2
Échantillonnage et coupe géologique	F2

Figure 2 : Étapes de réalisation des forages

Les coupes géologiques et techniques des ouvrages sont présentées en annexe 2. Les forages ont permis de :

- ✓ mettre en évidence l'homogénéité des formations à dominante sableuse ;
- ✓ vérifier l'absence de niveaux peu perméables ;
- ✓ mesurer et suivre dans le temps le niveau de la nappe au droit du site (et par déduction l'épaisseur dessaturée) ;
- ✓ faire des prélèvements de sol pour analyse granulométrique en laboratoire ;
- ✓ réaliser des essais de pompage pour définir les caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère ;
- ✓ faire des prélèvements pour analyses physico-chimiques des eaux souterraines.

Ces ouvrages pourront également être utilisés comme point de suivi du niveau et de la qualité des eaux souterraines dans le cas de la création d'une unité d'infiltration.

1.3 PRÉLÈVEMENTS D'ÉCHANTILLONS ET ANALYSES EN LABORATOIRE

La société de forage ROQUEBERT a levé les coupes géologiques de chantier et prélevé un échantillon par mètre et à chaque changement de faciès.



Figure 3 : Échantillonnage des formations traversées

SAFEGE a sélectionné 15 échantillons (1 par faciès) pour l'analyse en laboratoire géotechnique afin de définir :

- ✓ les courbes granulométriques de chaque échantillon ;
- ✓ des essais de perméabilité au moule proctor.

Les mesures en laboratoire ont été réalisées par la société GEOTEC dont le rapport est présenté en annexe 3.

Tableau 1 : Conductivités hydrauliques (K) mesurées en laboratoire

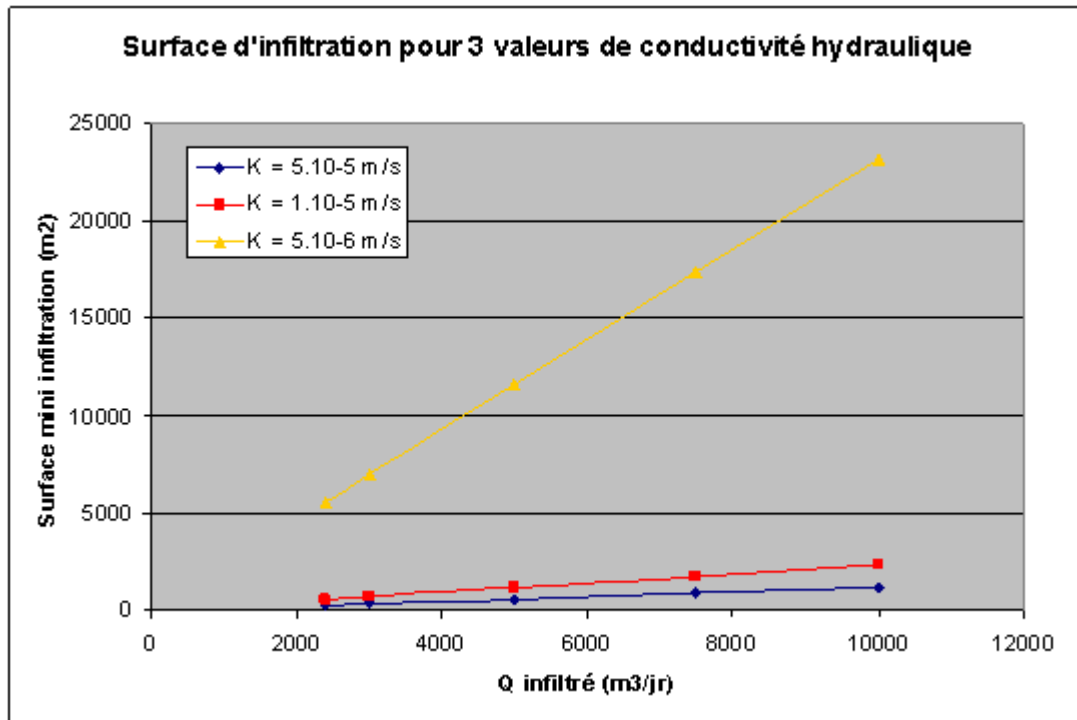
F1	profondeur	K (m/s)
Sable beige	0-4m	1,00E-04
Sable beige	4-10m	1,00E-05
Sable gris coquillier	10-17m	3,00E-05
Sable gris coquillier	17-19m	2,00E-04
Sable gris coquillier	19-22m	1,00E-04
F2	profondeur	K (m/s)
Sable beige	0-21m	1,00E-04
Sable beige	21-26m	5,00E-05
Sable gris	26-29m	1,00E-04
Sable gris à coquilles et lentilles vaseuses éparses	29-33m	1,00E-04
Sable gris coquillier	33-35m	8,00E-06
Sable gris coquillier	35-42m	4,00E-04
F3	profondeur	K (m/s)
Sable beige	0-5m	1,00E-04
Sable gris	5-8m	1,00E-04
Sable silteux gris	8-14m	7,00E-07
sable gris	14-21m	1,00E-05
Min		7,00E-07
Moy		9,39E-05
Max		4,00E-04

Les conductivités hydrauliques mesurées varient de 7.10^{-7} à 1.10^{-4} m/s (facteur 140).

Les conductivités hydrauliques les plus faibles sont observées au droit de F3 sur 6 mètres d'épaisseur, à l'amont hydrogéologique de la zone pressentie pour l'infiltration.

Les valeurs de conductivités hydrauliques sont plus homogènes sur F2, au droit de la zone pressentie pour l'infiltration, en particulier dans la zone dessaturée, où les coefficients varient de 1.10^{-4} m/s à 5.10^{-5} m/s. En retenant la valeur limitante de 5.10^{-5} m/s pour l'infiltration dans la zone dessaturée, les surfaces minimales nécessaires à l'infiltration des effluents traités sont :

- ✓ de 2 400 m² pour un volume de 10 000 m³/j ;
- ✓ de 1 200 m² pour un volume de 5 000 m³/j.



K (m/s)	Hauteur infiltrée (m/jr)	Q (m3/jr)	S (m2)
5,00E-05	4	2400	556
		3000	694
		5000	1157
		7500	1736
		10000	2315
1,00E-05	1	2400	2778
		3000	3472
		5000	5787
		7500	8681
		10000	11574
5,00E-06	0,4	2400	5556
		3000	6944
		5000	11574
		7500	17361
		10000	23148
7,00E-07	0,06	2400	39683
		3000	49603
		5000	82672
		7500	124008
		10000	165344

Figure 4 : Surface minimale nécessaire à l'infiltration en fonction de la conductivité hydraulique dans la zone dessaturée et du débit à infiltrer

Les surfaces d'infiltration seront calculées sur la base de ce résultat assorti d'un coefficient de sécurité, à définir notamment en fonction du débit à infiltrer et des contraintes d'exploitation (variabilité des débits à infiltrer, mode de rotation des bassins...).

1.4 ESSAIS DE POMPAGE

1.4.1 Protocole

Sur chaque piézomètre, un test de pompage a été réalisé à un débit de 45 m³/h (40 m³/h pour F2) et sur une durée de 8 heures :

- ✓ F1 le 11 janvier 2012 ;
- ✓ F2 le 22 décembre 2011 ;
- ✓ F3 le 9 janvier 2012.

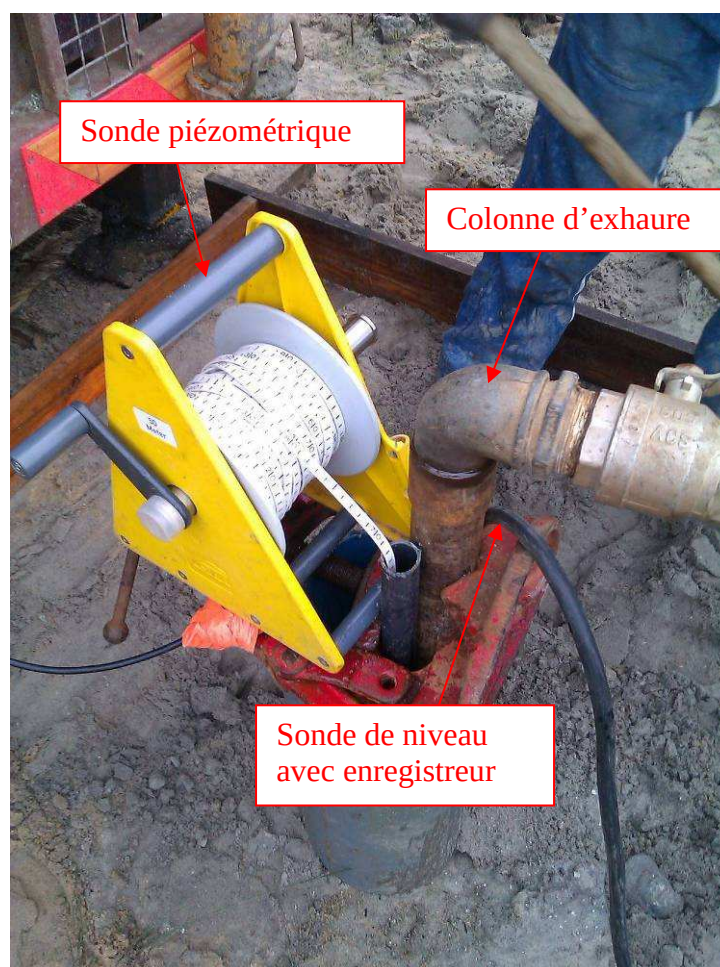


Figure 5 : Essais de pompage sur F2

1.4.2 Résultats

L'interprétation des courbes de descente et de remontée a été réalisée à partir des équations de Jacob.

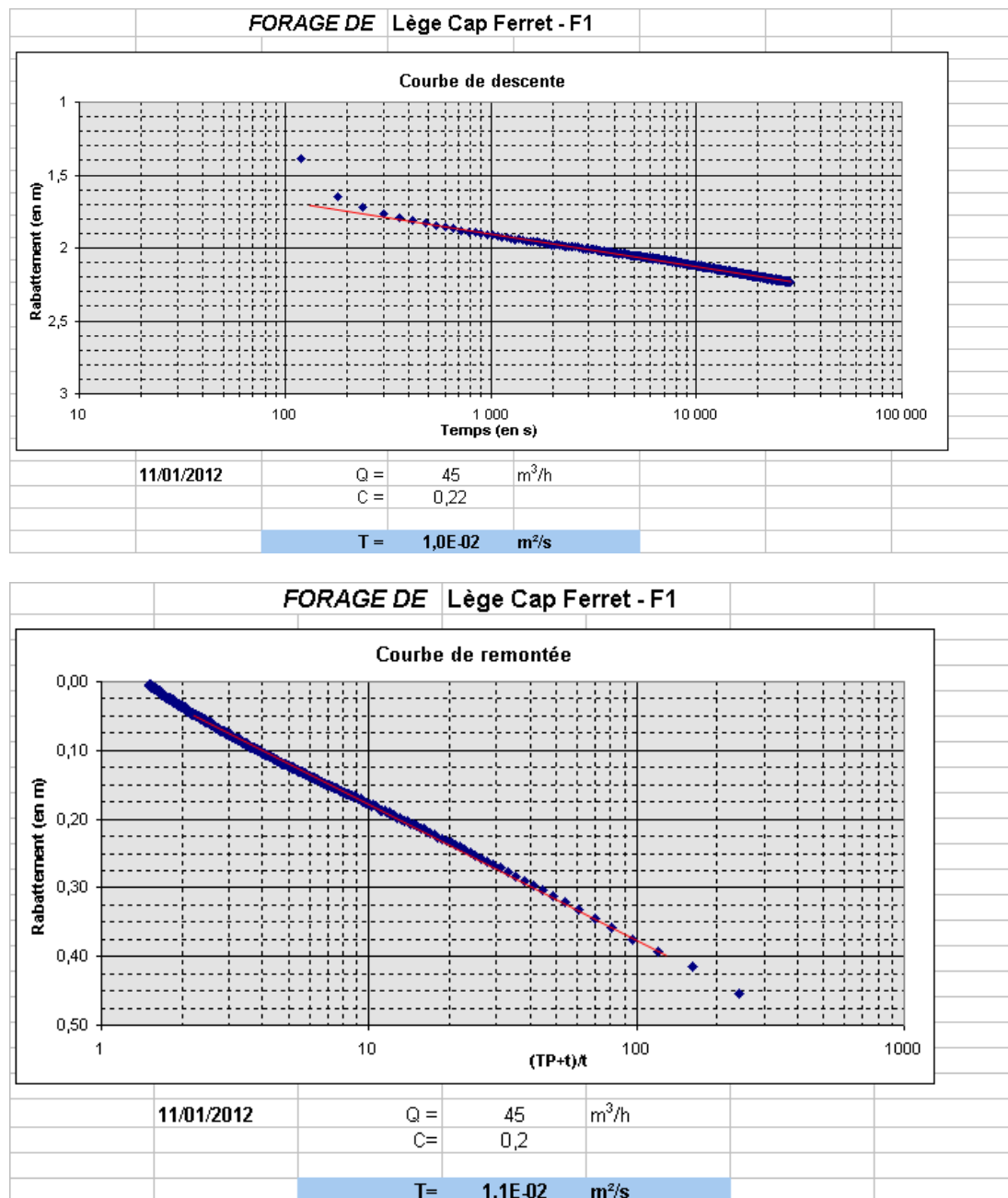


Figure 6 : Courbes de descente et de remontée sur F1

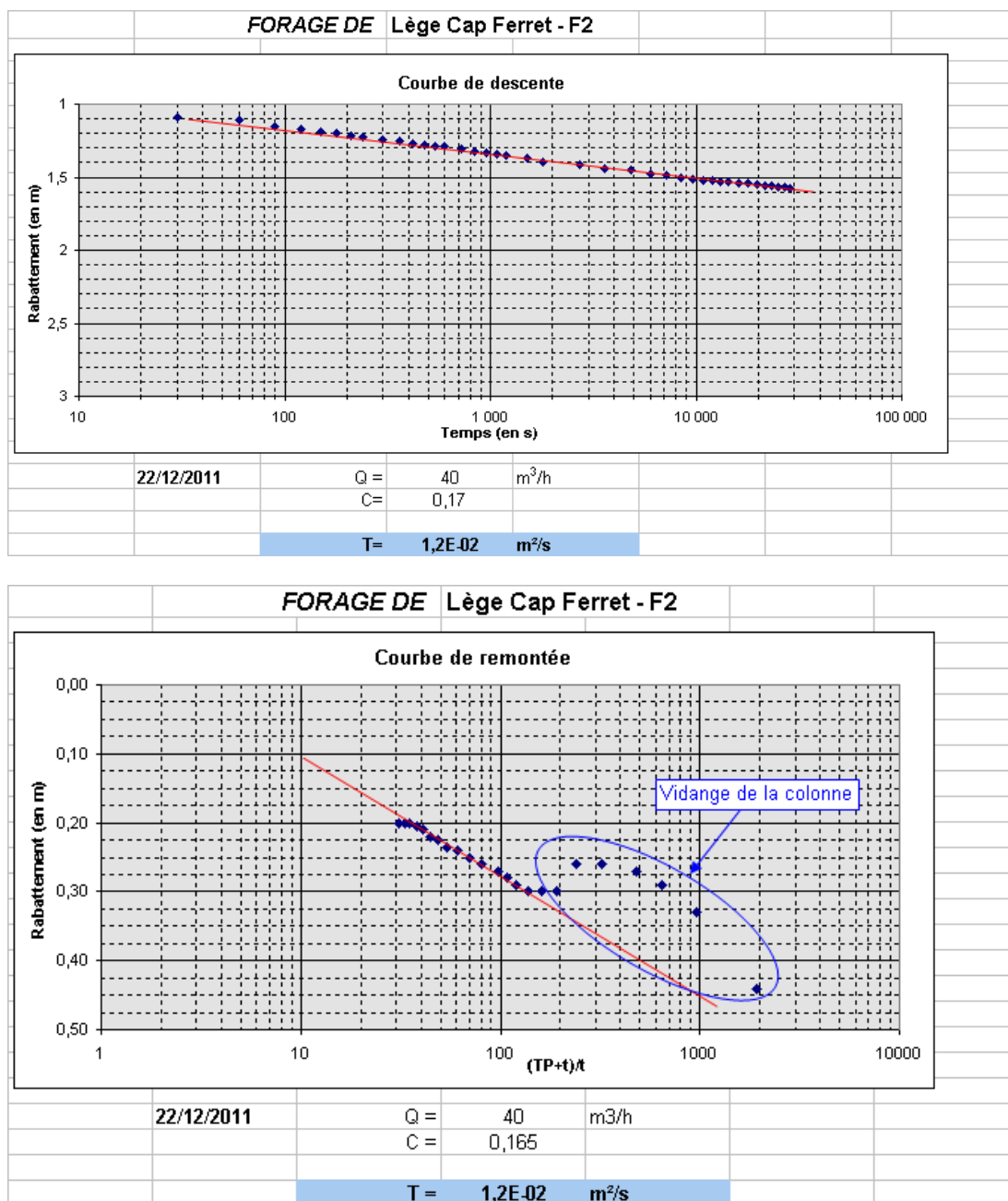


Figure 7 : Courbes de descente et de remontée sur F2

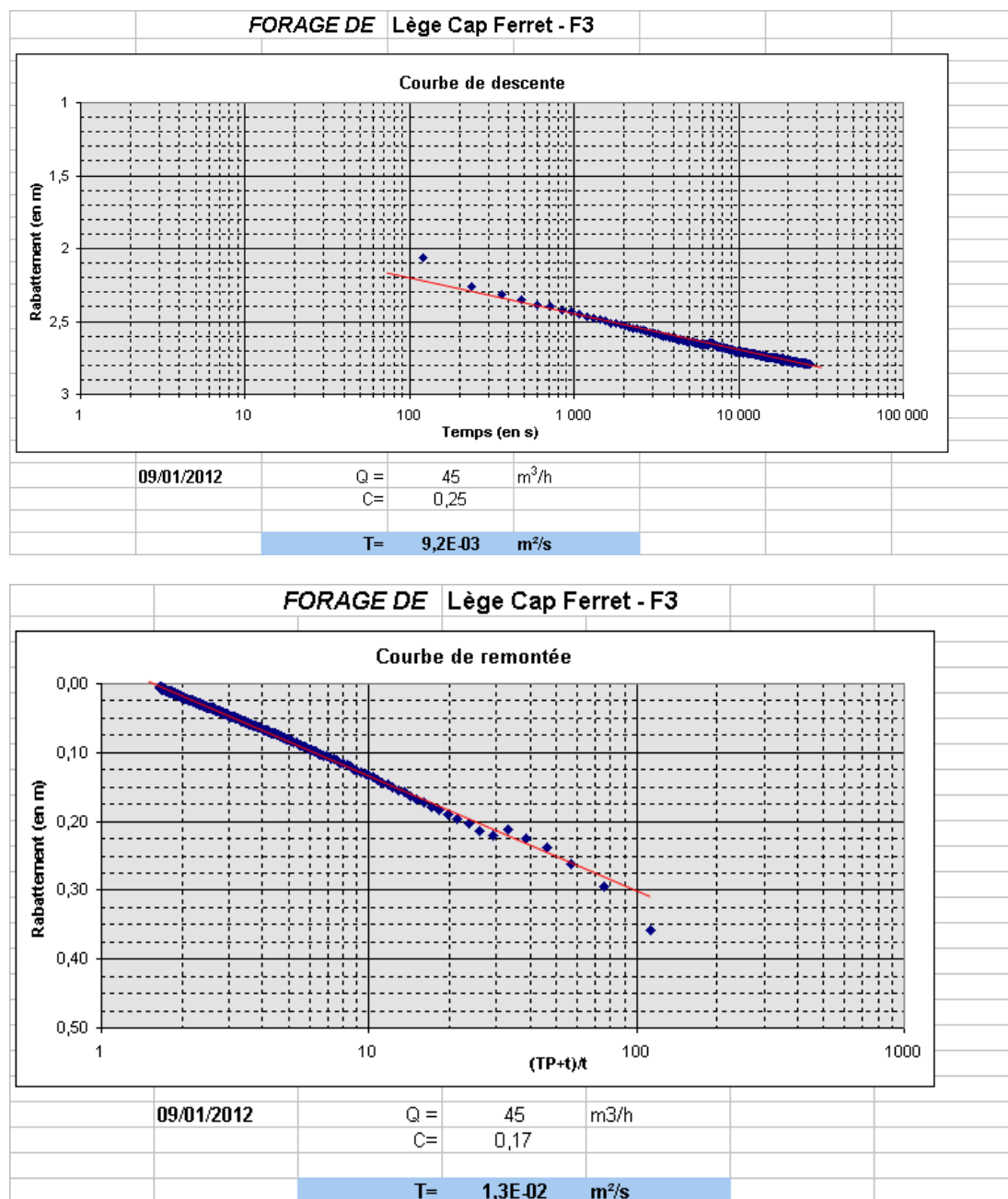


Figure 8 : Courbes de descente et de remontée sur F3

L'interprétation graphique permet de calculer la transmissivité T :

La transmissivité (m^2/s) d'un aquifère est le produit de la conductivité hydraulique du matériau aquifère par son épaisseur. La conductivité hydraulique d'un matériau (K en m/s) représente son aptitude à laisser circuler l'eau à travers lui.

Pompage	Interprétation	T (m ² /s)
F1	descente	1,0E-02
F1	remontée	1,1E-02
F2	descente	1,2E-02
F2	remontée	1,2E-02
F3	descente	9,2E-03
F3	remontée	1,3E-02
Min		9,2E-03
Moy		1,1E-02
Max		1,3E-02
Tmin/Tmax		68%

Ces valeurs témoignent d'une bonne productivité et homogénéité de l'aquifère.

L'aquifère testé se développe dans les formations sableuses du Plio-quaternaire. Le mur de l'aquifère est constitué par le toit du Miocène. L'épaisseur moyenne de l'aquifère au droit de la zone d'étude est de 50 m.

La conductivité hydraulique moyenne de l'aquifère peut donc être calculée :

$$K=T/e = 1,1.10^{-2} / 50 = \mathbf{2,2.10^{-4} \text{ m/s}}$$

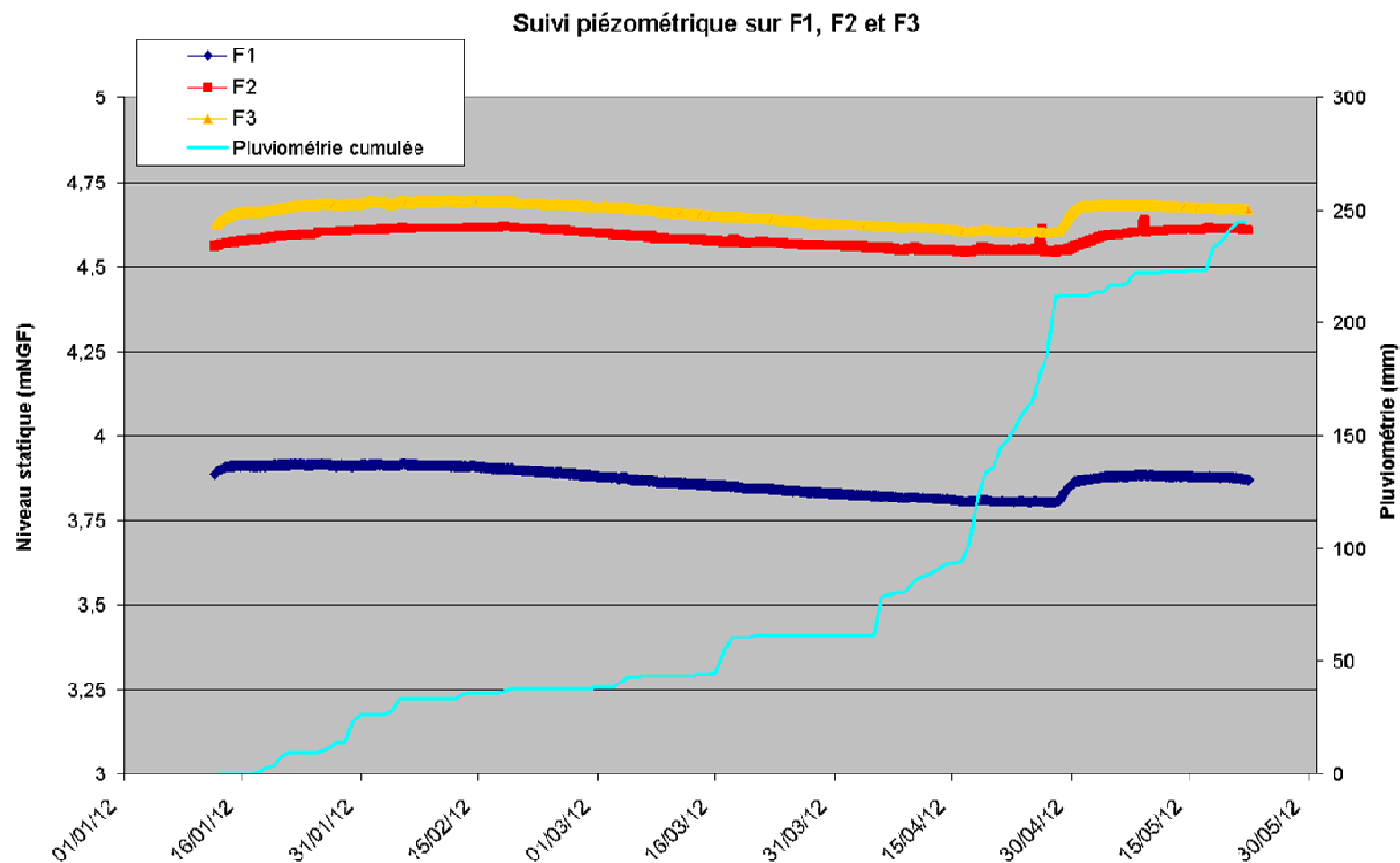
Les courbes de pompage ne mettent en évidence aucune limite d'alimentation de la nappe qui pourrait contraindre l'infiltration.

1.5 CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES

1.6 SUIVI EN CONTINU DE LA NAPPE

Le niveau piézométrique de la nappe Plio-quaternaire a été suivi en continu pendant plus de 4 mois, de début janvier à mi-mai 2012.

Le suivi a démarré plus tard que prévu, en raison des délais d'obtention des autorisations et des modalités techniques d'accès. Ce suivi a tout de même permis de caractériser la remontée des eaux de début 2012 et de définir le niveau de hautes eaux de 2012.



Le suivi met en évidence les faibles variations piézométriques sur les trois forages, malgré des épisodes pluvieux intenses (150 mm sur le mois d'avril à la station météorologique de Lège-Cap-Ferret) :

	F1	F2	F3
	NS	NS	NS
	mNGF	mNGF	mNGF
MIN	3,80	4,54	4,60
MOY	3,87	4,58	4,66
MAX	3,92	4,64	4,70
DELTA max	0,12	0,10	0,10

Cette bonne capacité d'emmagasinement de l'aquifère s'explique par une forte porosité dans le cas d'une nappe libre.

1.7 CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES

La nappe de surface est alimentée par infiltration des précipitations. Les études précédentes mettent en évidence deux secteurs séparés par le canal des étangs :

- ✓ à l'est du canal une nappe superficielle contenue dans les formations du Pléistocène (sable des landes, formation de Castets) qui s'écoule vers le sud-ouest en direction du canal et du Bassin d'Arcachon ;
- ✓ à l'ouest du canal une nappe superficielle contenue dans les sables dunaires. Elle est marquée par la présence d'un dôme piézométrique (ligne de séparation des écoulements) dont la crête est globalement orientée nord-sud. Elle est drainée par l'océan à l'ouest, et par le canal à l'est. On observe une diminution de la cote de la nappe vers le sud.

Dans le cadre de cette étude, 2 campagnes piézométriques ont été réalisées :

- ✓ une en basses eaux (novembre 2011) ;
- ✓ une en hautes eaux (avril 2012).

Le détail des mesures et les cartes piézométriques sont présentés en annexe 4 :

- ✓ la carte confirme les observations faites à partir des données bibliographiques ;
- ✓ les cotes piézométriques varient de 2 à 7 m à l'ouest du canal, elles sont de l'ordre de 9 m NGF à l'est ;
- ✓ le battement de la nappe entre hautes eaux et basses eaux est faible, il est de 0,2 m en moyenne sur l'ensemble des points mesurés ;
- ✓ entre le canal et le littoral, les gradients hydrauliques sont homogènes en hautes eaux et basses eaux. Ils sont de 1 ‰ vers l'ouest et de 2 à 5 ‰ vers l'est (drainage de la nappe par le canal).

2

Analyses chimiques et biologiques de la nappe

Les caractéristiques physico-chimiques de la nappe ont été définies sur la base de données bibliographique et suite aux prélèvements effectués dans les forages F1, F2 et F3.

2.1 SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) a effectué des investigations concernant les potentialités aquifères du Plio-Quaternaire de la région des Landes de Gascogne et du Médoc. D'après cette étude, parue en février, les analyses physico-chimiques mettent en évidence une qualité de l'eau relativement bonne.

La nappe présente toutefois des turbidités et des teneurs en fer et manganèse assez élevées, ainsi que des teneurs en ammonium et arsenic importantes sur la bordure littorale.

Par ailleurs, il ressort de cette étude que le contexte environnemental comme la proximité de l'océan ou l'agriculture influencent localement les caractéristiques physico-chimiques de la nappe.

2.2 INVESTIGATION DE TERRAIN

Dans le but de définir un état initial de la qualité des eaux au droit de la zone pressentie pour l'infiltration, 3 prélèvements ont été effectués les 9 et 11 janvier 2012 sur les forages F1, F2 et F3.

Les prélèvements ont été réalisés conformément à la norme Afnor FDT 90-523-3 relative au prélèvement d'échantillon d'eau souterraine.

Les échantillons ont ensuite été analysés par le laboratoire EUROFINS Environnement accrédité COFRAC (cf. résultats en annexe 5)

Le résultat des analyses sont synthétisés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Résultats des analyses physico-chimiques sur les eaux de nappe

Nature de l'essai	Analyse F1	Analyse F2	Analyse F3
Analyse physico - chimique			
DCO (mgO ₂ /l)	39	53	39
DBO ₅ (mgO ₂ /l)	0.5	1.1	2.7
MES (mg/l)	< 2	26	4
NTK (mgN/l)	3.15	0.8	1.55
NH ₄ ⁺ (mgNH ₄ ⁺ /l)	0.868	0.044	1.192
Phosphore total (mg/l)	0.29	0.27	0.32
COT (mg/l)	11.5	20.5	12.6
Chlorures (mg/l)	107	116	97.4
NO ₃ ⁻ (mgNO ₃ ⁻ /l)	0.443	1.196	0.443
NO ₂ (mgNO ₂ ⁻ /l)	<0.003	<0.003	0.013
Orthophosphates (mg/l)	0.53	0.47	0.66
Sulfates (mg/l)	14	23.7	13.4
Na (mg/l)	52.7	59.2	48.3
Mg (mg/l)	8.52	7.59	8.72
Ca (mg/l)	67.8	43.3	60.9
Dureté (d°f)	20.50	13.99	18.86
K (mg/l)	2.9	2.22	2.81
Fe (mg/l)	2.4	9.6	3.2
Mn (mg/l)	0.055	0.044	0.079
Analyse bactériologique			
Coliformes totaux (UFC/100ml)	1300	2200	1700
Escherichia coli (UFC/100ml)	0	10	320
Entérocoques (UFC/100ml)	<10	<10	40

De fortes teneurs en bactériologie, fer, manganèse et chlorures sont observées sur les 3 échantillons.

La nappe du Plio-quaternaire peut présenter localement de fortes teneurs en fer et manganèse, notamment à la faveur de la présence des sables verts.

Les concentrations en chlorures s'expliquent par la proximité du littoral.

Afin de visualiser le faciès géochimique des eaux, un diagramme de Piper a été réalisé ; il s'agit d'un mode de représentation triangulaire de la minéralisation des eaux par les ions majeurs (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻).

Les teneurs en ions HCO₃⁻ (hydrogénocarbonate) n'ont pas été analysées lors de la campagne de mesure ; elles ont donc été définies via la balance ionique.

Diagramme de Piper

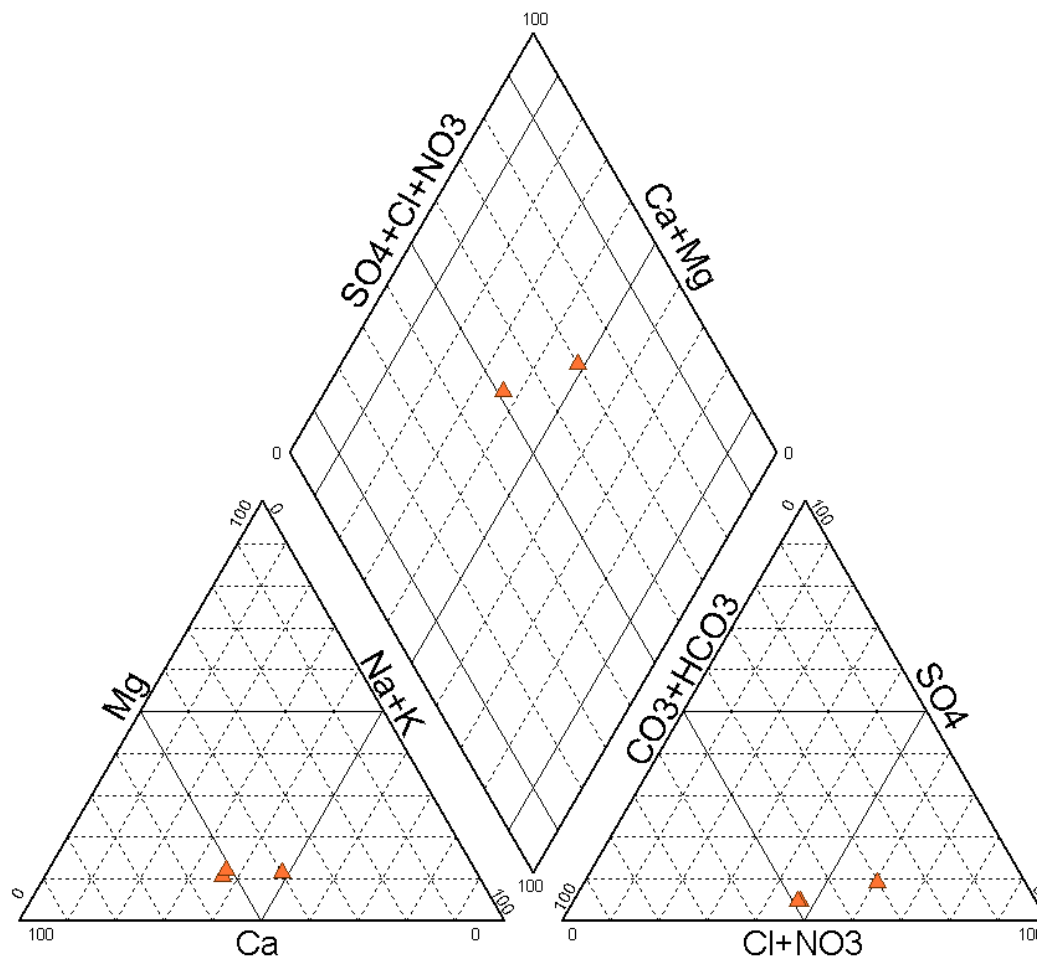


Figure 9 : Diagramme de PIPER

Les eaux ont un faciès géochimique relativement chloruré sulfaté calcique, homogène sur les 3 échantillons. On peut noter une légère distinction entre les forages F1 et F3 d'une part, et le forage F2 d'autre part avec un fond géochimique moins calcique.

3

Modélisation hydrogéologique

3.1 PRÉAMBULE

L'objectif de la modélisation est de déterminer l'impact quantitatif et qualitatif du projet d'infiltration sur les écoulements souterrains de la nappe Plio-quaternaire.

Cette modélisation présente les caractéristiques suivantes :

- ✓ modèle hydrodynamique et hydrodispersif ;
- ✓ régime permanent et pseudo-transitoire ;
- ✓ monocouche ;
- ✓ maille de 50 m x 50 m.

Le logiciel de modélisation utilisé pour cette étude est Modflow (version 4.3).

3.2 CONSTRUCTION DU MODÈLE

3.2.1 Géométrie du système

3.2.1.1 Extension et limites du modèle

Le modèle s'étend sur la commune de Lège Cap Ferret, au nord-ouest du Bassin d'Arcachon. Le territoire, constitué d'une alternance de dunes et de lèdes, est principalement occupé par la forêt de pins.

La fenêtre de calcul correspond à une surface rectangulaire d'une longueur de 9 km en X, d'ouest en est, et de 10 km en Y, du nord au sud. Elle couvre une surface de 90 km². Le maillage utilisé est un maillage de type écossais. En raison de l'étendue du modèle, celui-ci a été subdivisée en mailles carrées de 200 m de côté. Le maillage a ensuite été affiné localement en fonction de la topographie locale, des informations disponibles et de la précision recherchée. Ainsi, au droit des zones d'infiltrations, la maille du modèle est une maille carrée de 50 m de côté.

Une partie de ces mailles est rendue inactive afin de délimiter au mieux le système aquifère.

Dans cette fenêtre, les limites de la zone de calcul s'appuient sur des entités physiques et hydrogéologiques correspondant à un type de condition limite spécifique :

- ✓ limite est : limite à charge imposée variant de 5,5 mNGF au nord à 1 mNGF au sud correspondant au niveau du canal des étangs. Le Bassin d'Arcachon, situé au sud-est a été caractérisé par une limite à charge imposée de 0 mNGF.
- ✓ limite ouest : limite à charge imposée fixée à 0 mNGF correspondant au niveau de l'océan ;
- ✓ limites nord et sud : limites à flux nul perpendiculaires aux équipotentielles.

La zone ainsi définie s'appuie sur des conditions aux limites stables de type charge hydraulique imposée et flux nul. Elle est représentée sur la figure 10.

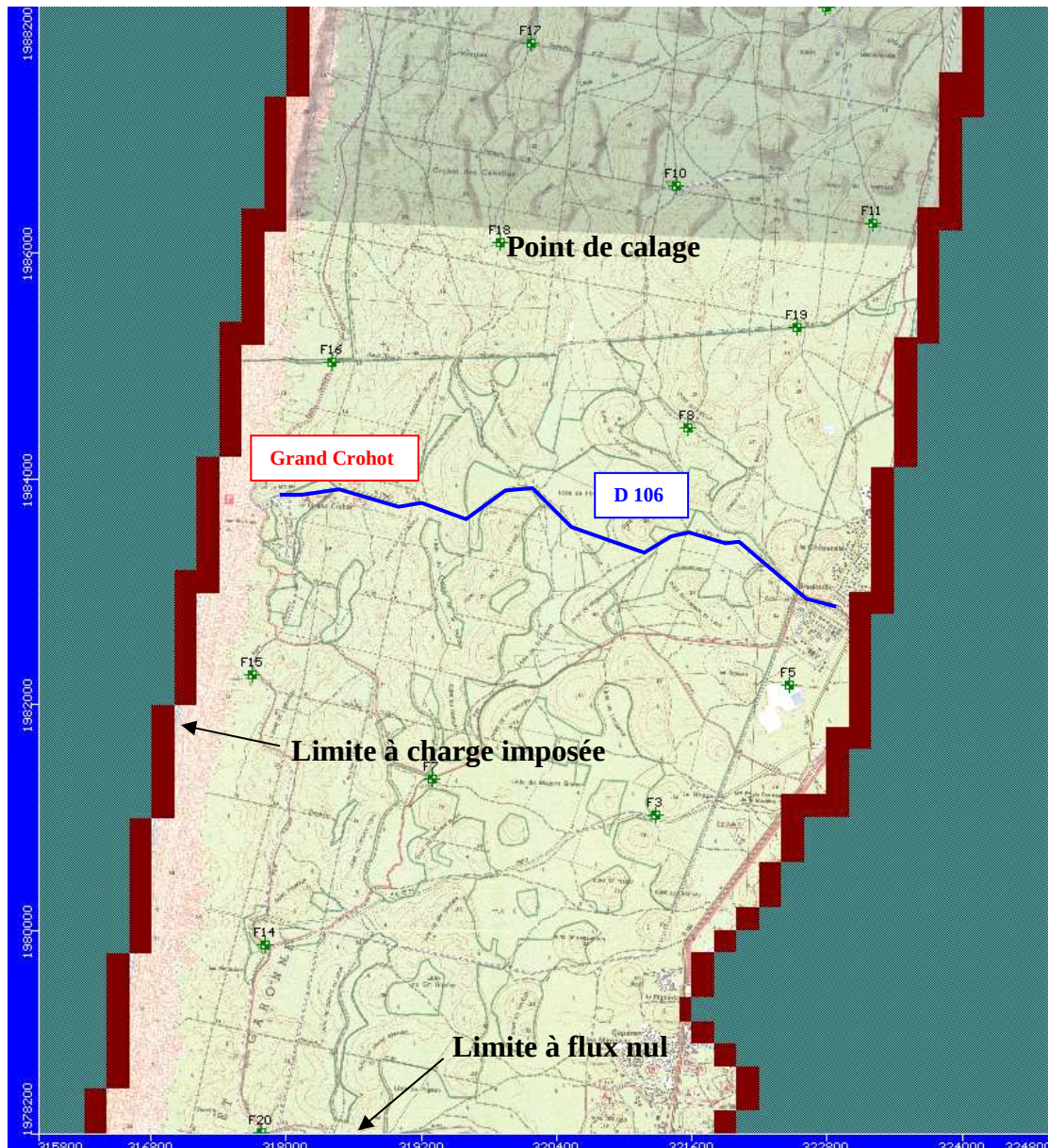


Figure 10 : Limites du modèle

3.2.1.2 Structure du modèle

A- Structure spatiale

La structure retenue est simple, le modèle ne comporte qu'une seule couche correspondant aux formations sableuses perméables du Plio-Quaternaire dans lesquelles se développe une nappe libre. L'épaisseur des formations varie de 40 à 70 m environ, d'après les coupes de forage du secteur. Le mur de l'aquifère est formé par les niveaux argilo-sableux faiblement perméables du Miocène. Aucun effet de drainance verticale avec les aquifères sous-jacents n'a été pris en compte.

Le toit de la couche correspond à la topographie naturelle. Le modelé topographique est marqué par la présence de lèdes et d'un cordon dunaire de direction nord/sud, dont l'altitude maximale dépasse 40 m NGF. Globalement, le relief diminue vers l'ouest en direction de l'océan et vers l'est en direction du canal des étangs et du Bassin d'Arcachon.

B- Structure temporelle

Le modèle fonctionne en régime pseudo transitoire. L'ensemble des paramètres physiques du modèle n'évolue pas au cours du temps, ils traduisent un état stabilisé.

Nous disposons de trois piézométries pour le calage du modèle :

- ✓ 2 piézométries de hautes eaux : avril 2011 et avril 2012 ;
- ✓ 1 piézométrie de basses eaux en novembre 2011.

Pour le calage du modèle en hautes eaux, c'est la piézométrie d'avril 2011 qui a été retenue. Elle a été, en effet, jugée comme la plus représentative.

3.2.2 Caractéristiques hydrodynamiques du modèle

Trois forages ont été créés au droit du secteur d'étude. Ils traversent la nappe sur une épaisseur minimale de 15 m. Il ne s'agit pas de puits parfaits. Un essai de pompage par ouvrage a été réalisé, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Ouvrage de pompage	Ouvrage de suivi ¹	Interprétation	T (m ² /s)	K (m/s) ²
F1	F1	descente	1.0E-02	2.0E-04
F1	F1	remontée	1.2E-02	2.4E-04
F2	F2	descente	1.2E-02	2.4E-04
F2	F2	remontée	1.2E-02	2.4E-04
F3	F3	descente	9.2E-03	1.8E-04
F3	F3	remontée	1.3E-02	2.6E-04
		Moyenne	1.1E-02	2.3E-04

La conductivité moyenne mesurée est de $2,3 \cdot 10^{-4}$ m/s. Cette valeur est conforme aux valeurs retrouvées dans la bibliographie.

Pour la porosité efficace et la porosité totale, nous avons utilisé les caractéristiques de l'aquifère du Plio-quaternaire définies par le BRGM dans le cadre de « l'étude des potentialités aquifères du Plio-quaternaire des Landes de Gascogne et du Médoc ».

¹ Pour chaque pompage, la transmissivité de l'aquifère a été mesurée au cours du pompage et lors de la remontée.

² Une épaisseur moyenne de 50 m a été prise en compte pour le calcul de la conductivité hydraulique K.

Ces données sont caractéristiques des sables dunaires :

Conductivité hydraulique K (m/s)	Porosité efficace ou emmagasinement en nappe libre	Porosité totale
$2.3 \cdot 10^{-4}$	17,5 %	37 %

3.2.3 Données de flux

3.2.3.1 Flux entrants

La recharge par infiltration des eaux de pluie a été évaluée à l'aide d'un bilan hydrique.

Les données moyennes de pluviométrie et de température de 1964 à 2009 de la station météo de Biscarrosse ont été utilisées. L'ETP a été calculée à partir de la formule de Thornthwait. Une RFU (réserve facilement utilisable par les plantes) de 60 mm a été utilisée compte tenu de la nature sableuse des terrains. Le coefficient de ruissellement retenu est nul. Les résultats du bilan hydrique sont présentés dans le tableau ci-après :

MOIS	TEMP (°C)	PLUIE (mm)	PLUIE(r) (mm)	ETP (mm)	ETRr (mm)	RFU (mm)	INF (mm)
jan	7.8	83.6	83.6	20.4	20.4	60.0	63.2
fev	8.5	70.1	70.1	30.2	30.2	60.0	39.9
mar	10.3	64.0	64.0	63.2	63.2	60.0	0.8
avr	12	67.2	67.2	91.6	91.6	35.6	0.0
mai	15.5	63.2	63.2	125.1	98.8	0.0	0.0
jui	18.3	50.0	50.0	142.3	50.0	0.0	0.0
jui	20.5	44.2	44.2	152.1	44.2	0.0	0.0
aou	20.8	57.7	57.7	132.0	57.7	0.0	0.0
sep	18.7	79.8	79.8	91.5	79.8	0.0	0.0
oct	15.6	83.0	83.0	54.6	54.6	28.4	0.0
nov	10.9	97.2	97.2	25.3	25.3	60.0	40.3
dec	8.2	87.8	87.8	19.4	19.4	60.0	68.4
	13.9	847.8	847.8	947.7	635.2		212.6

Tableau 3 : Bilan hydrique

La recharge annuelle moyenne est donc estimée à 210 mm.

3.2.3.2 Flux sortants

Nous ne disposons d'aucune donnée quantitative sur les prélèvements dans la nappe superficielle sur le secteur d'étude. Quelques forages DFCI ont été recensés lors de nos campagnes piézométriques. Ces ouvrages sont utilisés ponctuellement en cas d'incendie. Par conséquent, nous avons considéré que les prélèvements étaient négligeables sur le secteur d'étude.

3.3 CALAGE

3.3.1 Calage du modèle en régime permanent

Le calage du modèle s'effectue en procédant par étapes successives portant sur la distribution des paramètres hydrauliques et la comparaison entre valeurs calculées et mesures de terrain.

Le calage en régime permanent a été réalisé sur la base de la piézométrie de hautes eaux de l'année 2011 (avril). Les champs de conductivité hydraulique ont été ajustés afin de corrélérer la piézométrie calculée à la piézométrie observée. Les valeurs de perméabilité varient de $3.6 \cdot 10^{-4}$ à $2 \cdot 10^{-5}$ m/s, elles sont conformes aux données existantes et confirment que le modèle représente correctement le système aquifère. La répartition des plages de conductivité est présentée sur la figure page suivante.

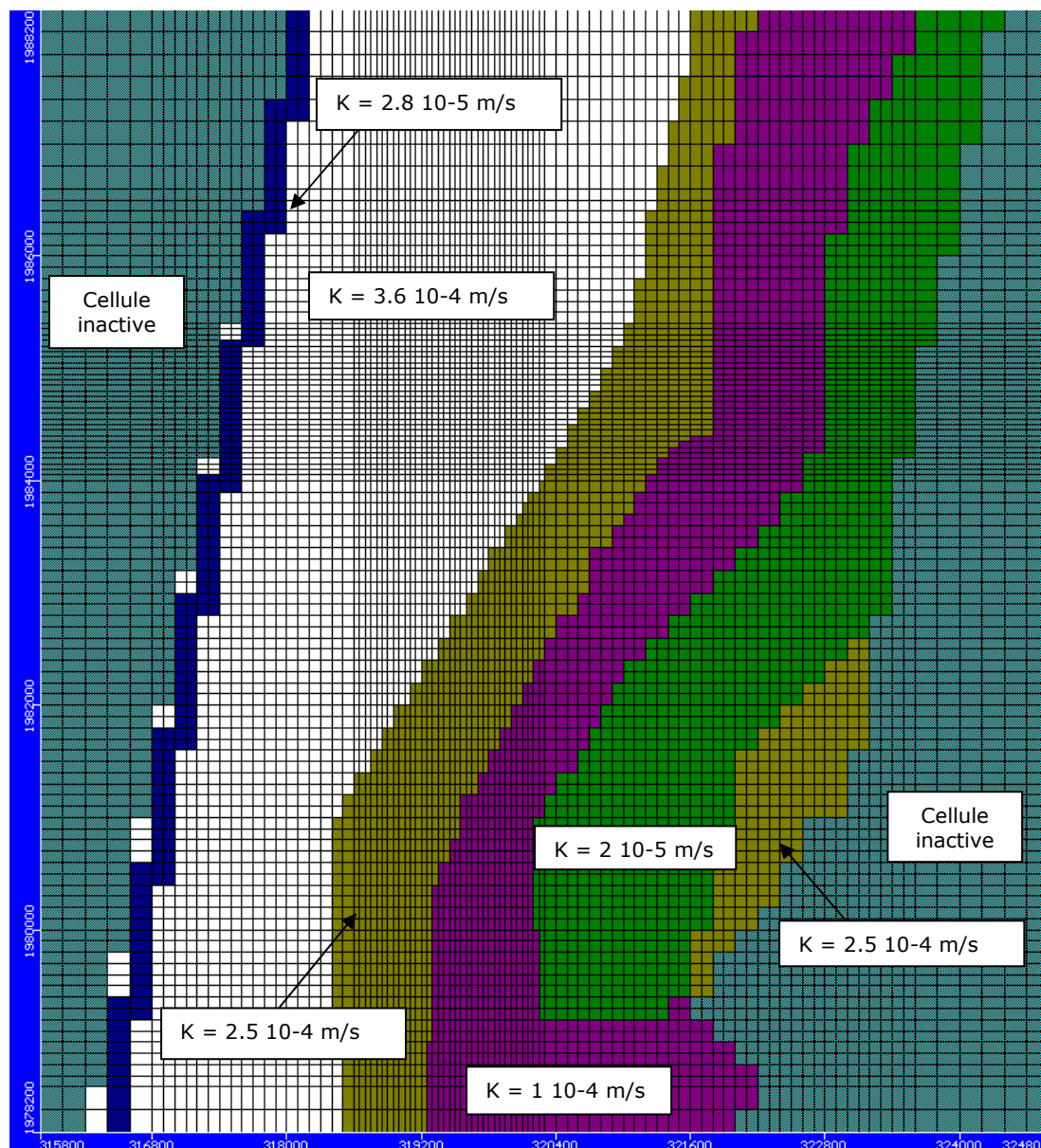


Figure 11 : Répartition des champs de conductivité

La piézométrie calculée est présentée sur la figure ci-dessous. Le modèle piézométrique ainsi que la direction d'écoulement sont conformes à la piézométrie observée. Une crête piézométrique de direction nord/sud se développe au droit du cordon dunaire. Elle correspond à une ligne de partage des eaux souterraines. De part et d'autre de cette crête, les écoulements sont divergents : ils s'effectuent en direction de l'océan et du canal des étangs.

Au sud du modèle, le dôme piézométrique a tendance à se refermer conformément aux observations réalisées lors des campagnes piézométriques.

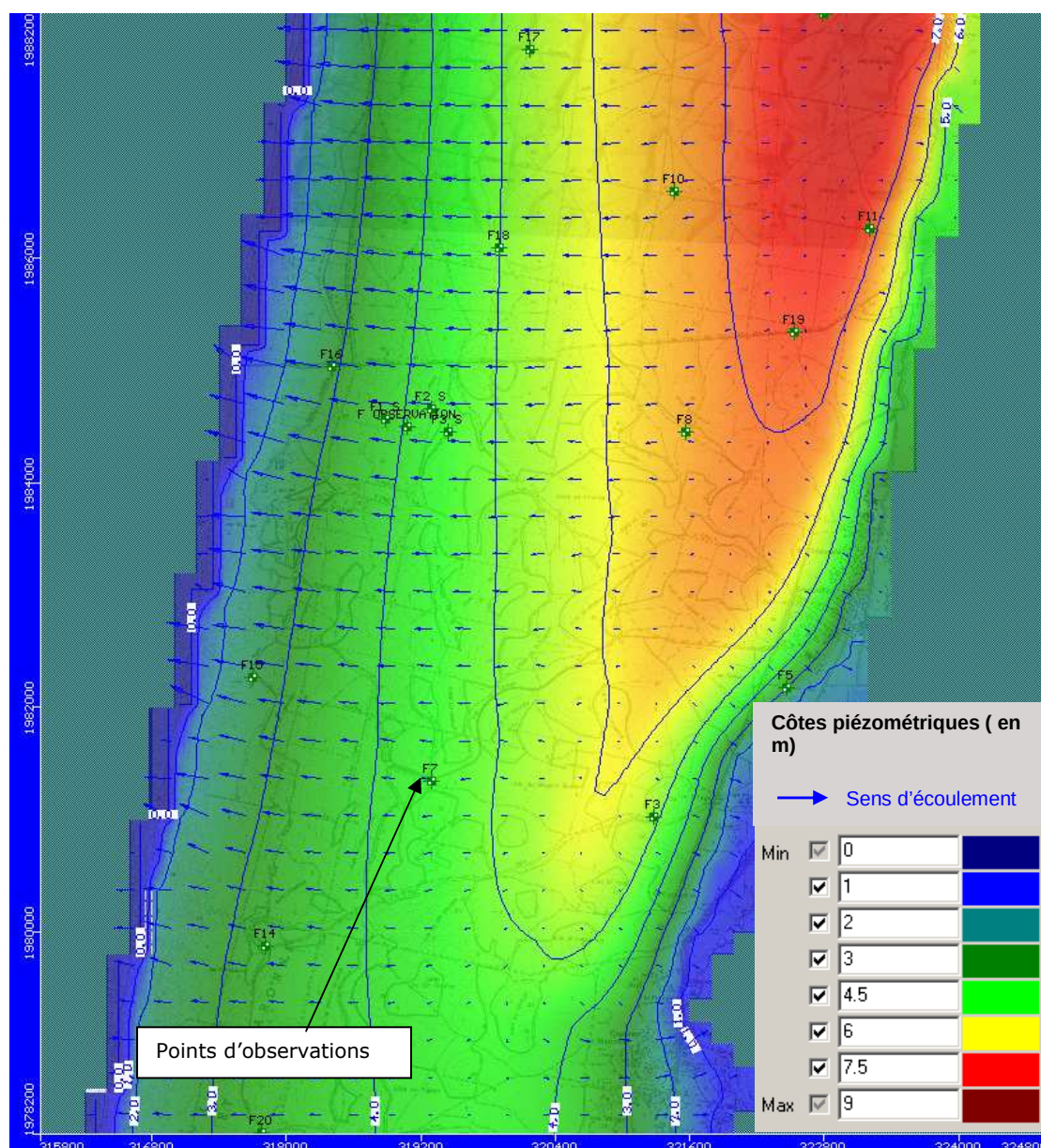


Figure 12 : Piézométrie calculée par le modèle en hautes eaux

Les niveaux piézométriques mesurés en avril 2011 ont été comparés aux valeurs calculées par le modèle.

Le graphique suivant montre la corrélation entre la piézométrie calculée et mesurée. Le coefficient de corrélation atteint 0,97 ce qui est satisfaisant. Les différences entre les cotes piézométriques mesurées et calculées sont faibles :

- ✓ l'écart moyen est de 0,47 m ;
- ✓ l'écart maximal est de 1 m.

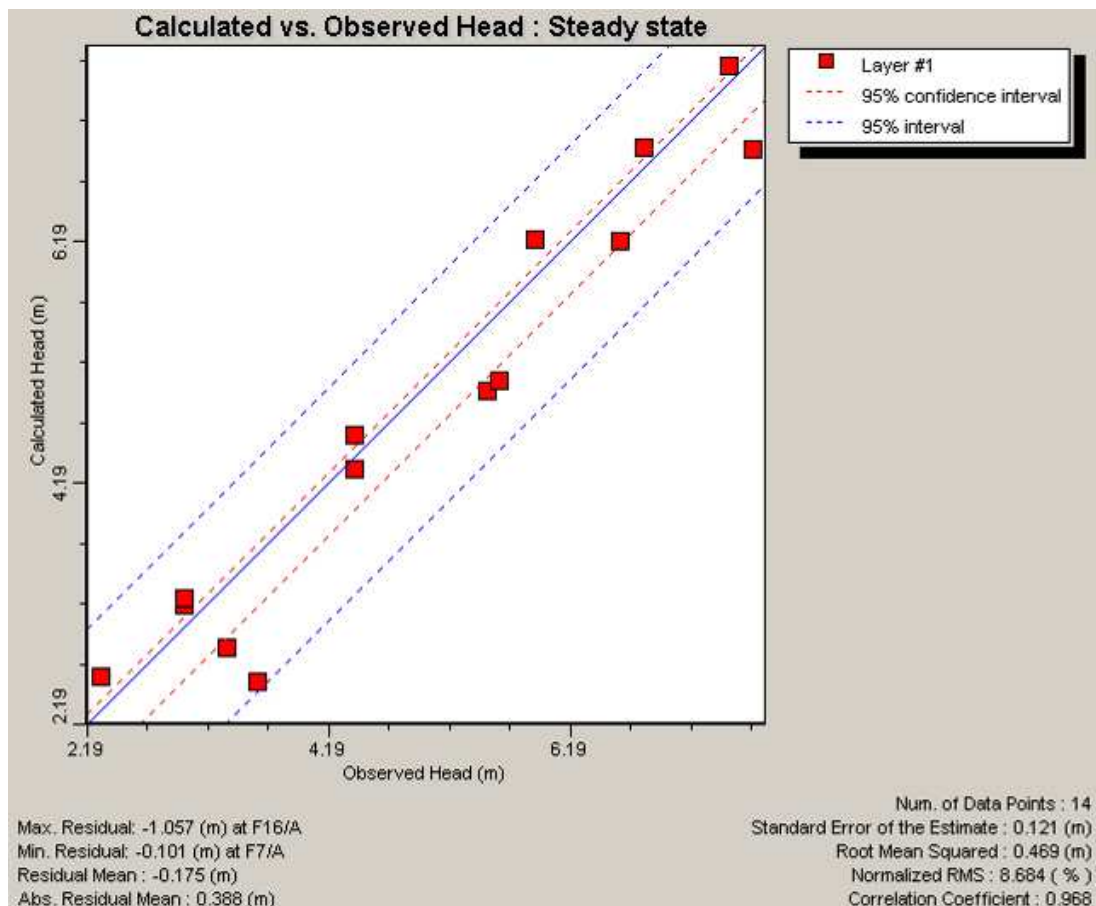


Figure 13 : Corrélation entre les cotes piézométriques calculées et observées en période de hautes eaux

3.3.2 Passage en régime transitoire

Afin de s'assurer du bon fonctionnement du modèle, une vérification du calage des points en période de basses eaux a été effectuée.

Deux « Time Step » (période) ont été définies au cours de l'année avec une saison sèche (mai à octobre) et une période pluvieuse (novembre à avril).

D'après le bilan hydrique réalisé précédemment, il apparaît que la totalité de la recharge s'effectue entre novembre et avril.

La piézométrie calculée est présentée sur la figure ci-dessous. Le modelé piézométrique ainsi que la direction d'écoulement sont similaires à ceux observés en période de hautes eaux.

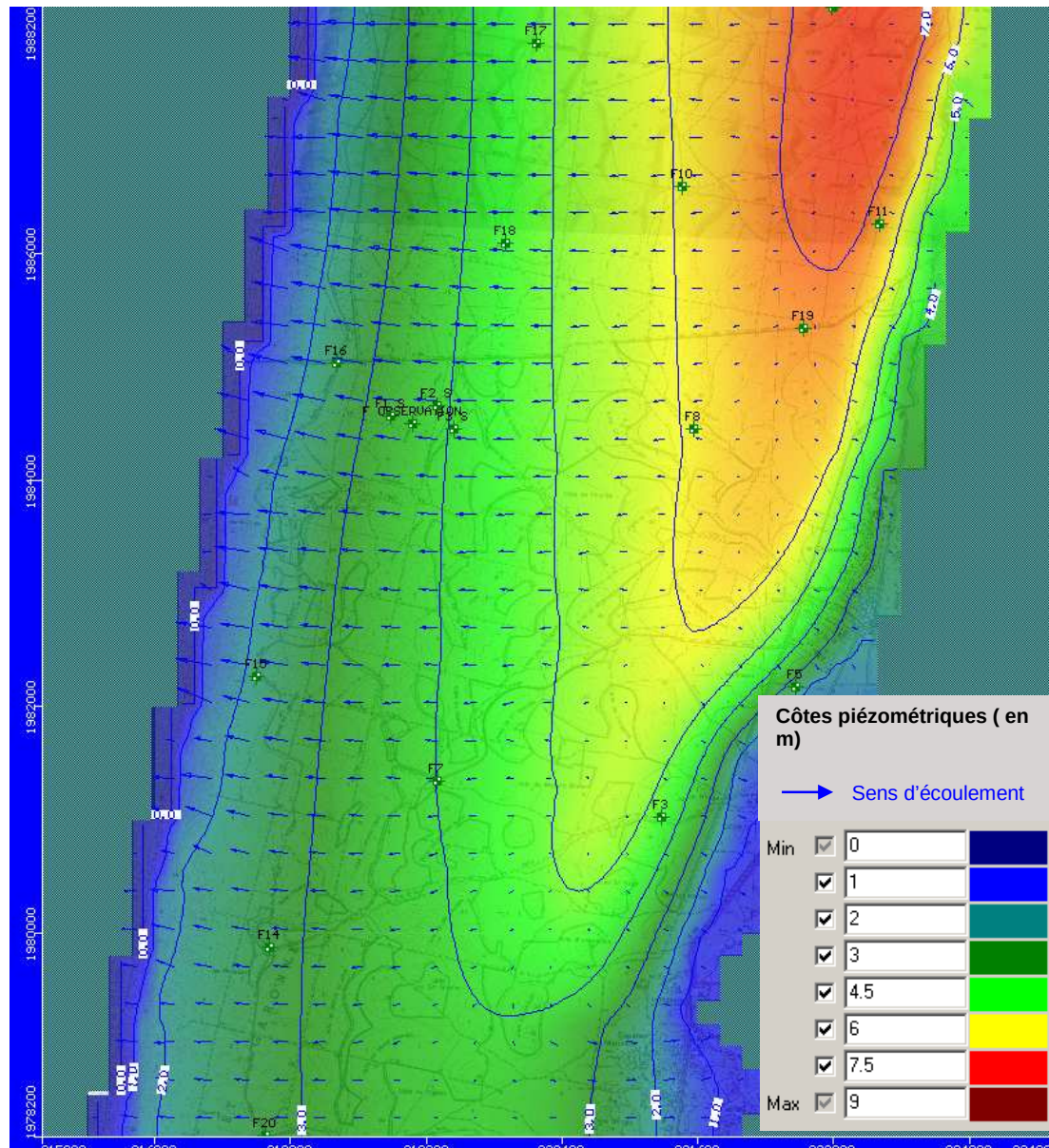


Figure 14 : Piézométrie mesurée en période de basses eaux

Les niveaux d'eau mesurés en différents points lors de l'enquête piézométrique d'octobre 2011 ont été comparés aux valeurs calculées par le modèle.

Le graphique suivant montre la corrélation entre la piézométrie calculée et observée. Le coefficient de corrélation atteint 0,97 ce qui est satisfaisant. Les différences entre les cotes piézométriques mesurées et calculées sont faibles :

- ✓ l'écart moyen est de 0,45 m ;
- ✓ l'écart maximal est de 0.8 m.

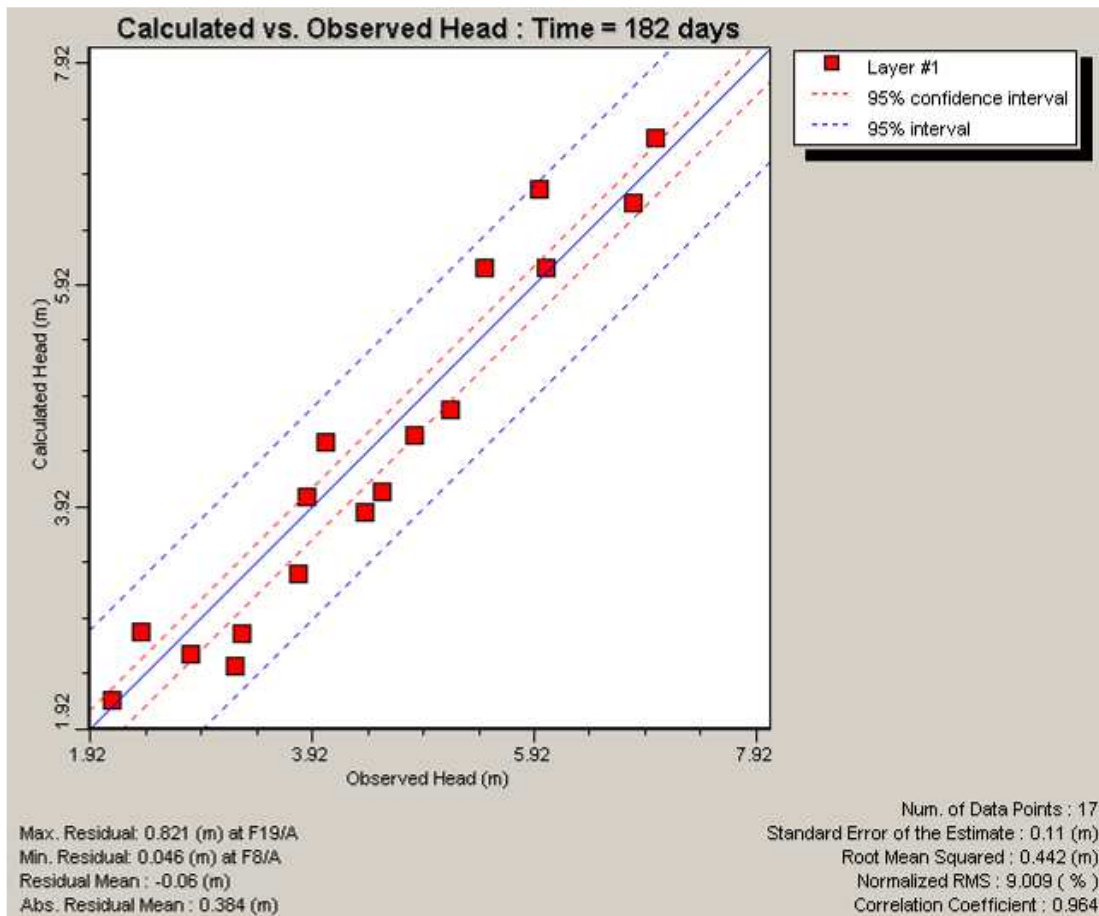


Figure 15 : Corrélation entre les cotes piézométriques calculées et observées en période de basses eaux

3.3.3 Épaisseur dessaturée de la nappe en période de hautes eaux

Suite au calage du modèle, une analyse de la piézométrie en période de hautes eaux a été effectuée. Une identification des zones de résurgence existante a été réalisée.

Les figures ci-après présentent les épaisseurs dessaturées avec la mise en évidence de zones de résurgences naturelles.

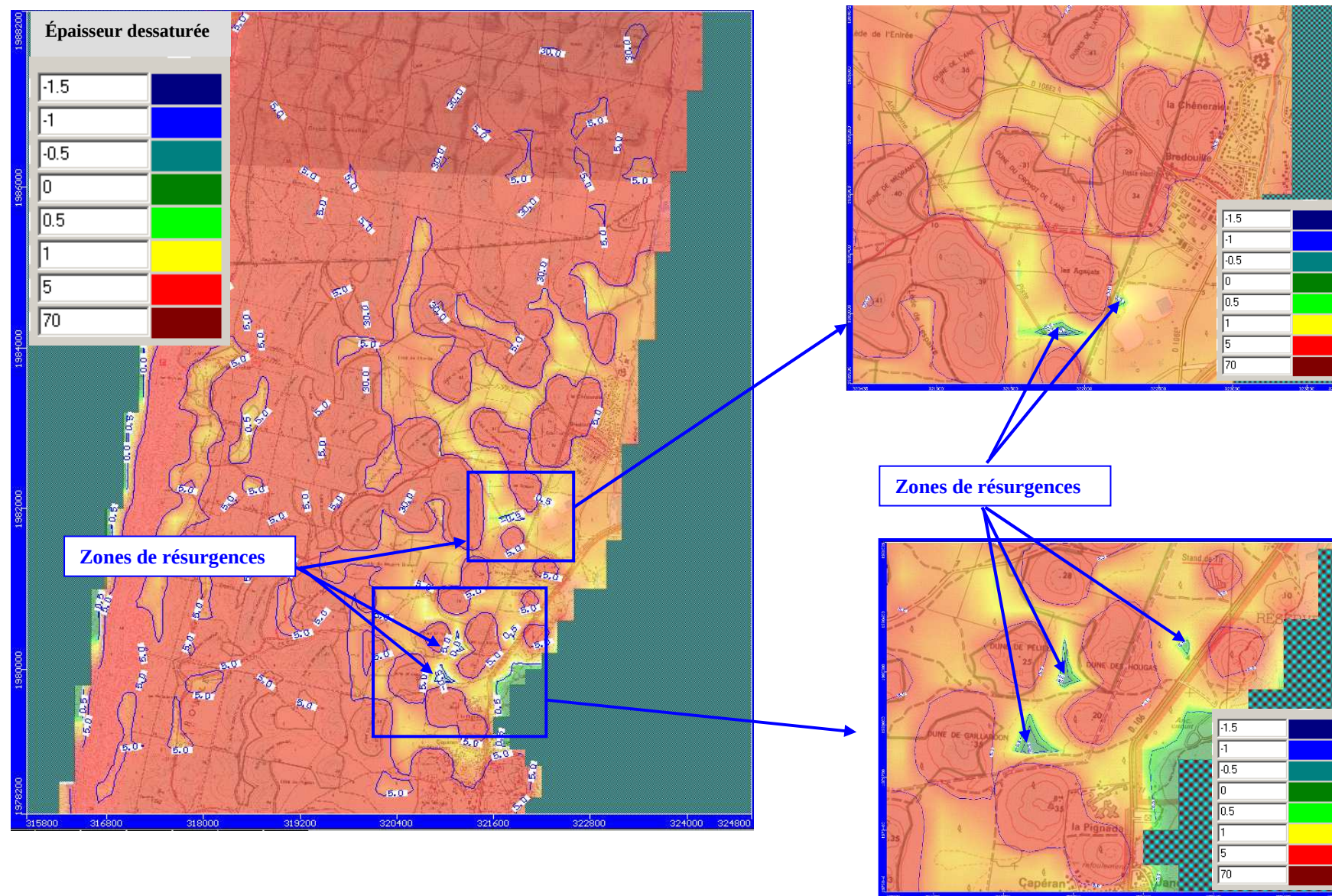
D'après cette cartographie les épaisseurs dessaturées varient de plus de 30 m, au droit des dunes, à 0 m dans les zones de lèdes, où des résurgences peuvent apparaître.

Les zones de résurgences ont été identifiées dans la partie sud-est du secteur d'étude :

- ✓ à l'ouest du centre de transfert de Lège-Cap-Ferret (secteur marécageux d'après la carte IGN) ;
- ✓ au nord de Claouey.

Elles représentent en hautes eaux une surface totale d'environ 5,2 ha. La hauteur maximale d'eau calculée est de 1 m.

En période de basses eaux la surface des zones de résurgence se réduit à 1,57 ha avec une hauteur d'eau maximum observée de 0,5 m.



3.4 SIMULATIONS

3.4.1 Simulation 1 - infiltration de 10 000 m³/jour au niveau de la zone d'infiltration 11

3.4.1.1 Hypothèses

La première simulation consiste à injecter un débit de 10 000 m³/j au droit de la zone d'infiltration n° 11, identifiée lors de la phase 2. La zone d'infiltration se situe sur le versant ouest de la crête piézométrique avec un sens d'écoulement en direction de l'océan.

L'infiltration se fera via l'intermédiaire de bassins d'infiltrations. En retenant une lame d'eau d'infiltration de 2 m/jour, la surface d'infiltration prise en compte pour le modèle est de 5 000 m².

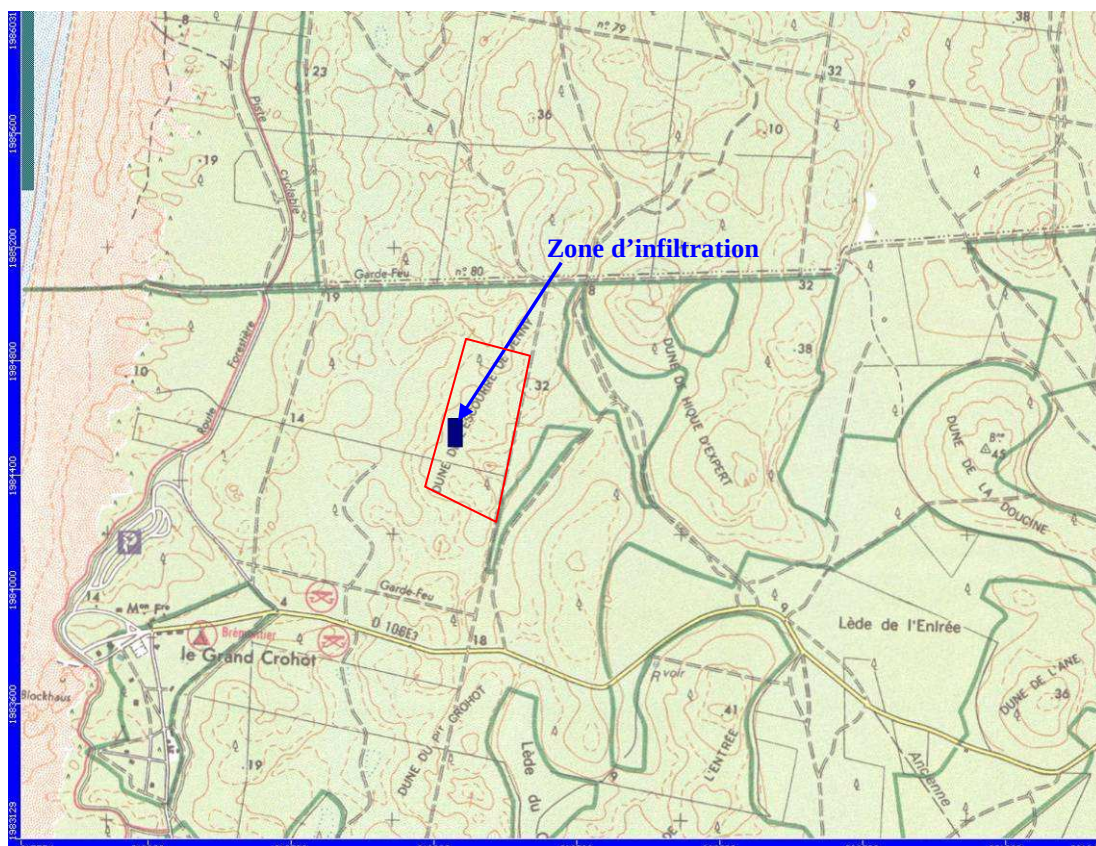


Figure 16 : Localisation de la zone d'infiltration

Pour la simulation hydrodispersive, nous avons considéré un flux de pollution constante dans le temps. À partir des résultats de l'auto-surveillance mensuelle des effluents dans le collecteur du SIBA sur l'année 2009 (tableau 1 du rapport SAFEGE n° 10SBO030 d'août 2010), un soluté d'une concentration de 1,5 mg/l a été retenu pour la modélisation, ce qui correspond à la concentration moyenne en phosphore du rejet.

D'après les analyses effectuées en 2011 sur l'aquifère, le bruit de fond de la nappe en phosphore est de 0,3 mg/l.

Le phosphore total a été retenu pour la modélisation car il est peu présent à l'état naturel dans la nappe, et il s'agit d'un paramètre conservatif.

Les simulations ont été réalisées sur une durée de 7 300 jours, soit environ 20 ans.

Le modèle hydrodispersif ne prend pas en compte les phénomènes d'adsorption/désorption et d'abattement.

3.4.1.2 Résultats

A- Piézométrie

L'évolution de la surface piézométrique de la nappe au cours du temps est présentée sur les figures suivantes. Ces « clichés » de la nappe permettent de visualiser l'évolution du modelé piézométrique de l'aquifère lié à l'infiltration, au cours du temps.

Afin de se placer dans des conditions défavorables, les différentes piézométries présentées ci-après correspondent à des périodes de hautes eaux soit a priori les périodes les plus défavorables.

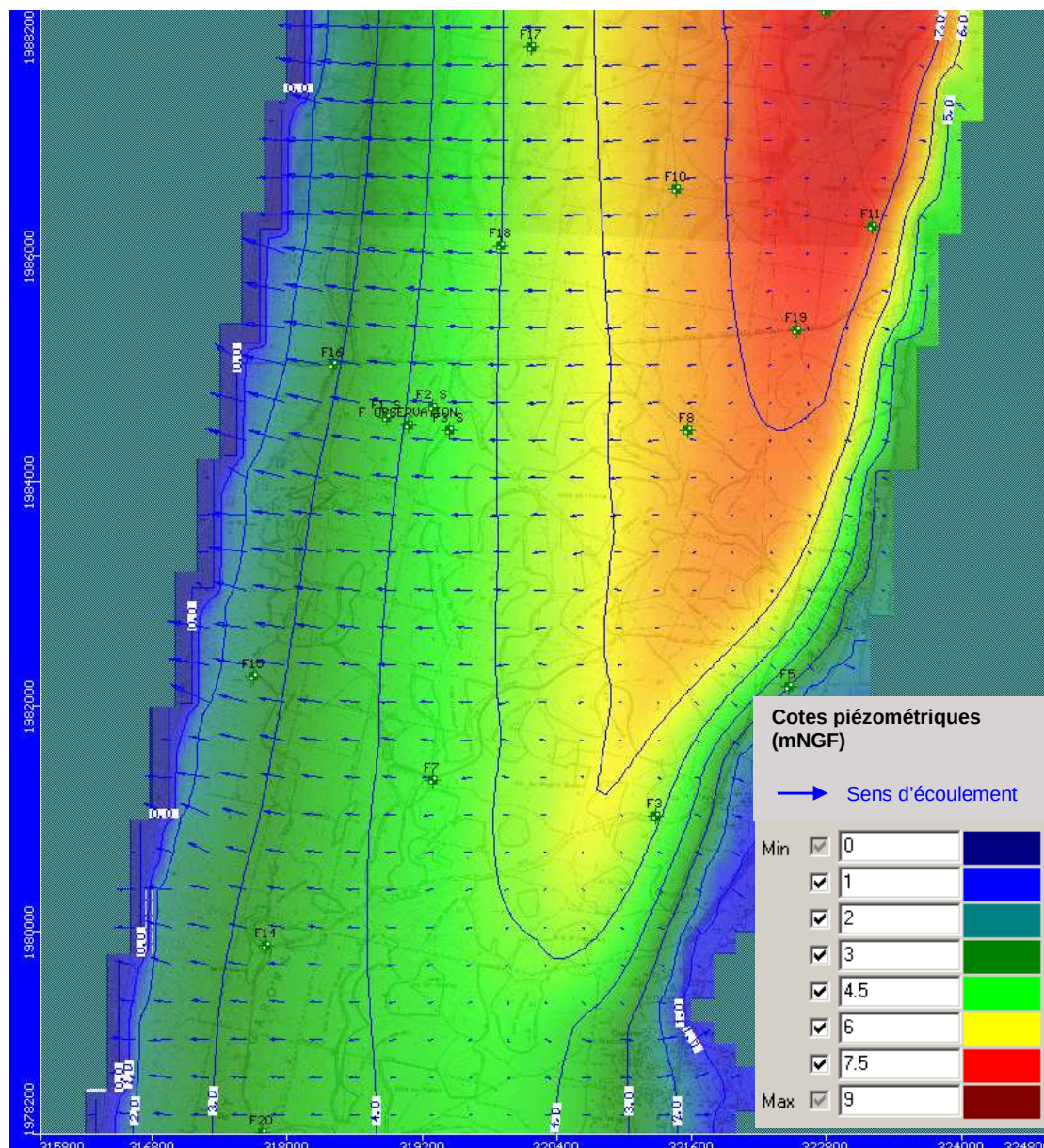


Figure 17 : Cote piézométrique de la nappe à 0 jour

À l'état initial en hautes eaux, la cote piézométrique au droit de la zone d'infiltration est de 3,8 m NGF soit une épaisseur dessaturée de 18 m environ.

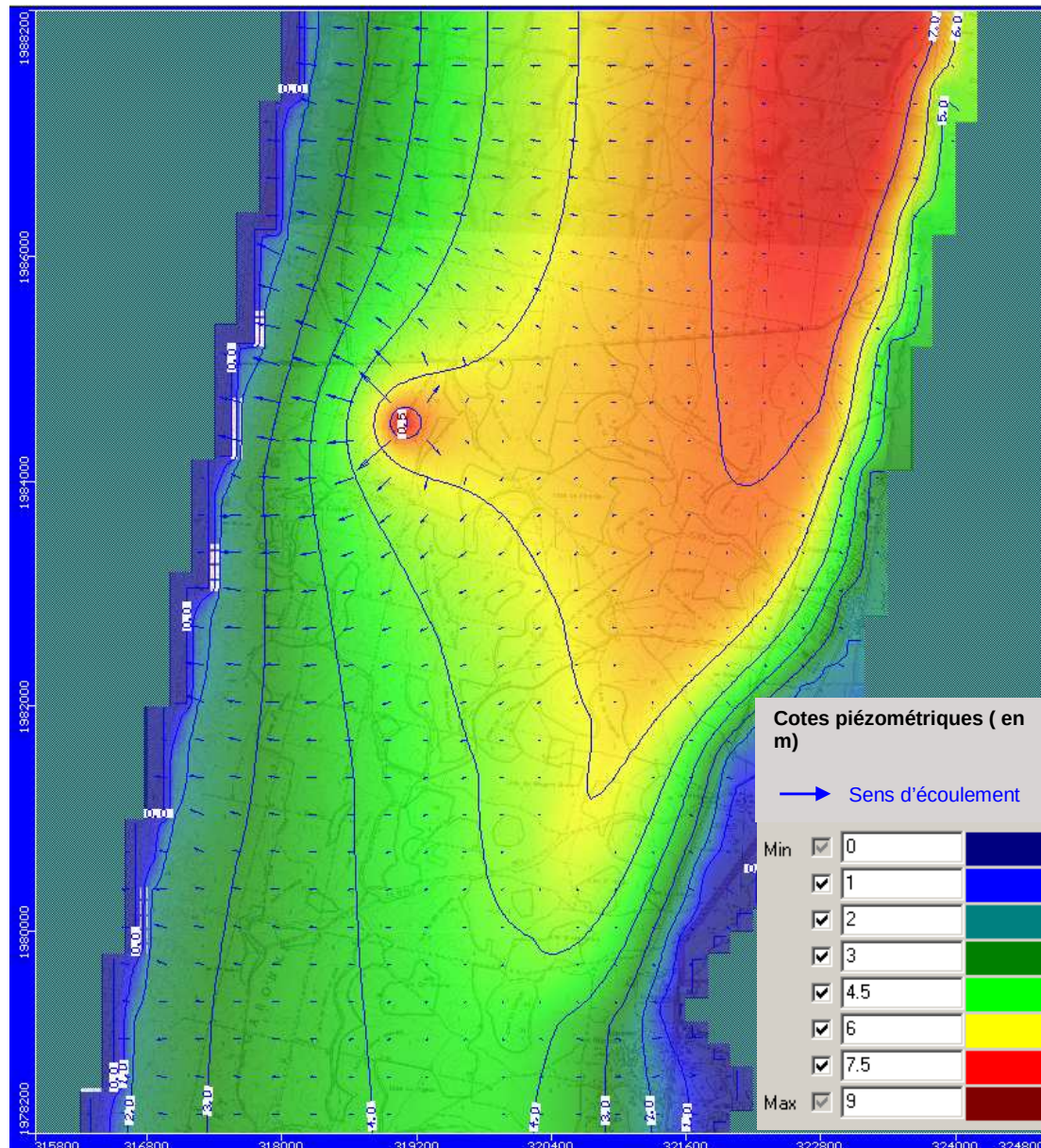


Figure 18 : Cotes piézométriques à 365 jours (1 an)

Un dôme piézométrique se forme au droit de la zone d'infiltration. La cote piézométrique de la nappe au droit de la zone d'étude est de 8,7 m NGF soit une épaisseur dessaturée de 12,4 m contre 18 m initialement.

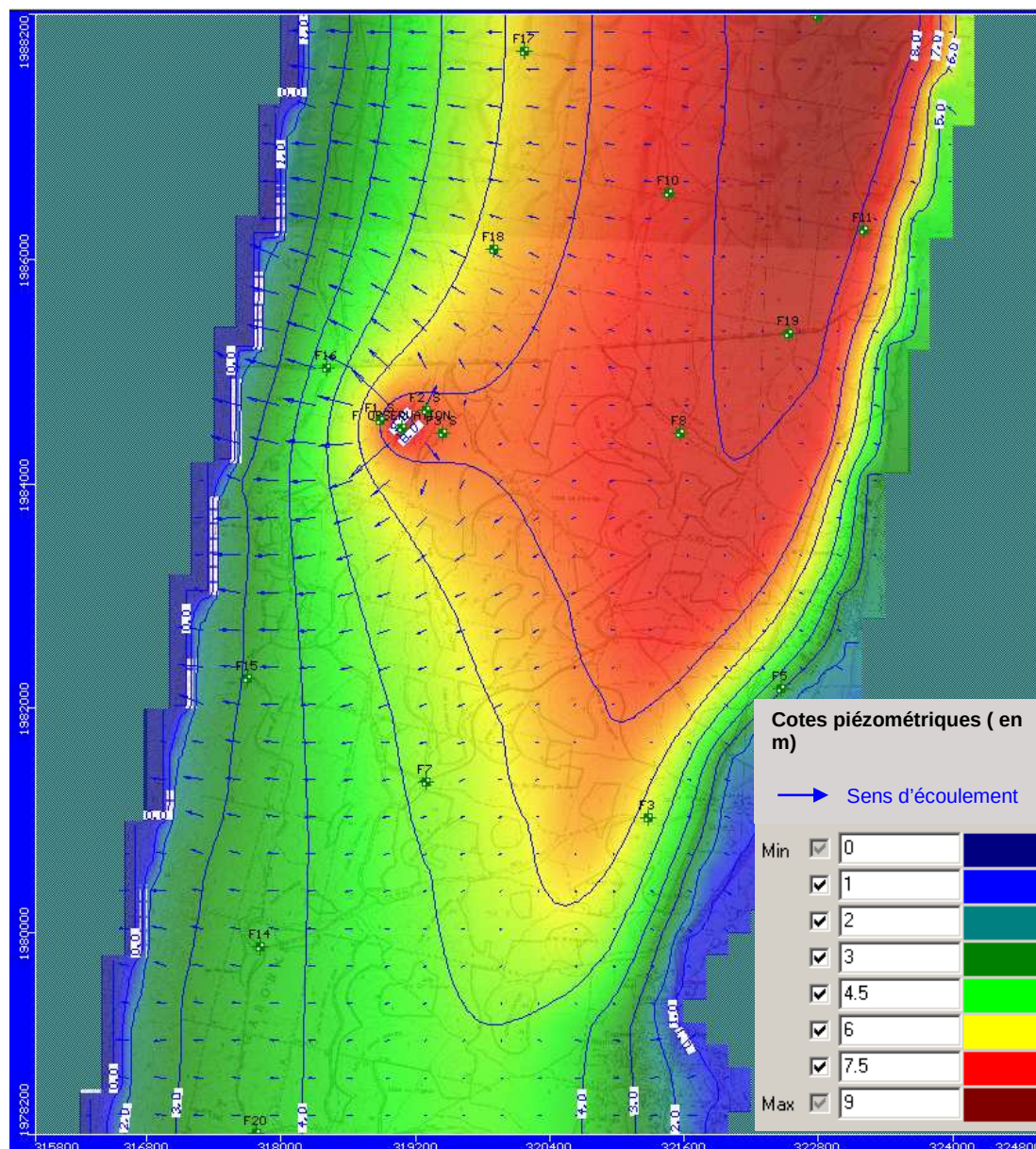


Figure 19 : Cote piézométrique à 3 650 jours (10 ans)

Le dôme piézométrique au droit de la zone d'infiltration s'amplifie. La hauteur piézométrique au droit de la zone est de 9,4 m NGF soit une épaisseur dessaturée de 11,7 m.

La cote piézométrique initiale s'accroît. L'infiltration des effluents ralentit la décharge de la nappe vers l'océan engendrant une rehausse de la surface piézométrique.

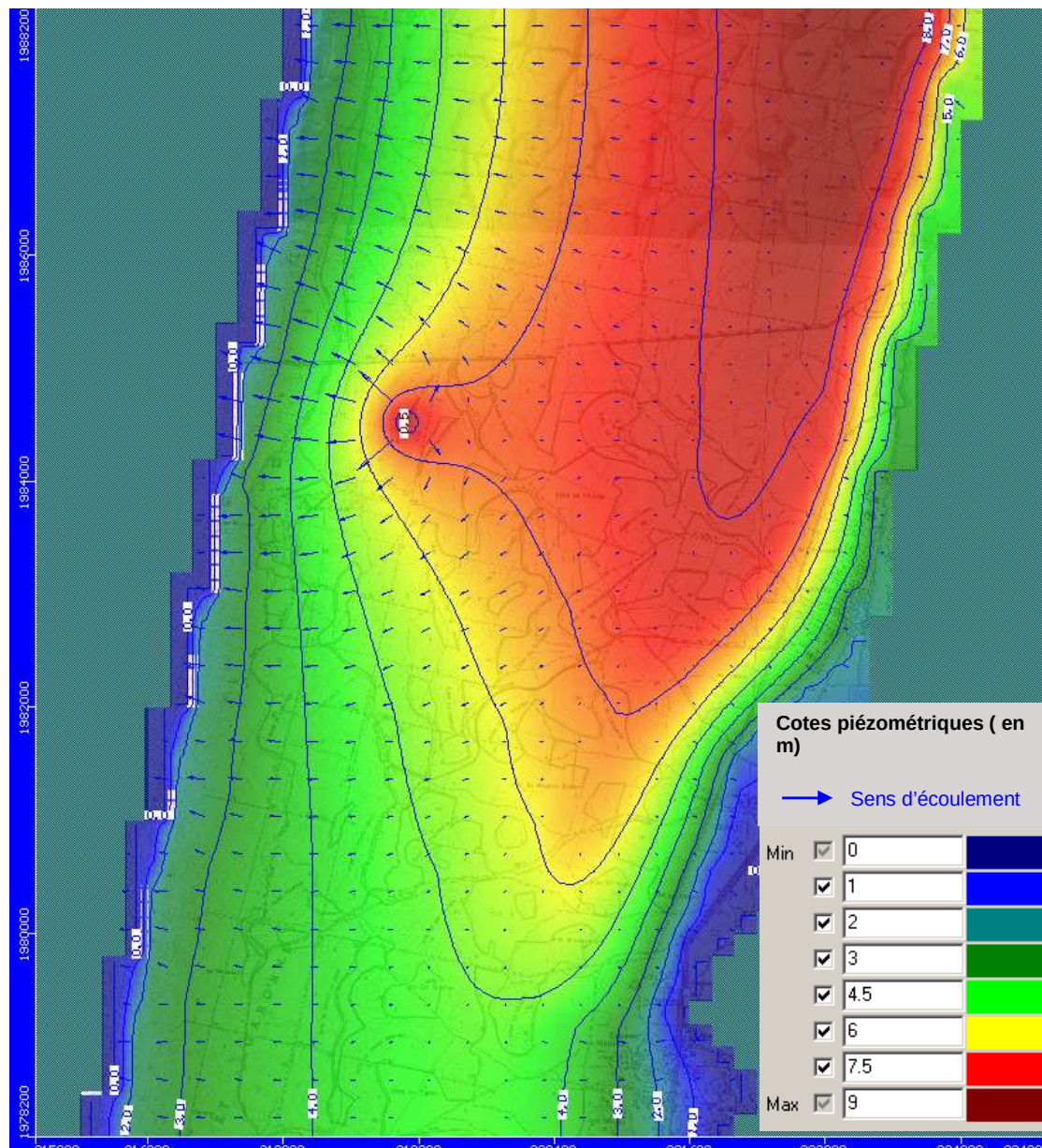


Figure 20 : Cote piézométrique à 7 300 jours (soit 20 ans)

La cote piézométrique au droit du site est de 9,4 m NGF.

Le graphique ci-après présente l'évolution de la piézométrie au droit de la zone d'infiltration.

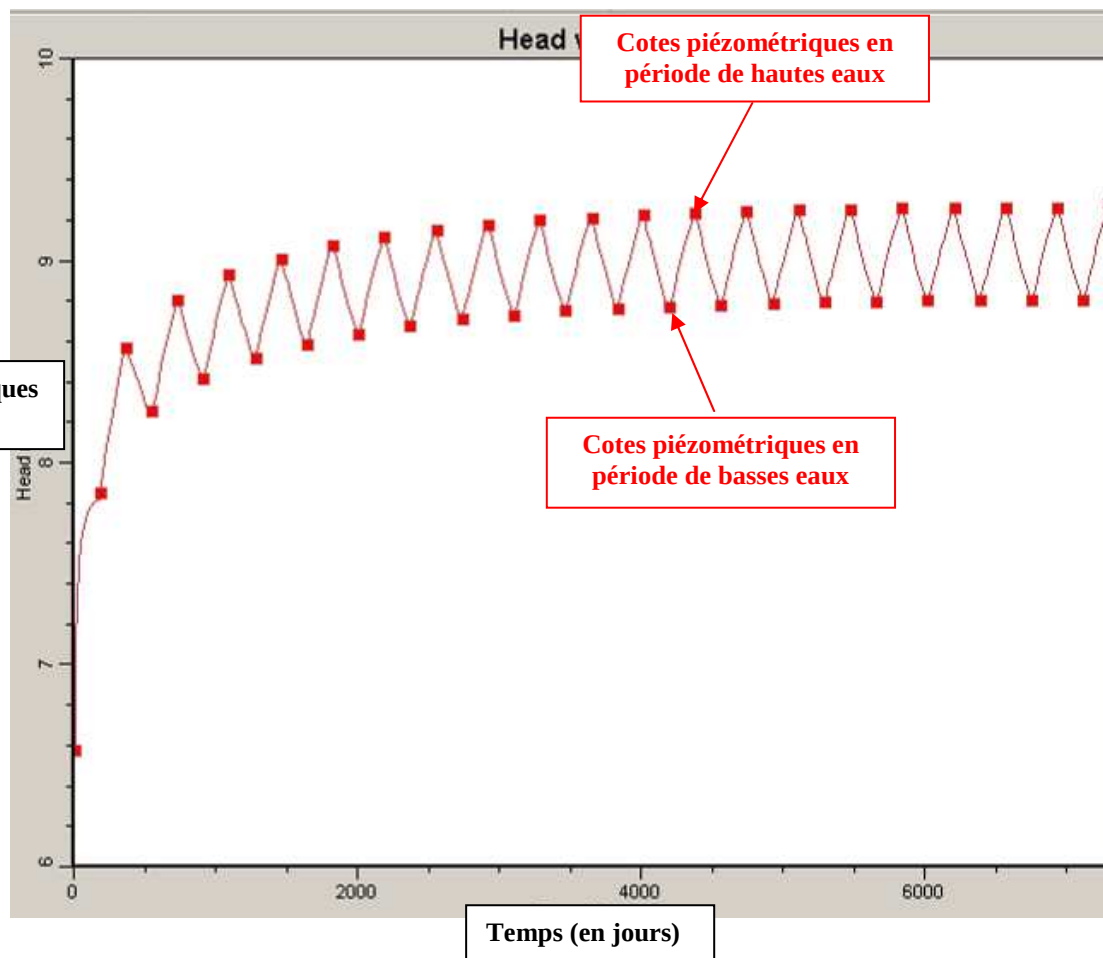


Figure 21 : Évolution de la piézométrie au droit de la zone d'infiltration

La cote piézométrique au droit du site se stabilise à partir d'une durée d'injection de 12 ans. Le niveau piézométrique maximum est de 9,4 m NGF en période de hautes eaux et de 8,8 m NGF en période de basses eaux contre respectivement 3,8 m NGF et 3,5 m NGF initialement.

Après stabilisation, la crête piézométrique initiale est toujours présente et un deuxième dôme piézométrique s'est formé au droit de la zone d'infiltration.

B- Flux de pollution

L'évolution de la propagation du flux de pollution au cours du temps est présentée sur les figures suivantes.

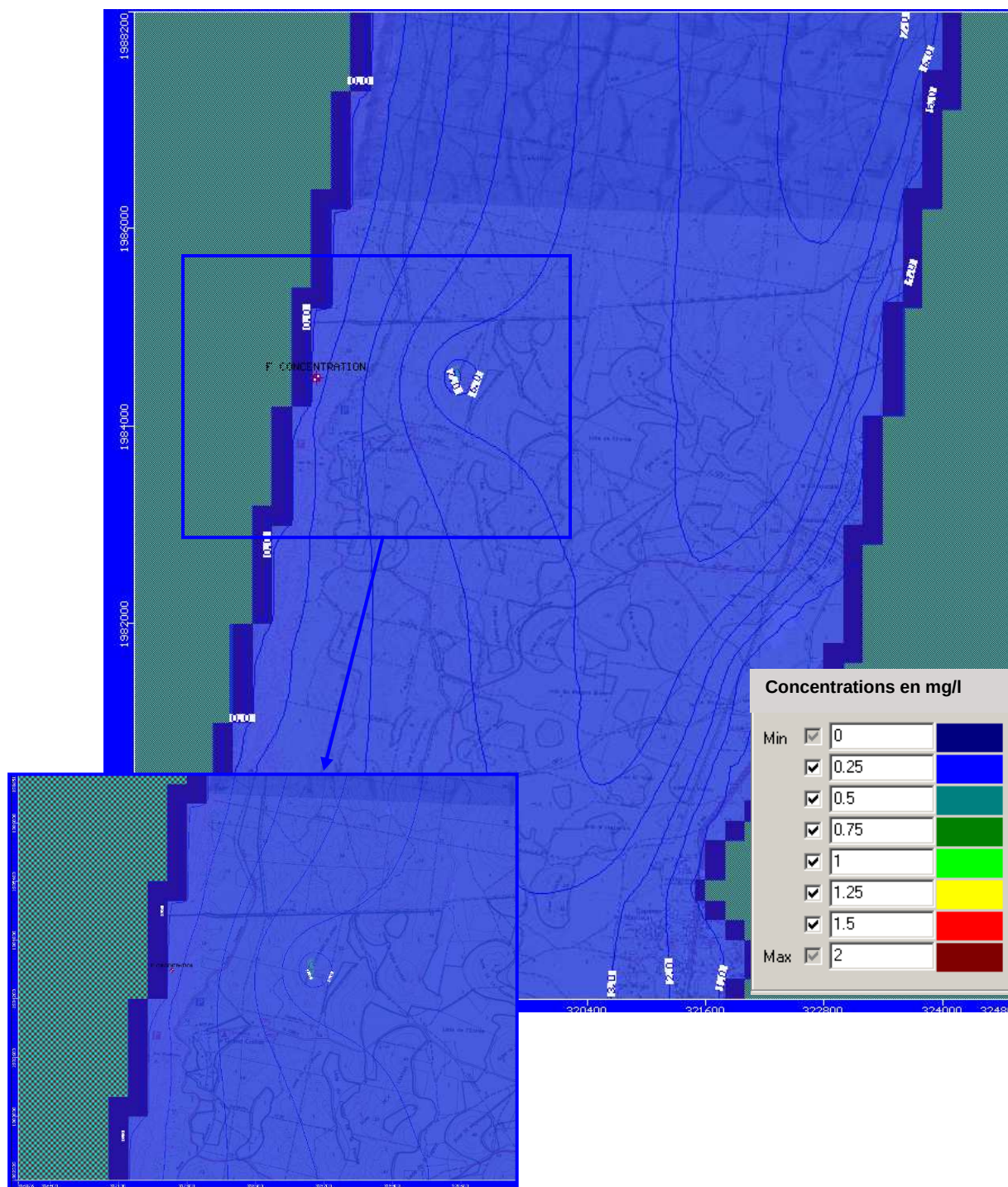


Figure 22 : Propagation du panache à 1 jour

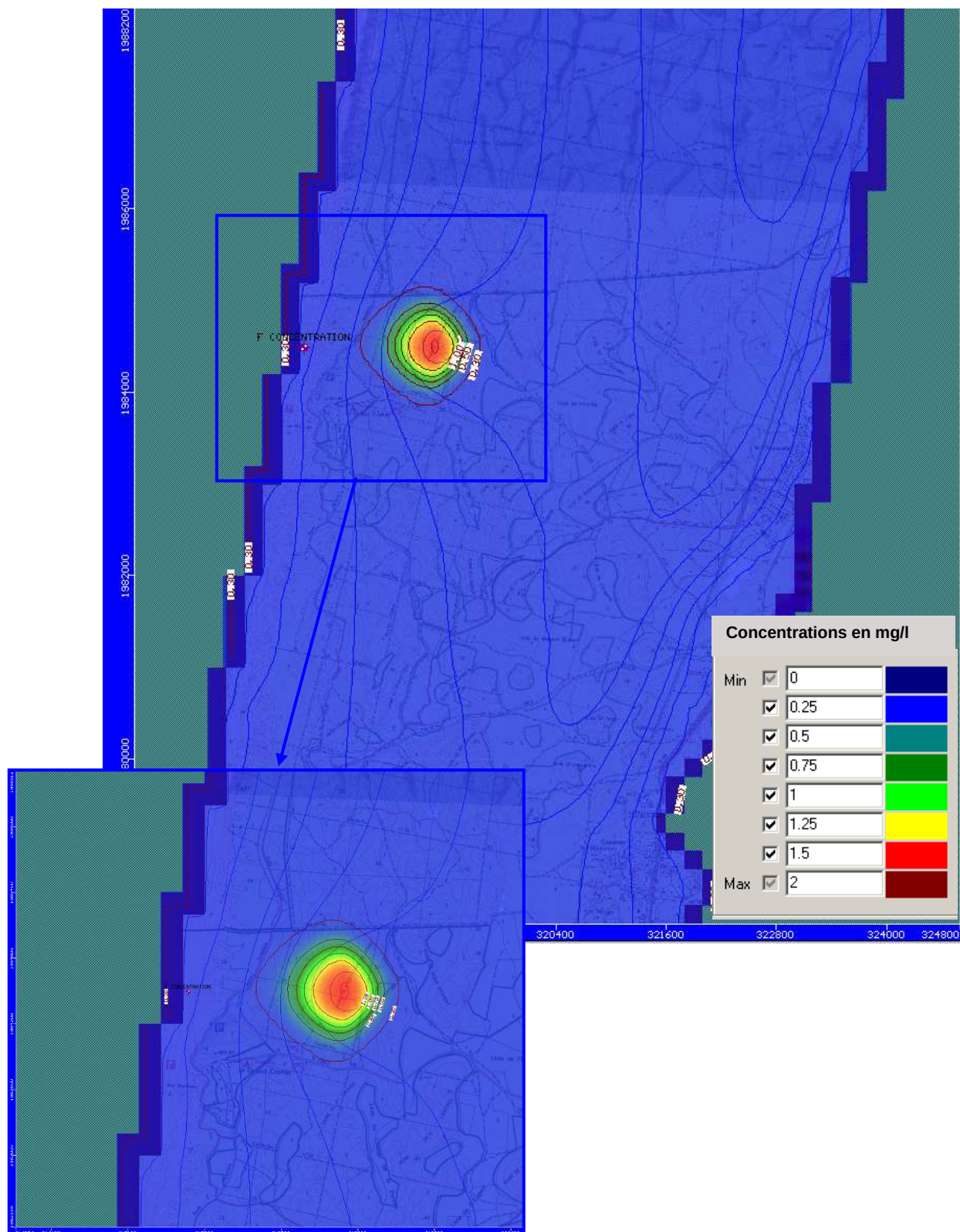


Figure 23 : Propagation du panache à 365 jours

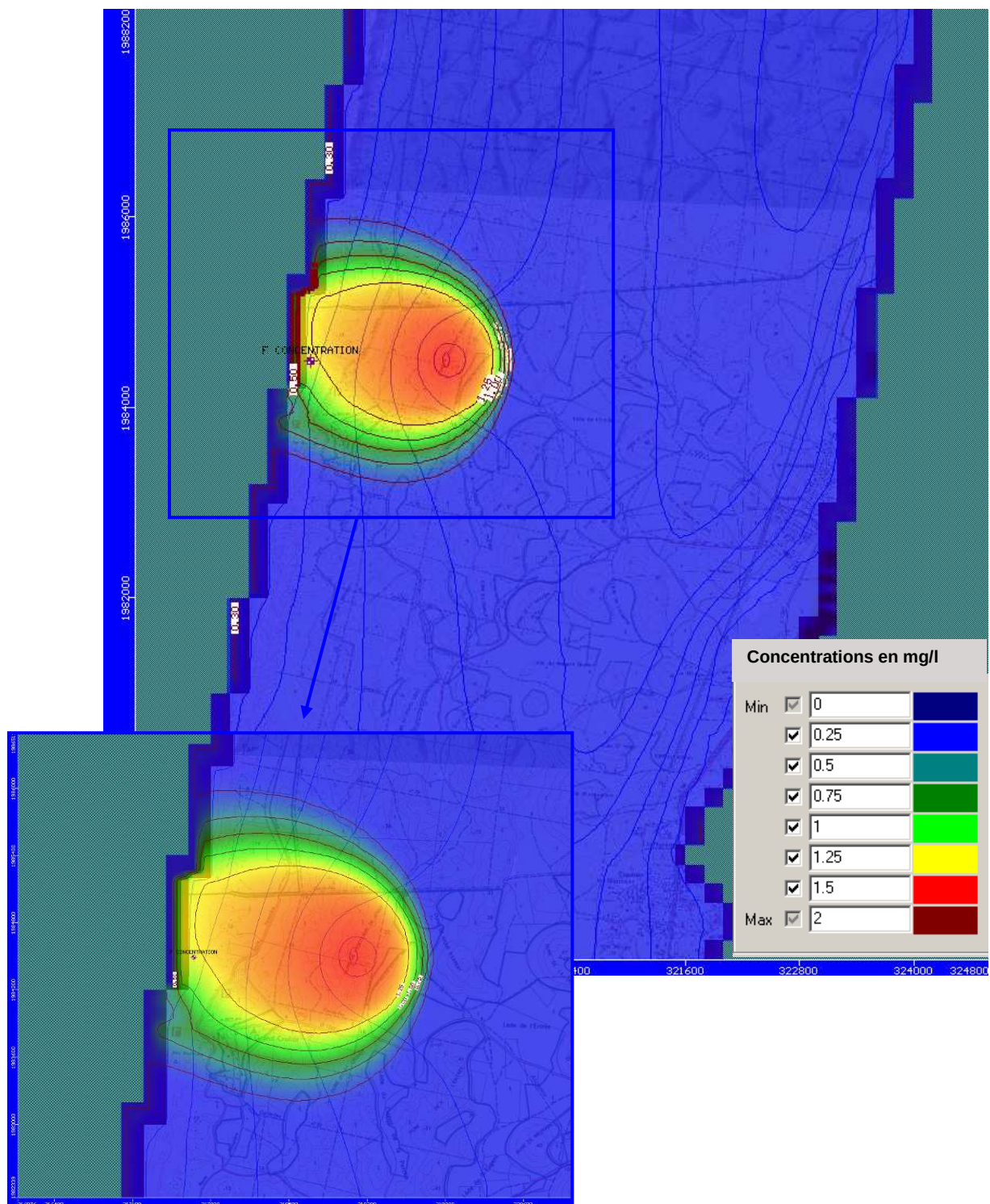


Figure 24 : Propagation du panache à 3 650 jours (10 ans)

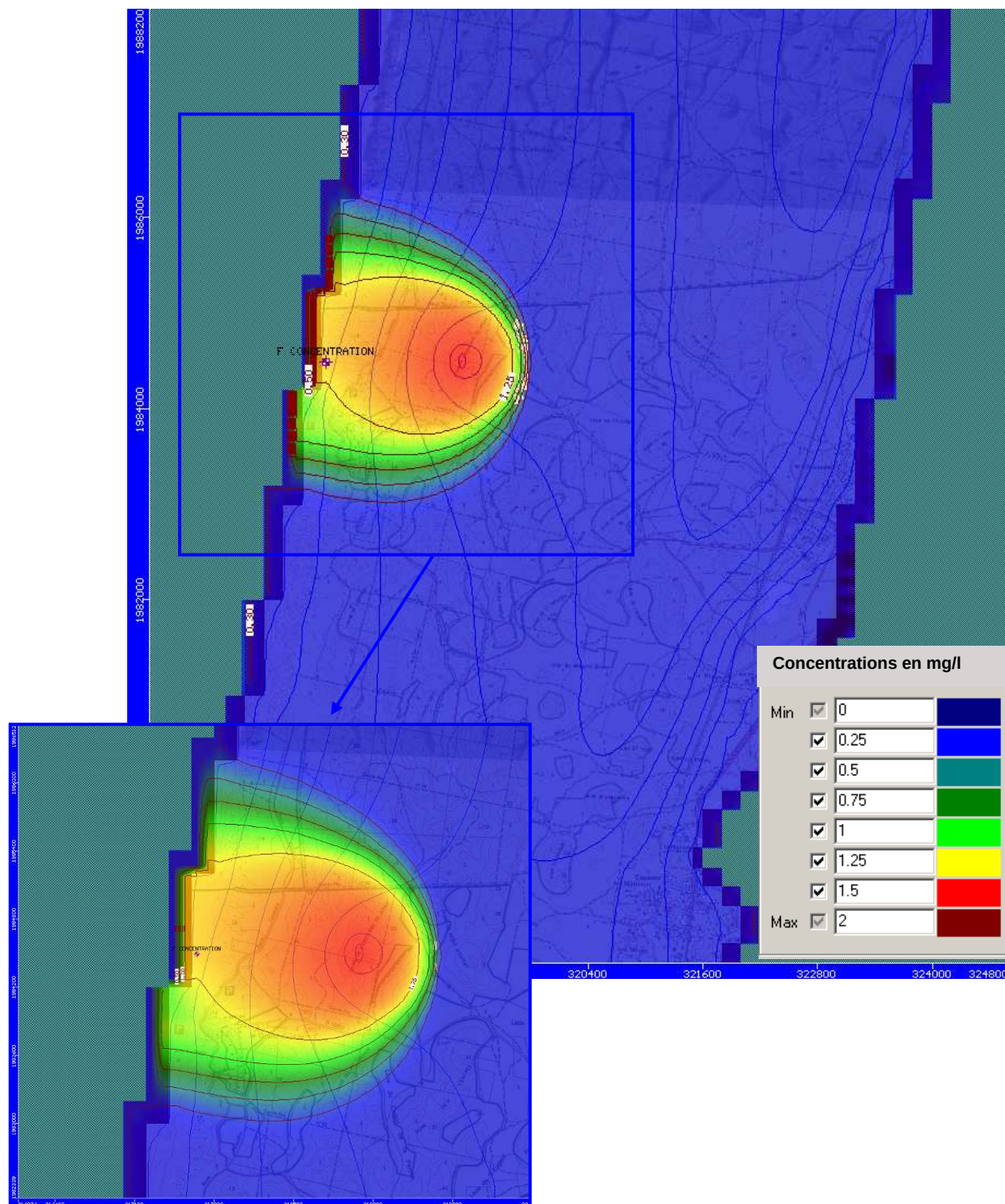


Figure 25 : Propagation du panache à 7 300 jours (20 ans)

La propagation du panache de pollution dans le temps est représentée sur les figures précédentes. Les phénomènes de convection sont prédominants. Le panache de pollution s'étale principalement dans la direction d'écoulement de la nappe, en direction de l'océan.

Un piézomètre d'observation virtuel a été placé sur la plage du Crohot, à la perpendiculaire de la zone d'infiltration. L'évolution des concentrations au cours du temps est présentée sur le graphique ci-dessous.

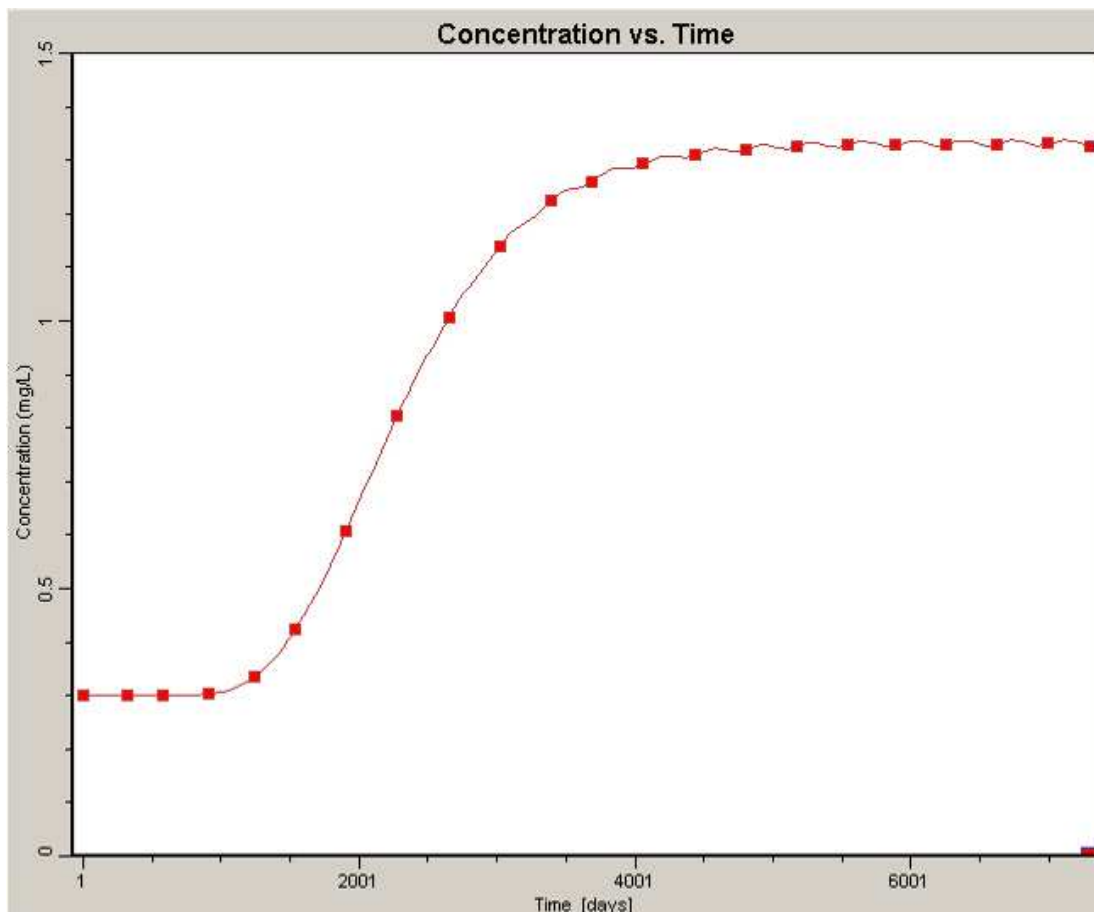


Figure 26 : Évolution de la concentration au niveau de l'océan au droit de la zone d'étude

Le panache atteint la plage située à l'aval de la zone d'infiltration au bout de 4 ans environ. La concentration observée au niveau du piézomètre d'observation augmente jusqu'à la 11^{ème} année, puis se stabilise à environ 1,3 mg/l, soit 87 % de la concentration du rejet (1,5 mg/l).

À noter : on observe, une fois le modèle stabilisé, un effet de dilution du flux de pollution en période de hautes eaux, avec une légère baisse de la concentration à 1,28 mg/l.

C- Identification des zones de résurgence

La figure ci-dessous présente les zones de résurgences identifiées au niveau du secteur d'étude avant et après une période d'infiltration de 7 300 jours.

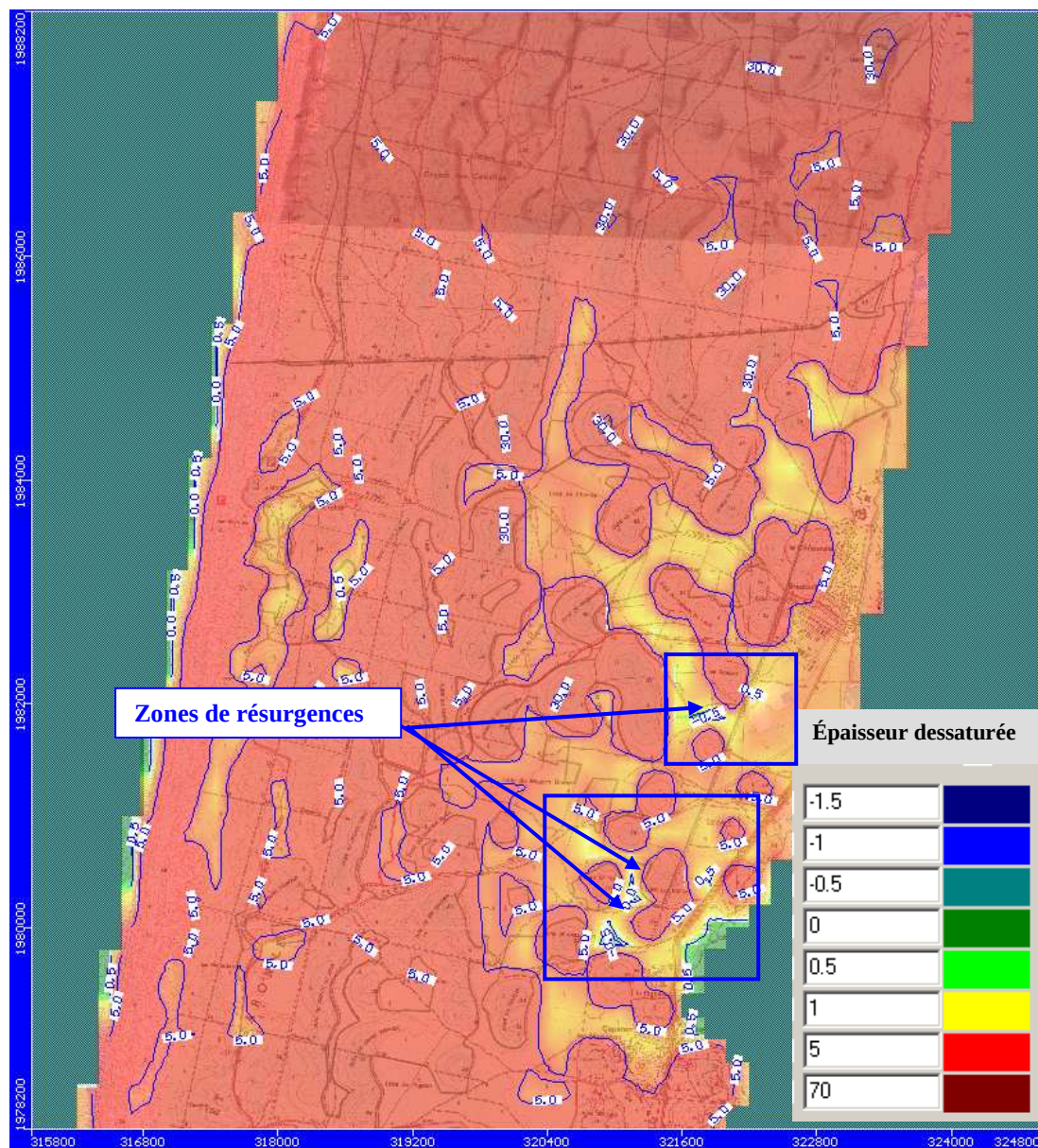


Figure 27 : Zones de résurgence à 0 jour d'infiltration en période de hautes eaux

À l'état initial, les zones de résurgences représentent une surface totale d'environ 5,2 ha. La hauteur maximale d'eau calculée est de 1 m.

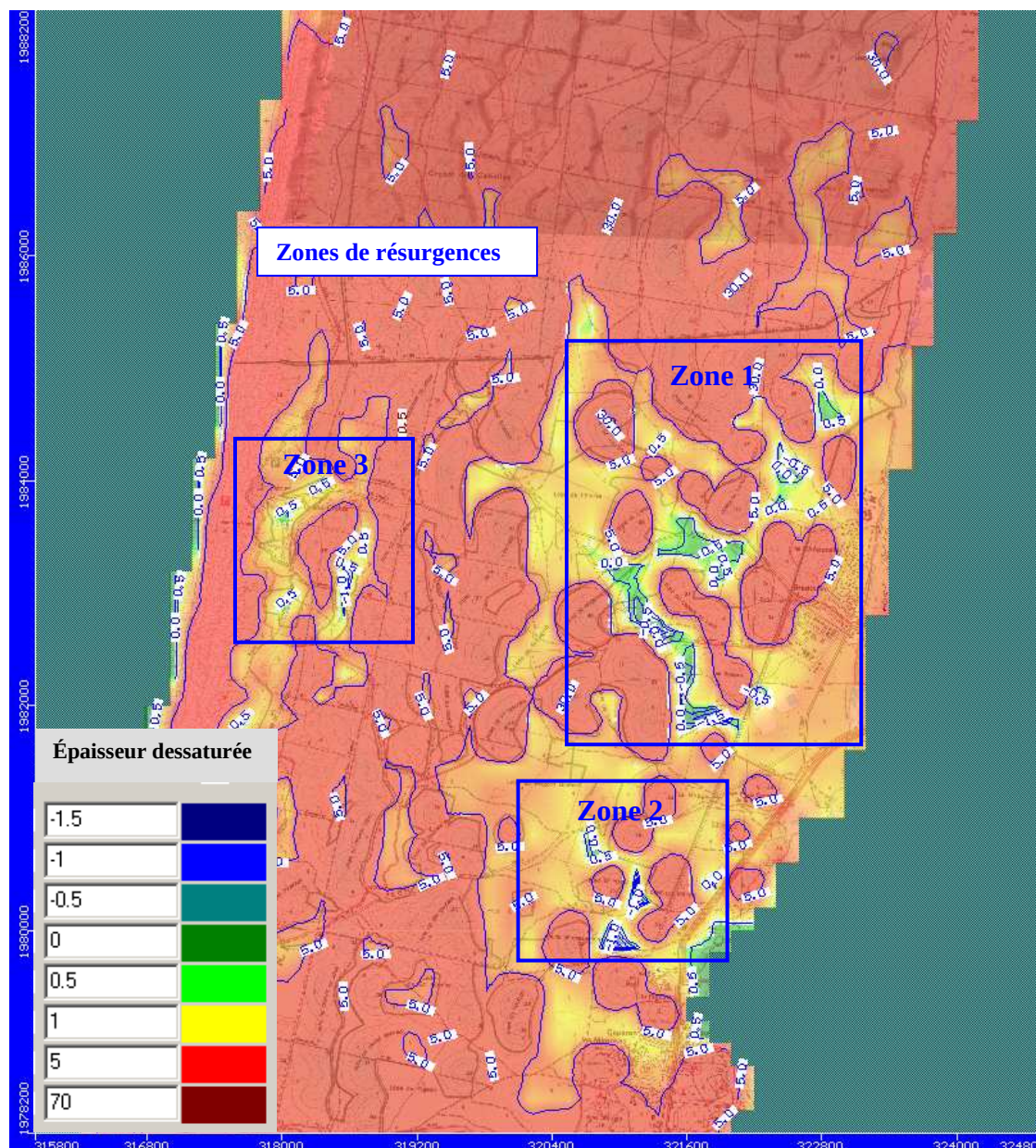


Figure 28 : Épaisseurs dessaturées à 7 300 jours (en mètres)

Trois grands secteurs de zones de résurgences sont identifiés.

Les zones 1 et 2 correspondent à des secteurs préalablement identifiés à l'état initial. L'infiltration des effluents entraîne un frein à la vidange de la nappe vers l'océan, engendrant une rehausse globale de l'aquifère.

Au niveau des secteurs 1 et 2, la qualité d'eau des zones de résurgences ne peut être impactée par l'infiltration des effluents.

La surface totale de résurgences en période de hautes eaux représente 15 ha environ pour une hauteur d'eau maximale observée de 1,5 m, contre 5,2 ha à l'état initial.

En période de basses eaux, la surface des zones de résurgences est réduite à 4,7 ha pour une hauteur d'eau maximale observée de 1 m, contre 1,57 ha initialement. La durée de la simulation est de 7 300 jours (soit 20 ans).

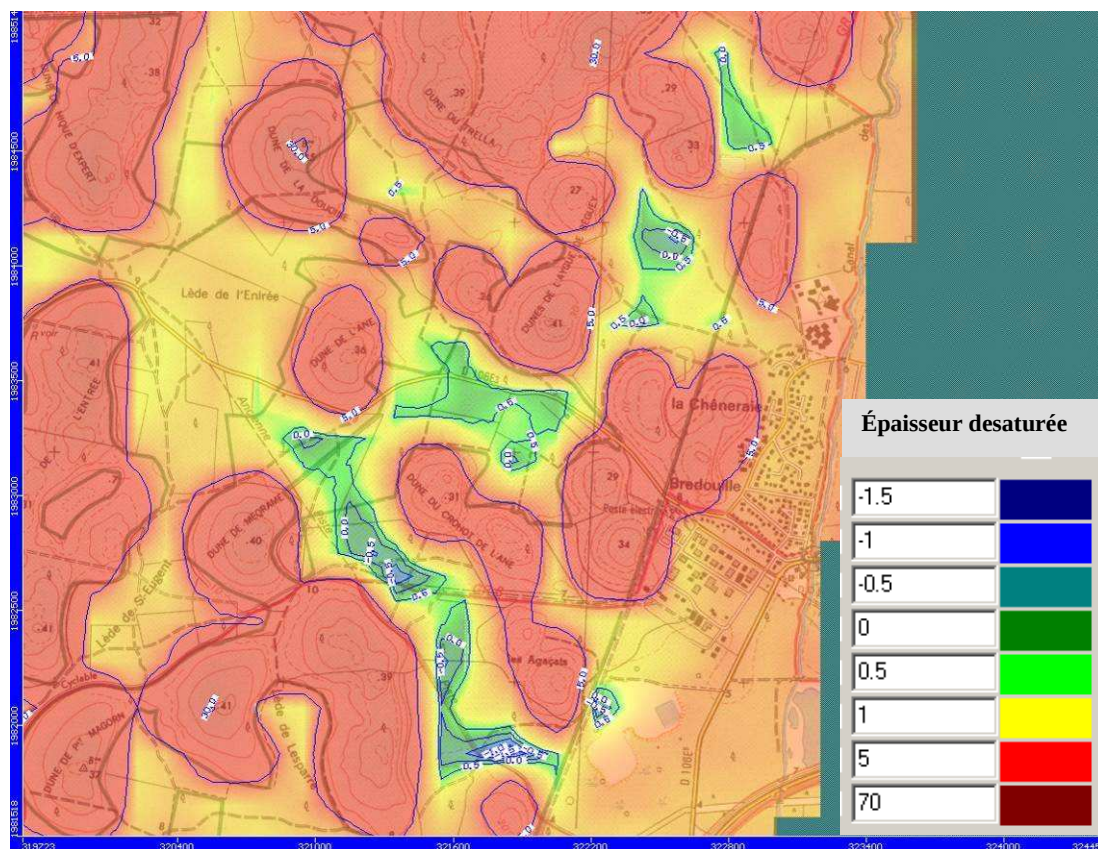


Figure 29 : Zones de résurgences zone 1 (20 ans)

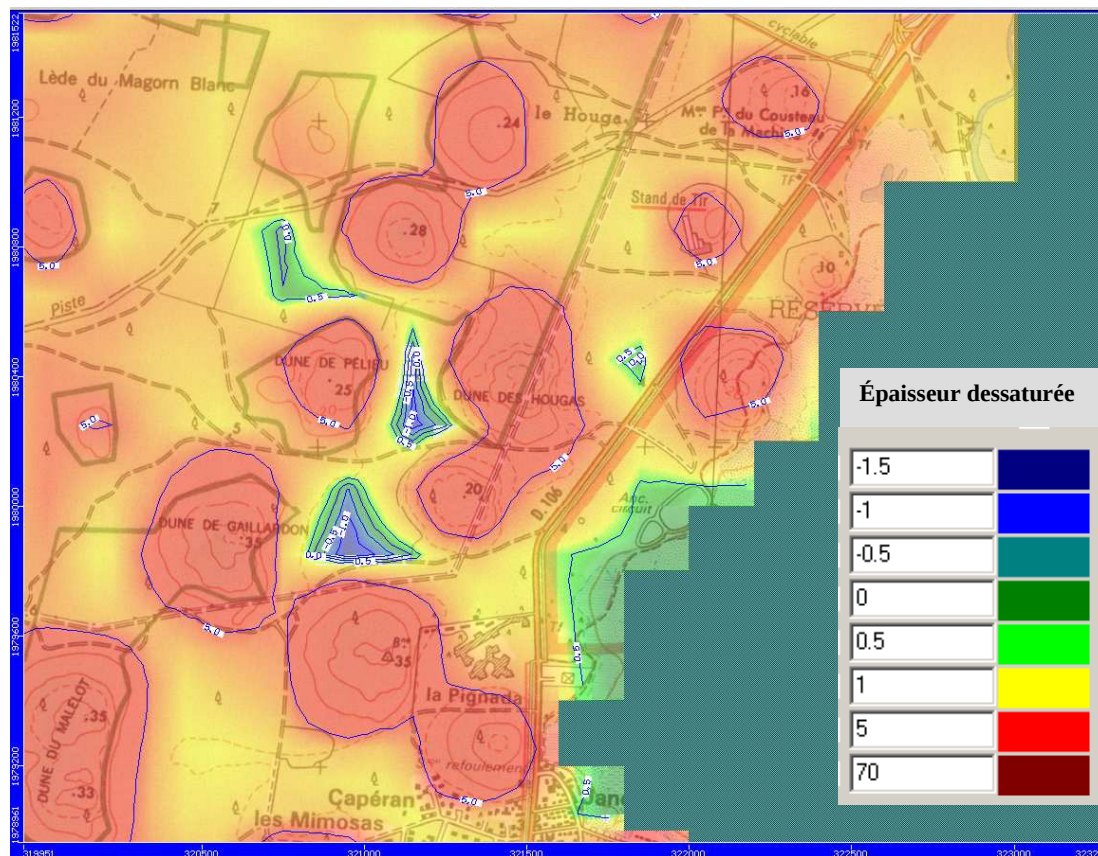


Figure 30 : Zone de résurgences zone 2 (20 ans)

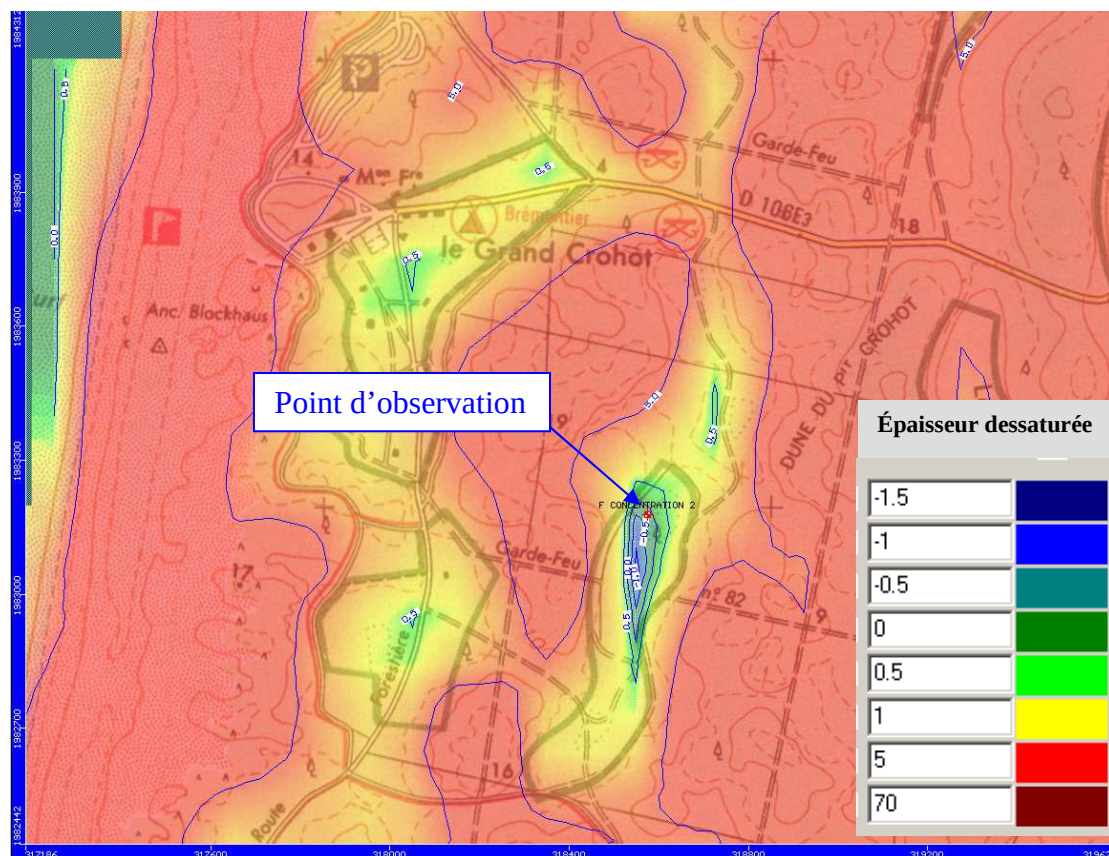


Figure 31 : Zone de résurgences zone 3 (20 ans)

Une 3^{ème} zone de résurgences apparaît, elle se situe au sud de la zone d'infiltration. La zone s'étend sur une surface de 1,2 ha environ. La hauteur d'eau maximum est de 1 mètre. Elle correspond à des zones d'affleurement de nappe indiquées sur la carte IGN 1337ET.

Cette zone se trouve en aval hydraulique de la zone d'infiltration. La qualité des eaux de cette zone peut être impactée par l'infiltration des effluents.

Un point de suivi qualité a été placé en limite nord de cette zone de résurgences (cf. figure précédente). L'évolution de la concentration en phosphore total au cours du temps est présentée sur le graphique ci-après.

Au droit de cette zone, le panache de pollution atteint la zone de résurgences au bout de la 6^{ème} année environ. La concentration estimée au bout de 20 ans est de 0,48 mg/l soit 32 % de la concentration initiale.

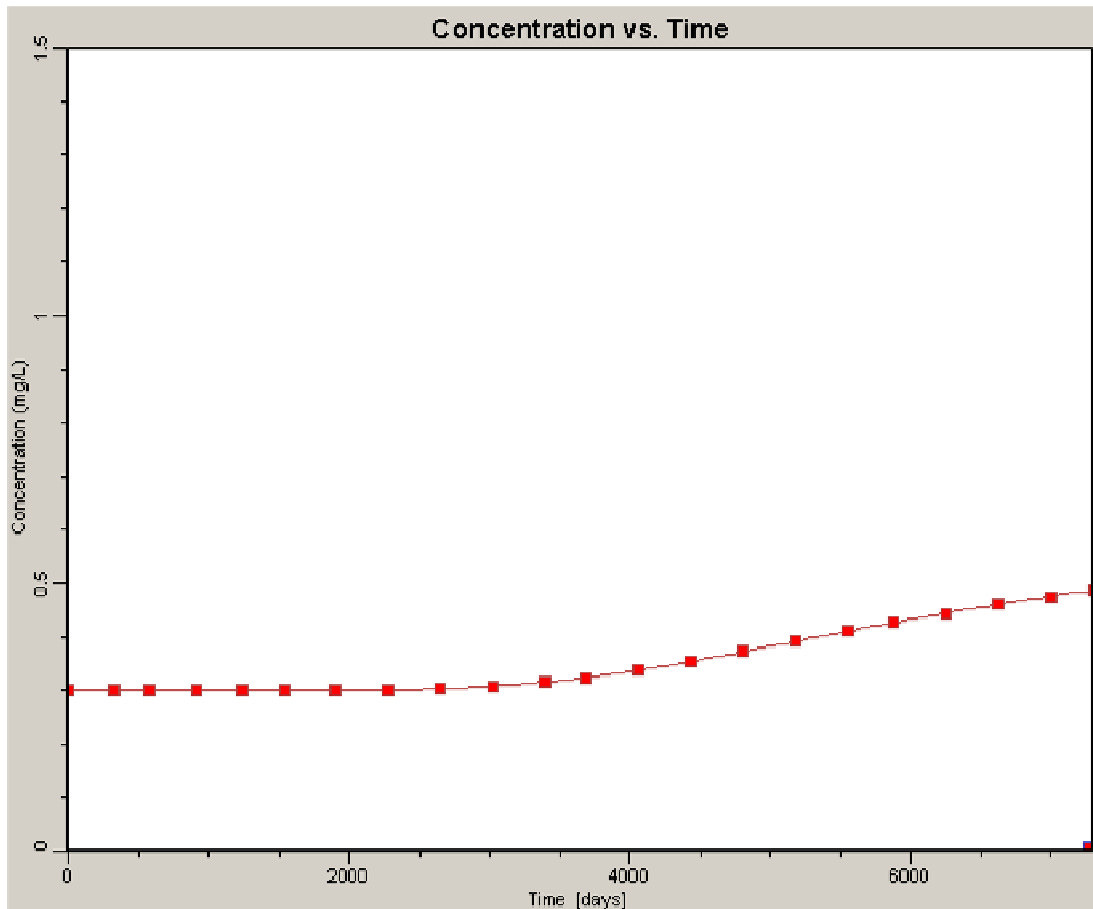


Figure 32 : Évolution de la concentration au droit de la zone de résurgences

3.4.2 Simulation 2 – infiltration de 4 000 m³/j au niveau de la zone d'infiltration n° 11

3.4.2.1 Hypothèses

La deuxième simulation a visé à rechercher par itérations successives le débit maximum à infiltrer sans engendrer l'apparition de zones de résurgences supplémentaires.

Le débit maximum pouvant être infiltré sans engendrer de nouvelles zones de résurgences est de 4 000 m³/h environ.

3.4.2.2 Résultats

A- Incidence piézométrique

La surface piézométrique de la nappe après une durée d'infiltration de 7 300 jours est présentée ci après. Afin de se placer dans des conditions défavorables, la piézométrie présentée correspond à une période de hautes eaux.

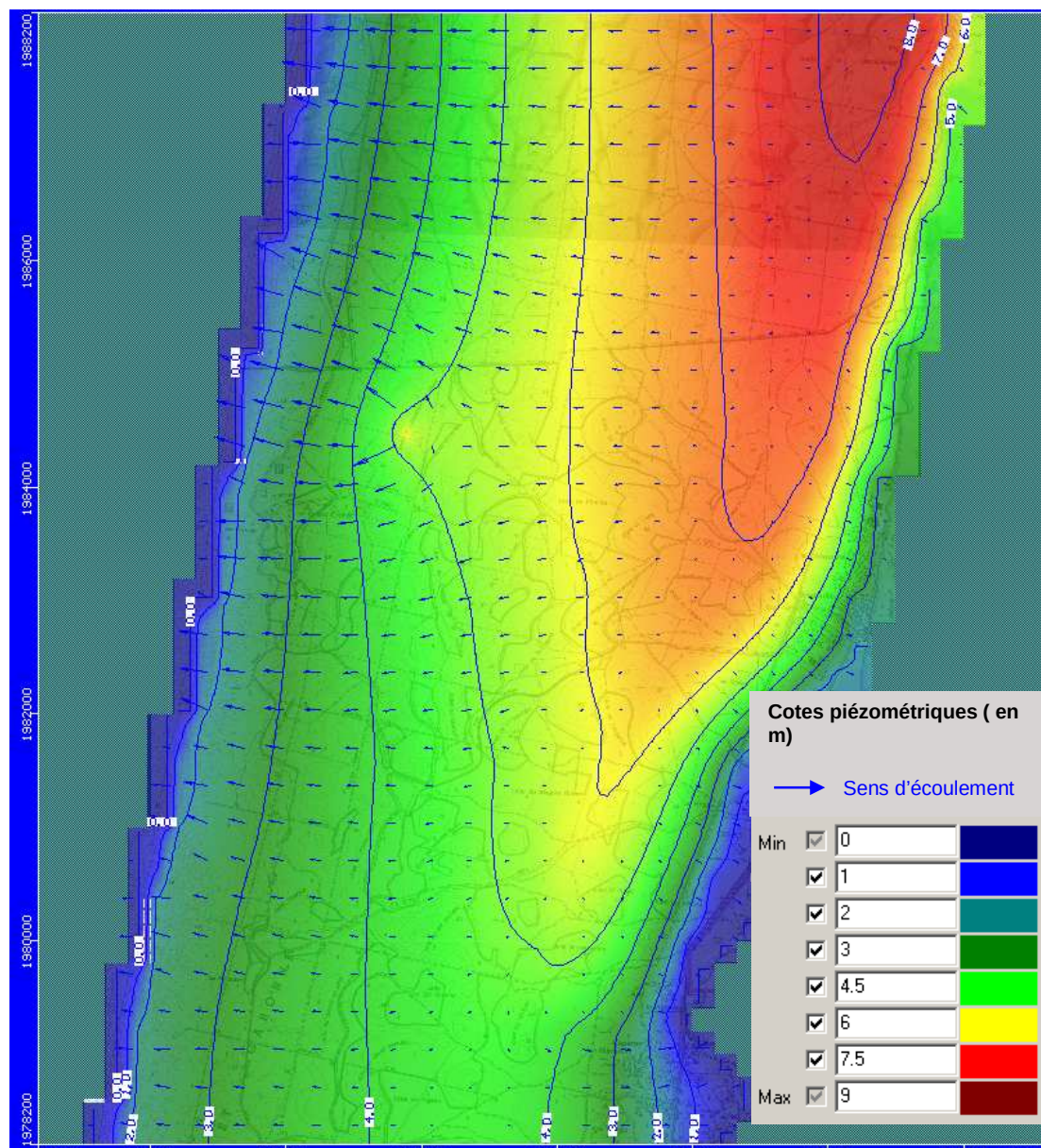


Figure 33 : Modelé piézométrique de la nappe à 7 300 jours (20 ans)

Un dôme piézométrique se forme au droit de la zone d'infiltration. La cote de la nappe au droit de la zone d'étude est de 5,9 m NGF soit une épaisseur dessaturée de 15 m contre 18 m initialement.

B- Flux de pollution

Les panaches du flux de pollution, après une durée d'infiltration de 365 et de 7 300 jours, sont présentés sur les figures suivantes.

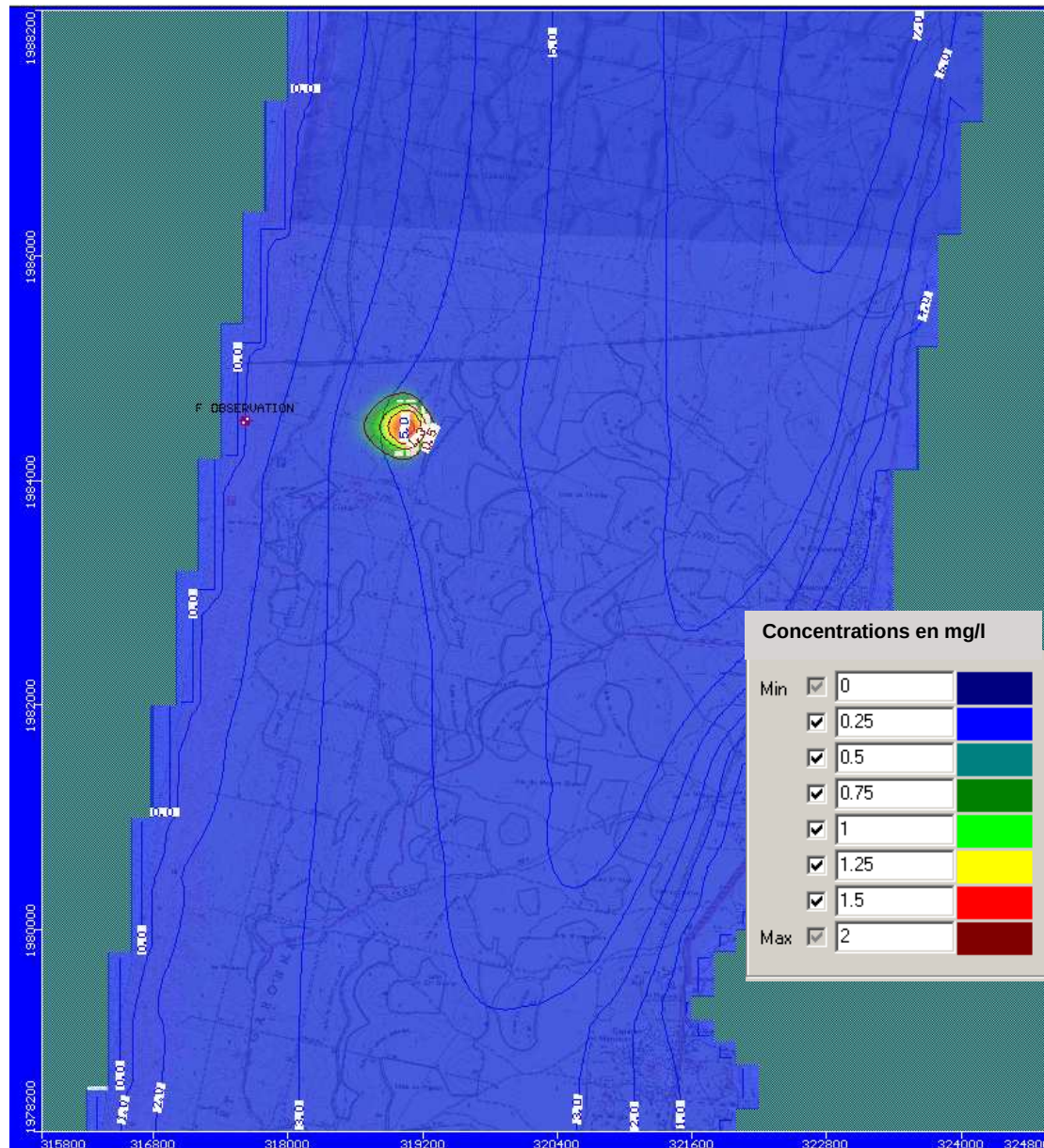


Figure 34 : Propagation du panache à 365 jours

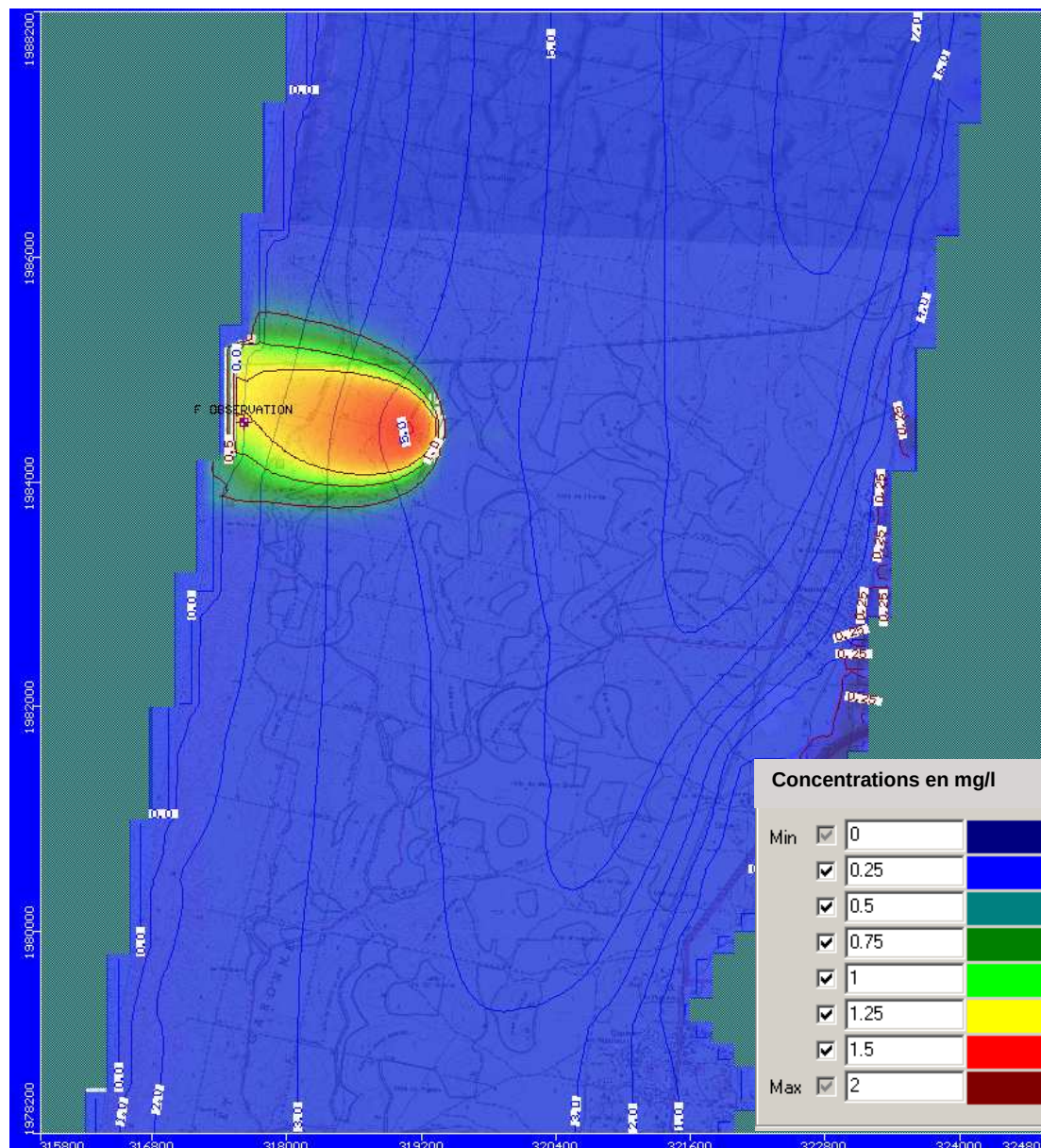


Figure 35 : Propagation du panache à 7 300 jours

Les phénomènes de convection sont prédominants. Le panache de pollution s'étale principalement dans la direction d'écoulement de la nappe. L'ensemble du flux de pollution s'étend en direction de l'océan.

Un piézomètre d'observation a été placé sur la plage du Crohot, à la perpendiculaire de la zone d'infiltration. L'évolution des concentrations au cours du temps est présentée sur le graphique ci-dessous.

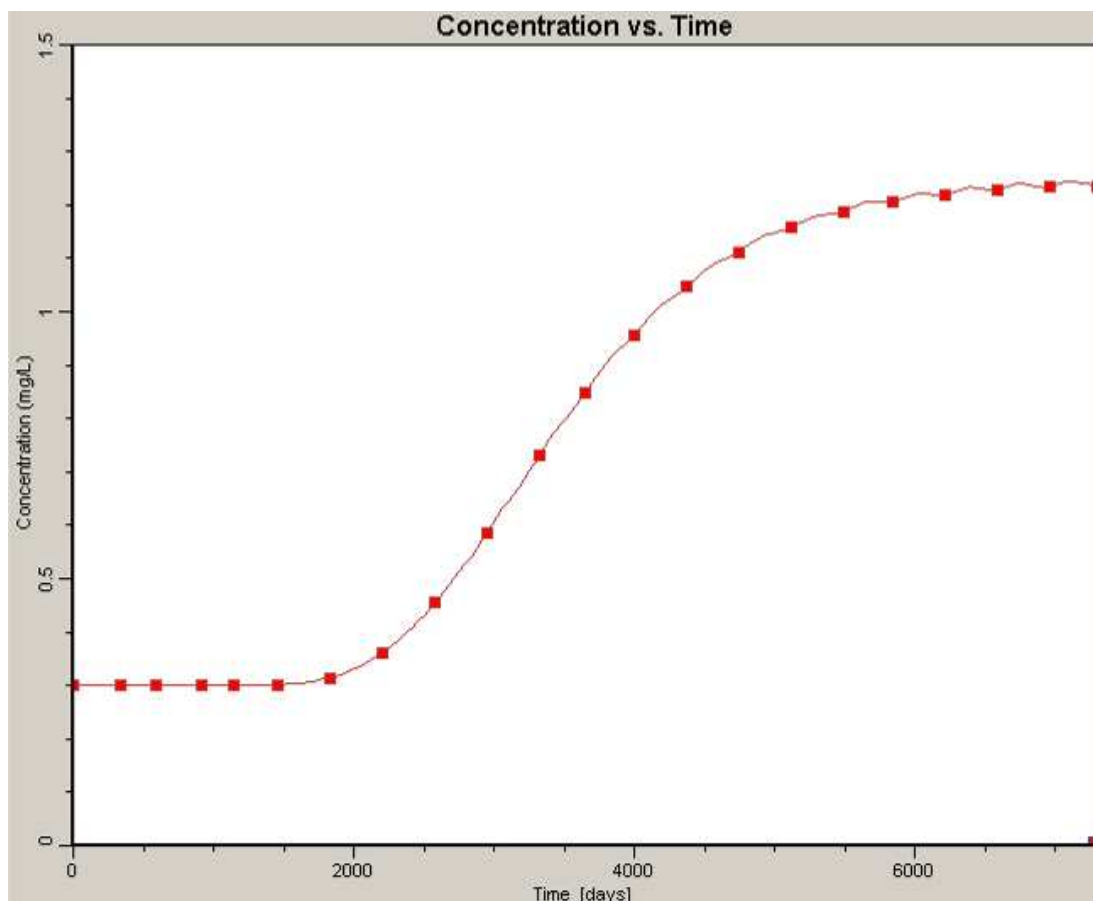


Figure 36 : Évolution de la concentration au niveau de l'océan au droit de la zone d'étude

Le panache atteint la plage située à l'aval de la zone d'infiltration au bout de 5 ans environ. La concentration observée au niveau du piézomètre d'observation augmente jusqu'à la 17^{ème} année, elle tend ensuite à se stabiliser à environ 1,19 mg/l, soit 83 % de la concentration du rejet (1,5 mg/l).

C- Incidence sur les zones de résurgences

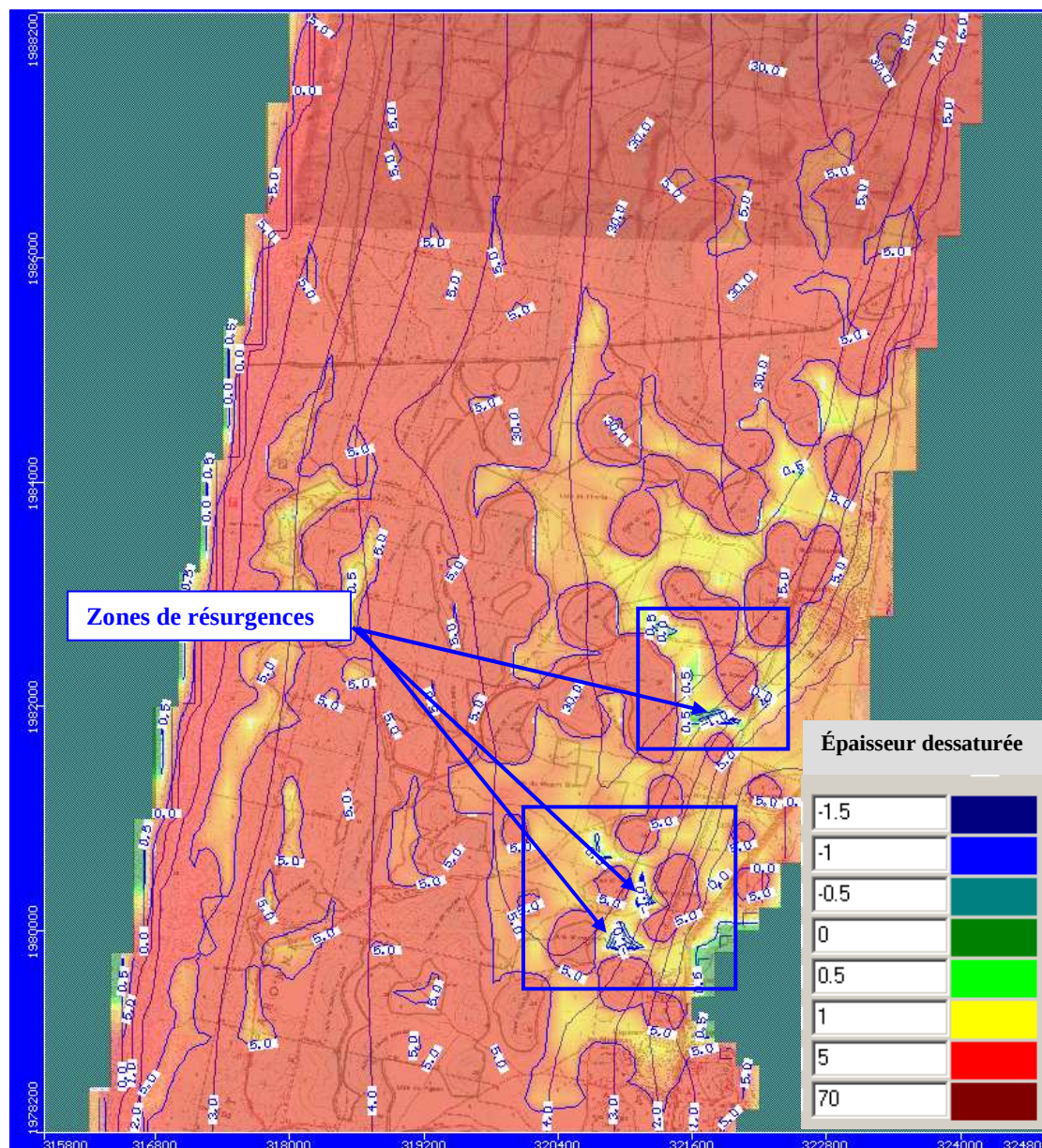


Figure 37 : Zones de résurgence identifiées

Aucune nouvelle zone de résurgences n'apparaît. La surface totale de résurgences est de 5,9 ha contre 5,2 ha initialement. La hauteur d'eau maximale mesurée est de 1 mètre.

3.4.3 Simulation 3 – infiltration de 5 000 m³/j au nord de la zone d'infiltration n° 11 en limite communale

3.4.3.1 Hypothèses

La zone d'infiltration a été décalée au nord de la zone d'infiltration 11, à proximité de la limite communale avec le Porge.

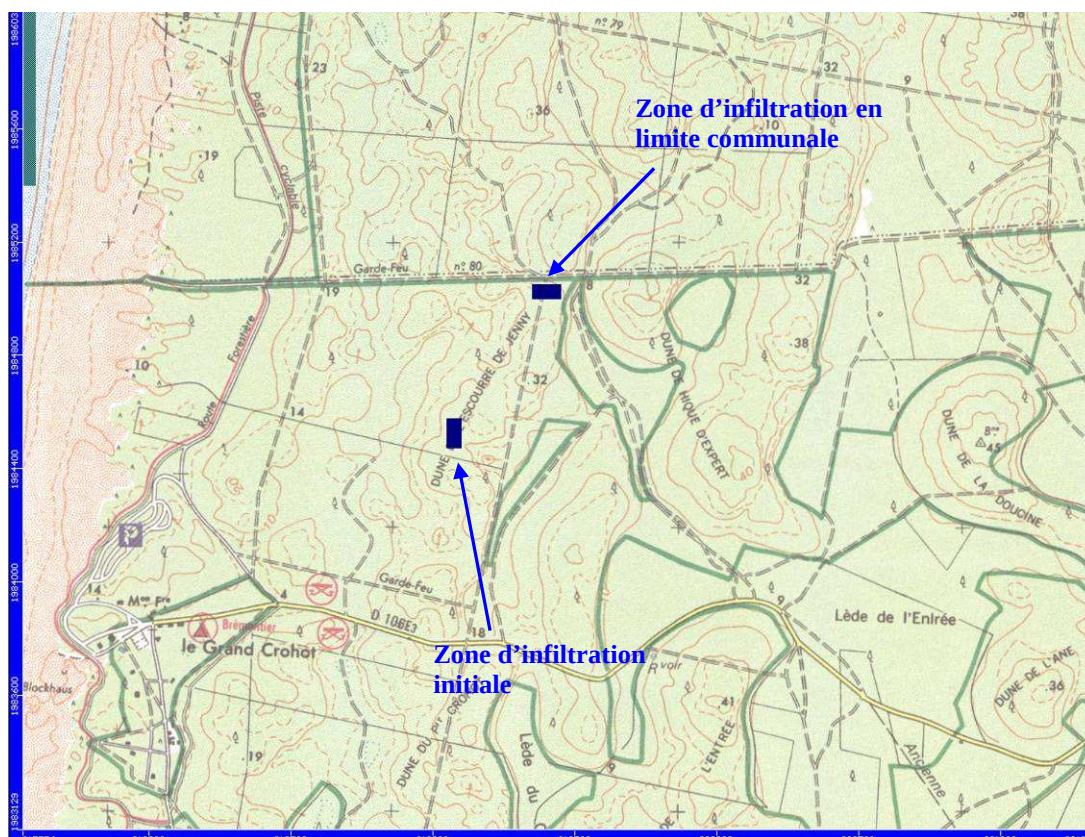


Figure 38 : Localisation de la nouvelle zone d'infiltration

Comme précédemment, cette simulation a visé à rechercher le débit maximum à infiltrer, sans engendrer l'apparition de zones de résurgences supplémentaires.

Suite à plusieurs essais, il apparaît que le débit maximum pouvant être infiltré sans engendrer de nouvelles zones de résurgences est de 5 000 m³/j environ.

3.4.3.2 Résultats

A- Incidence piézométrique

La surface piézométrique de la nappe après une durée d'infiltration de 7 300 jours est présentée ci après. Afin de se placer dans des conditions défavorables, la piézométrie présentée correspond à une période de hautes eaux.

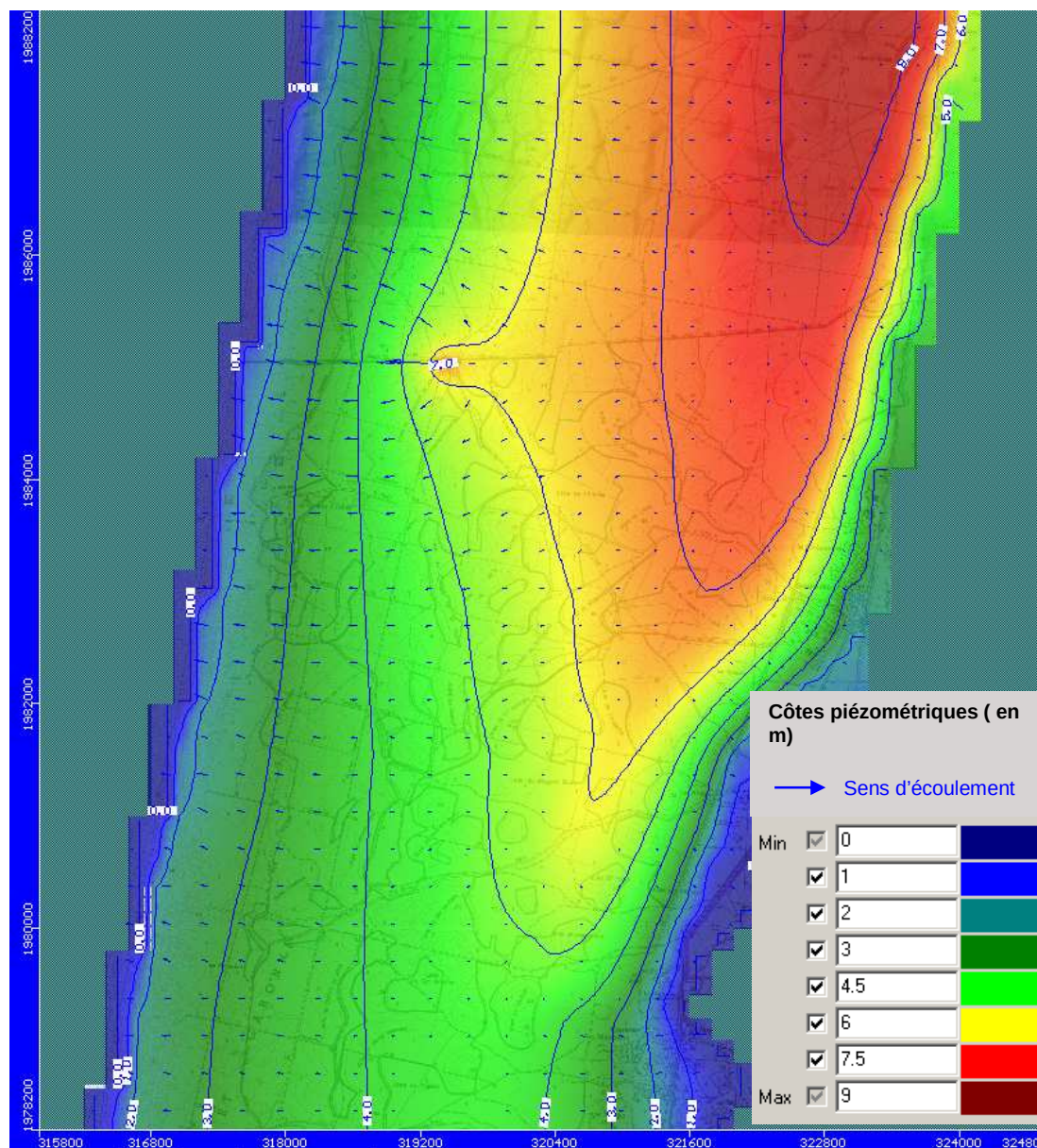


Figure 39 : Modelé piézométrique de la nappe à 7300 jours (20 ans)

À l'état initial la cote piézométrique de la nappe au droit du site est de 4,3 m NGF.

Suite à l'infiltration, un dôme piézométrique se forme au droit de la zone d'injection. La cote piézométrique de la nappe mesurée au droit de la zone d'étude est de 7 m NGF soit une épaisseur dessaturée de 10,7 m contre 13.4 m initialement.

B- Flux de pollution

Les panaches du flux de pollution, après une durée d'infiltration de 365 et de 7 300 jours, sont présentés sur les figures suivantes.

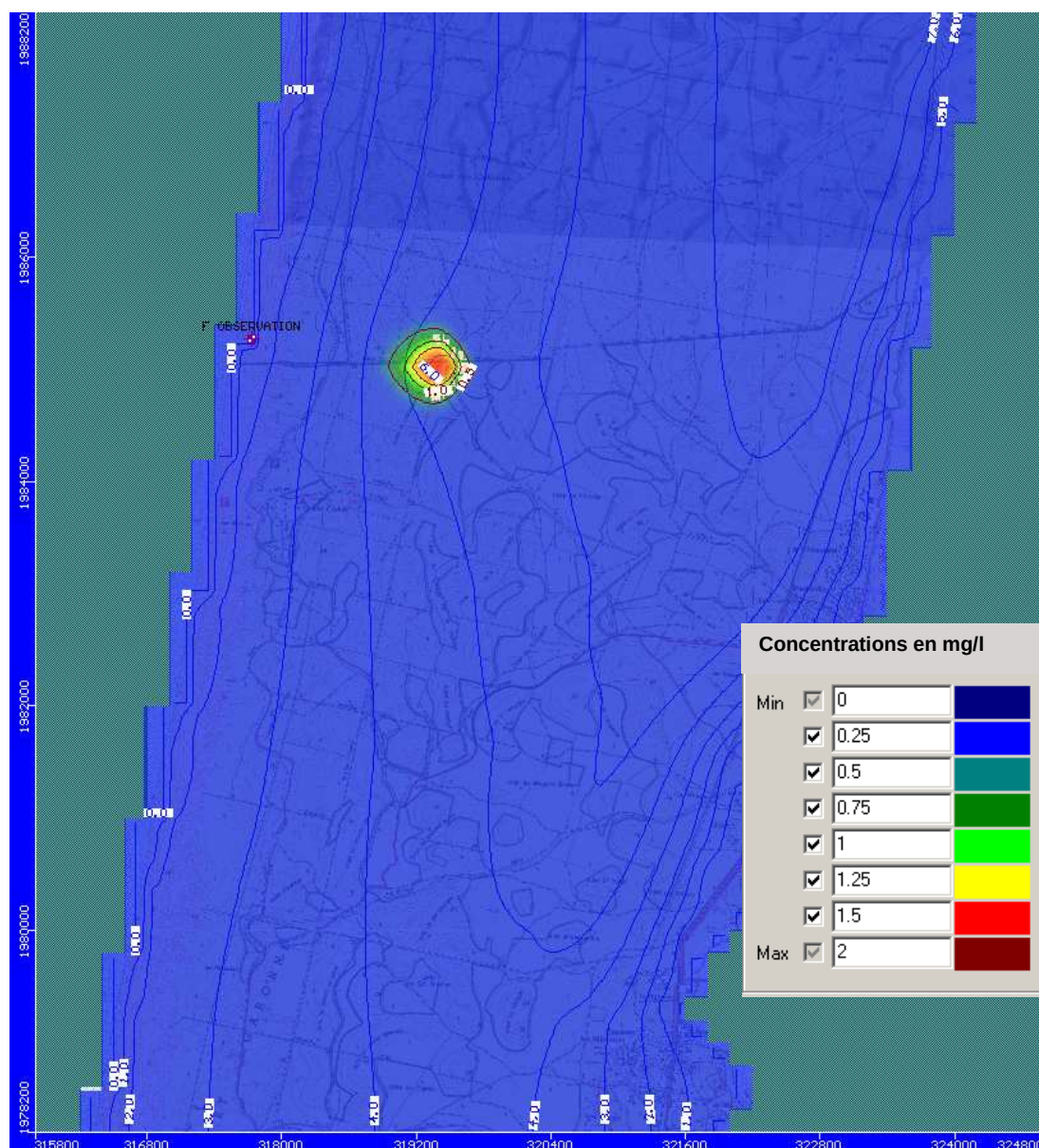


Figure 40 : Propagation du panache à 365 jours

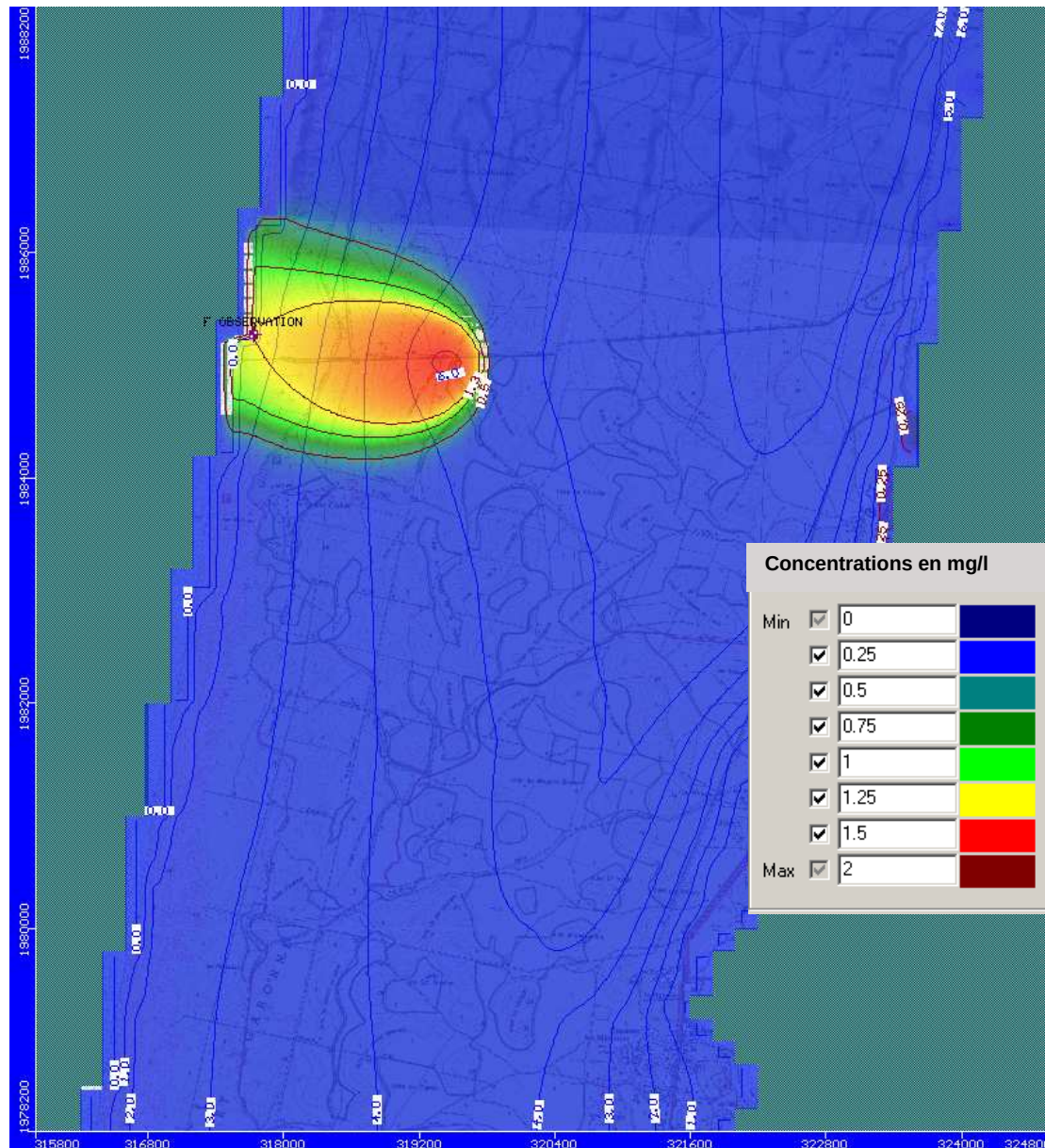


Figure 41 : Propagation du panache à 7 300 jours

Les phénomènes de dispersion longitudinale sont prédominants. Le panache de pollution s'étale principalement dans la direction d'écoulement de la nappe. L'ensemble du flux de pollution s'étend en direction de l'océan.

Un piézomètre d'observation a été placé à 1 km environ au nord de la plage du Crohot, à la perpendiculaire de la zone d'infiltration. L'évolution des concentrations au cours du temps est présentée sur le graphique ci-dessous.

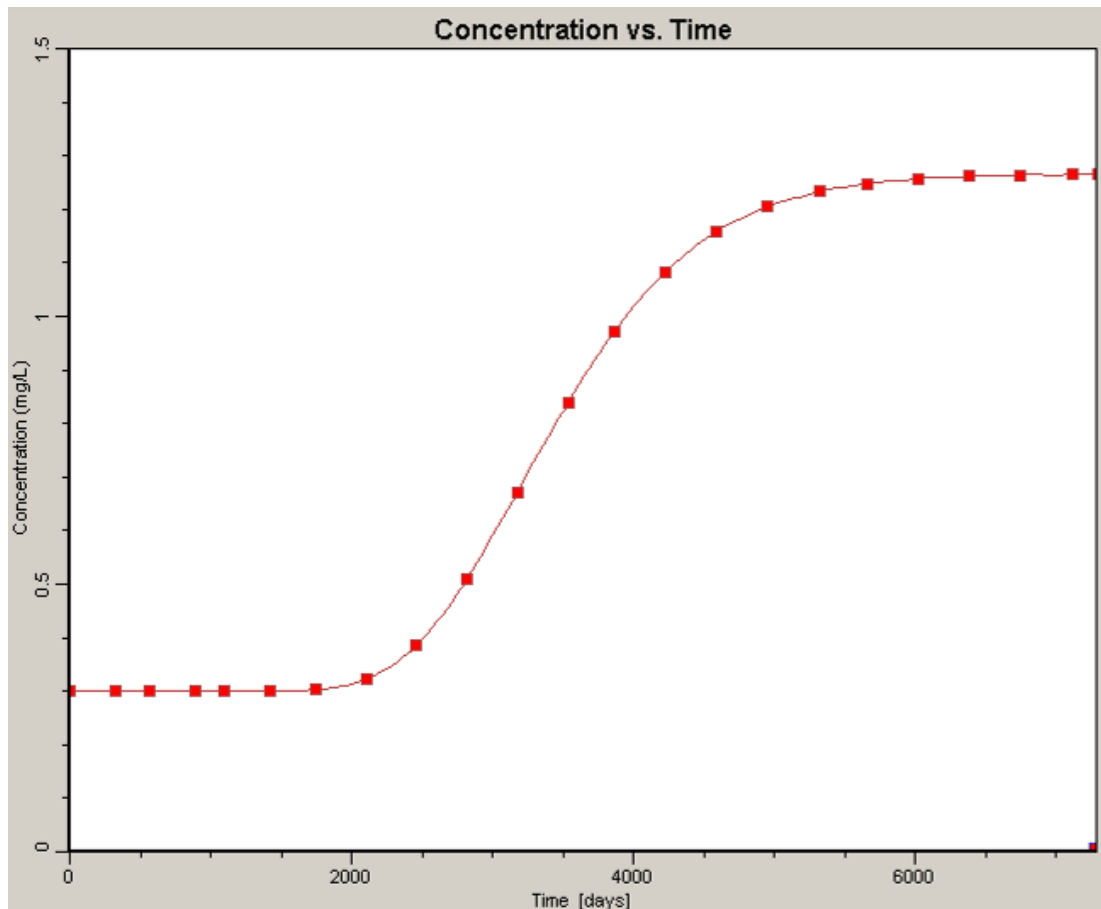


Figure 42 : Évolution de la concentration au niveau de l'océan au droit de la zone d'étude

Le panache atteint la plage située à l'aval de la zone d'infiltration au bout de 6 ans environ. La concentration observée au niveau du piézomètre d'observation augmente jusqu'à la 16^{ème} année, elle tend ensuite à se stabiliser à environ 1,26 mg/l, soit 84 % de la concentration du rejet (1,5 mg/l).

Suite à un arrêt de l'infiltration, le temps nécessaire à la nappe pour retrouver sa qualité initiale est de 28 ans (44^{ème} année), elle peut être définie en trois phases :

- ✓ une première phase de décroissance lente les 10 premières années ;
- ✓ une décroissance forte les 14 années suivantes ;
- ✓ et à nouveau lente de la 40^{ème} à la 44^{ème} année.

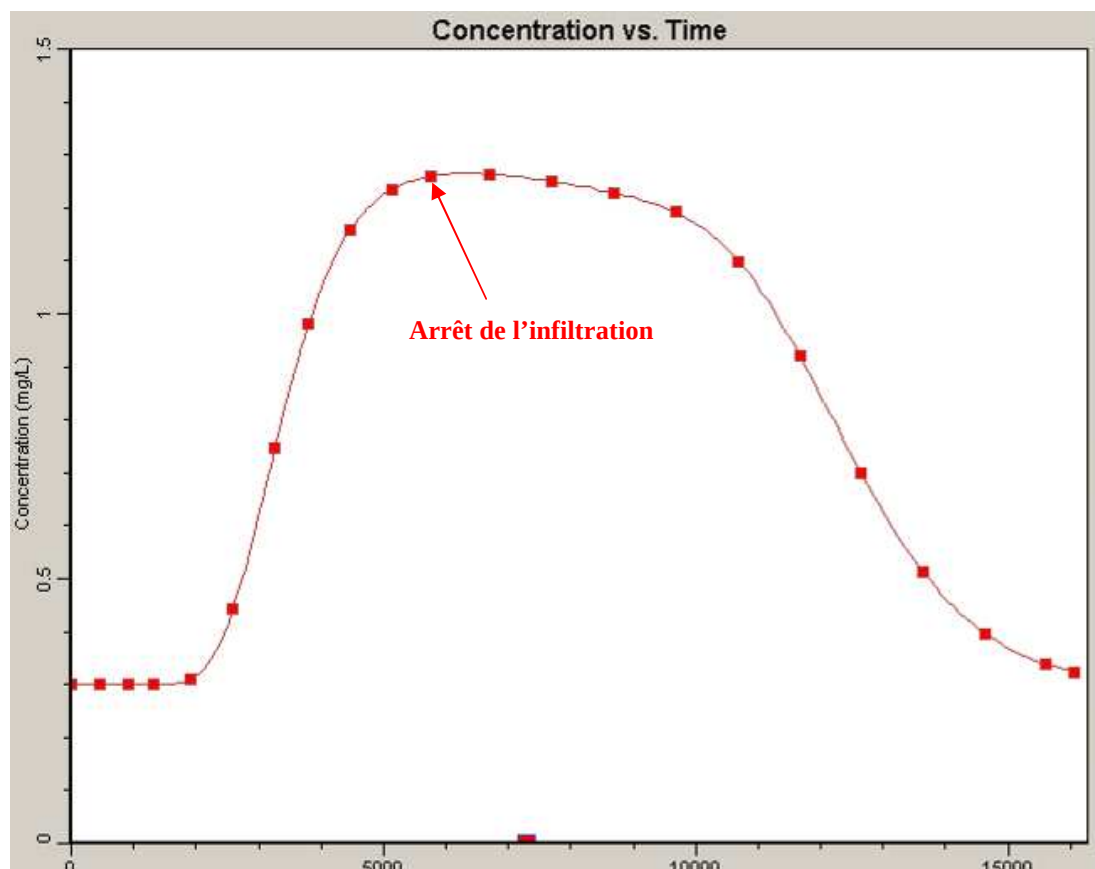


Figure 43 : Évolution de la concentration en polluant au niveau de la plage

C- Incidence sur les zones de résurgences

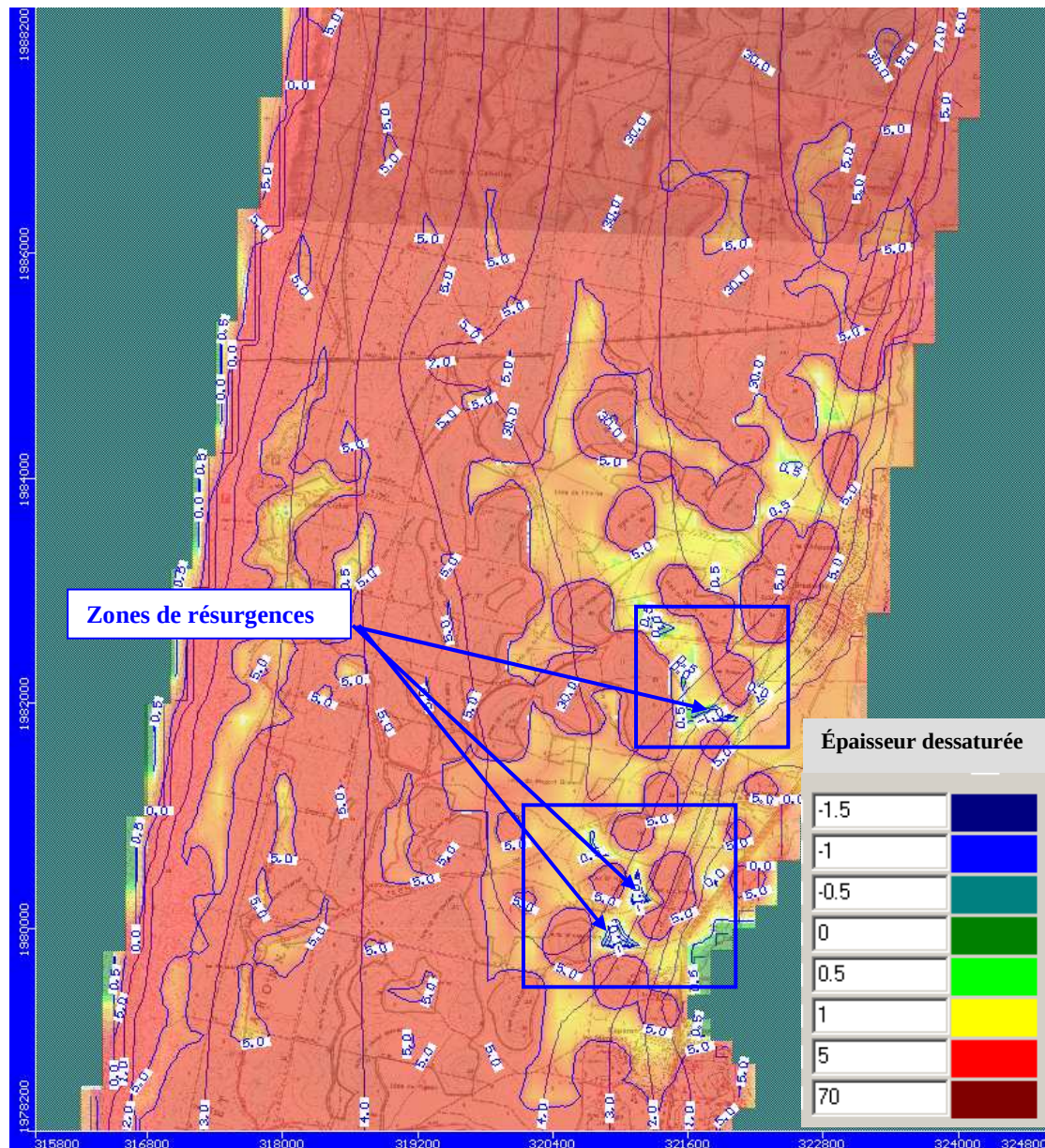


Figure 44 : Zones de résurgences identifiées

Aucune nouvelle zone de résurgences n'apparaît. La surface totale de résurgences est de 6,3 ha contre 5,2 ha initialement.

3.4.4 Simulation 4 – infiltration sur différents sites

3.4.4.1 Hypothèses

Dans le but d'augmenter les débits infiltrés sans entrainer la formation de résurgences supplémentaires, une 2^{ème} zone d'infiltration a été recherchée.

Suite à plusieurs essais, il apparaît que l'infiltration de 500 m³/j d'effluents supplémentaires est envisageable sur la zone d'infiltration n° 8. Le même débit pourrait être infiltré sur la zone 4 à la place de la zone 8 ; cependant la zone 4 se situant directement à l'amont hydrogéologique de la plage du Grand Crohot très fréquentée, nous avons présenté ci-après la simulation sur la zone 8.

Le débit total d'infiltration est alors de 5 500 m³/j avec 5 000 m³/j infiltrés au nord de la zone 11 et 500 m³/j infiltrés au niveau de la zone d'infiltration 8.

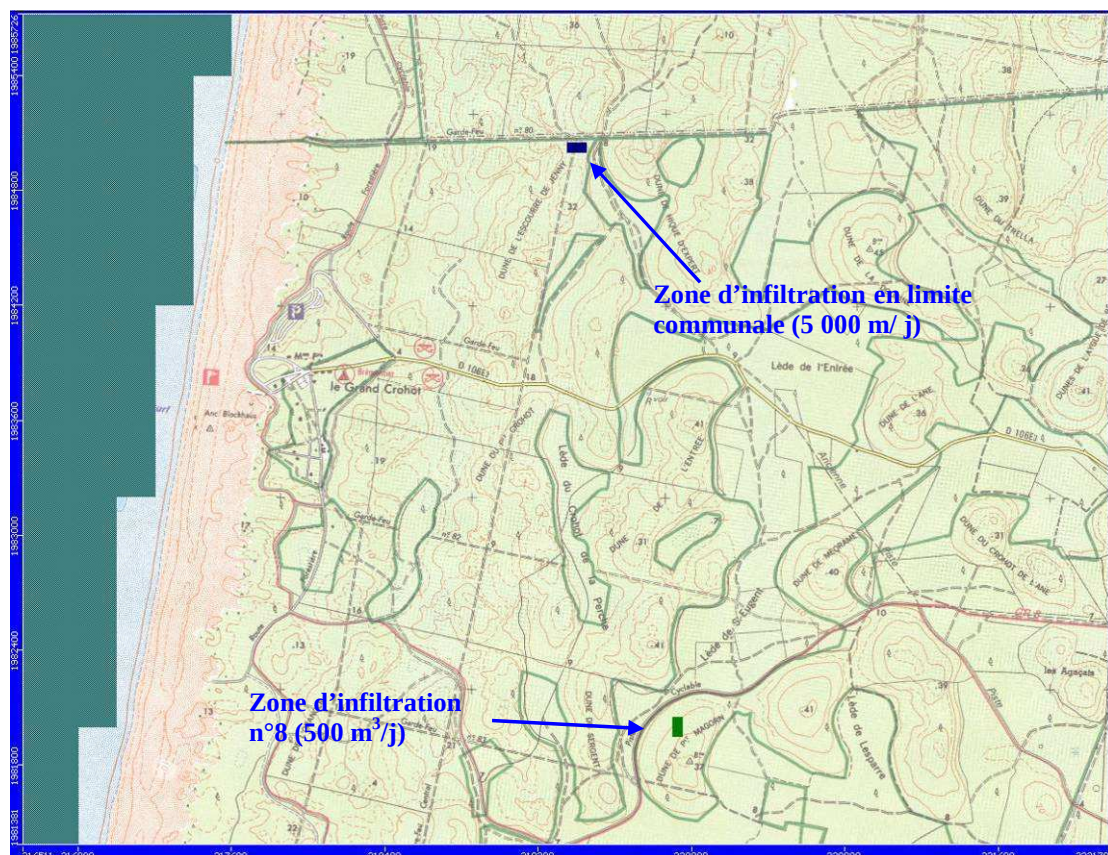


Figure 45 : Localisation des zones d'infiltration

3.4.4.2 Résultats

A- Incidence piézométrique

La surface piézométrique de la nappe après une durée d'infiltration de 7 300 jours est présentée ci après.

Afin de se placer dans des conditions défavorables, la piézométrie présentée correspond à une période de hautes eaux.

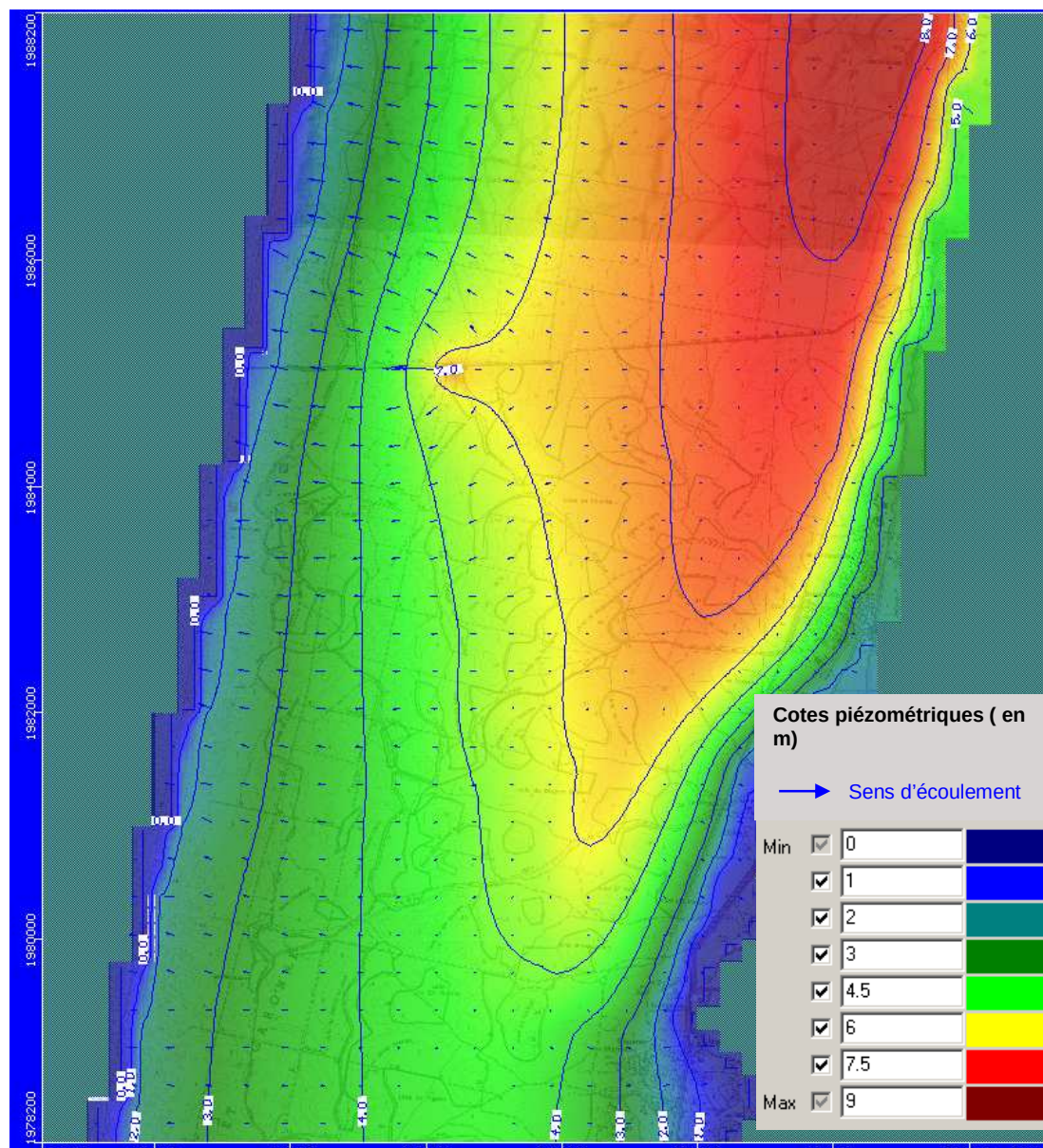


Figure 46 : Modelé piézométrique de la nappe à 7 300 jours (20 ans)

À l'état initial, la cote piézométrique de la nappe au droit de la zone d'étude est de 4,3 m NGF pour la zone d'infiltration nord, et de 4,7 m NGF pour la zone d'infiltration 8.

Suite à l'infiltration, un dôme piézométrique se forme au droit de la zone d'injection. La cote piézométrique de la nappe mesurée au droit de la zone d'étude n° 8 est de 5,7 m NGF soit une épaisseur dessaturée de 16,5 m contre 17,5 m initialement.

B- Flux de pollution

Les panaches du flux de pollution, après une durée d'infiltration de 365 et de 7 300 jours, sont présentés sur les figures suivantes.

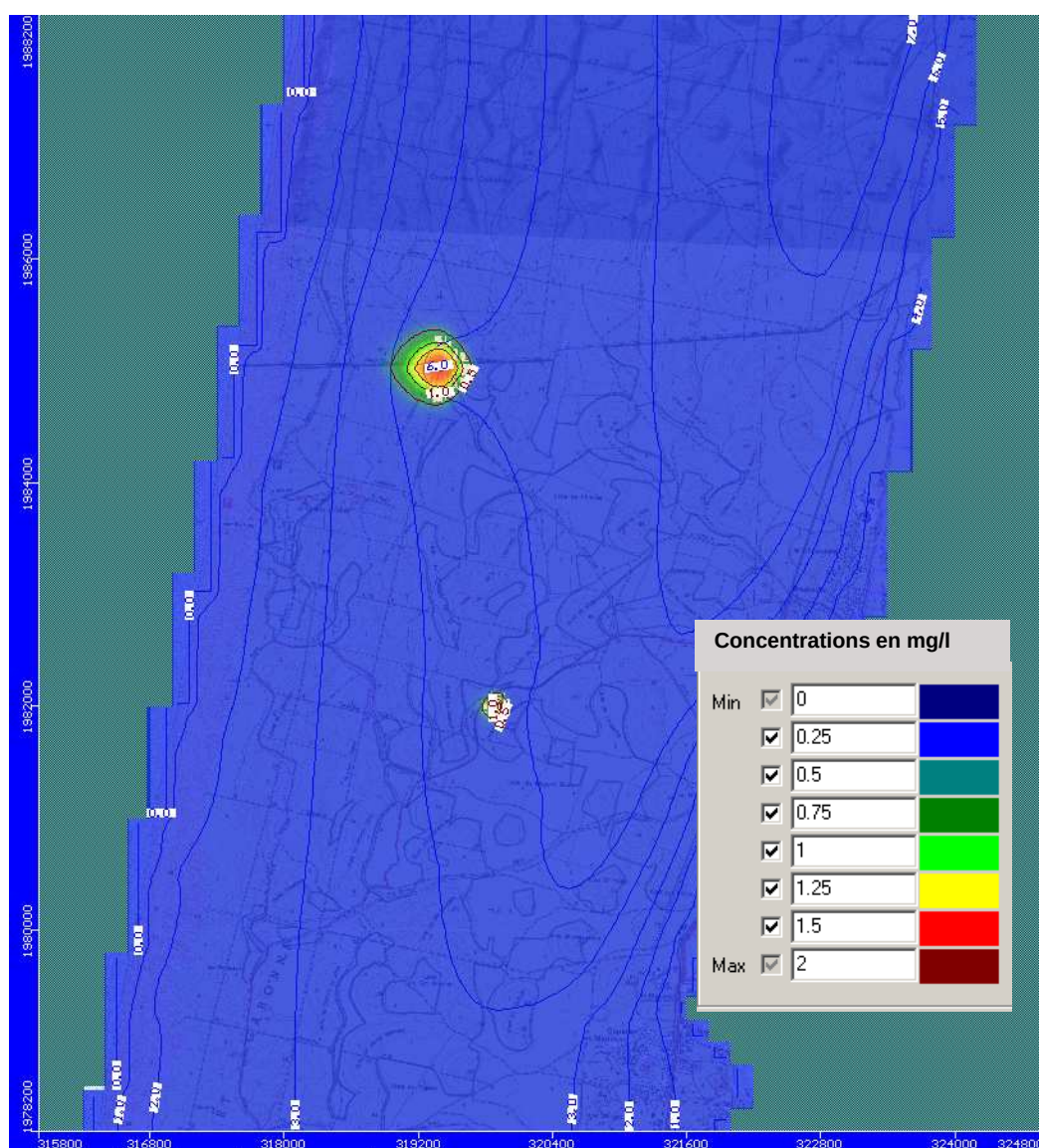


Figure 47 : Propagation du panache à 365 jours

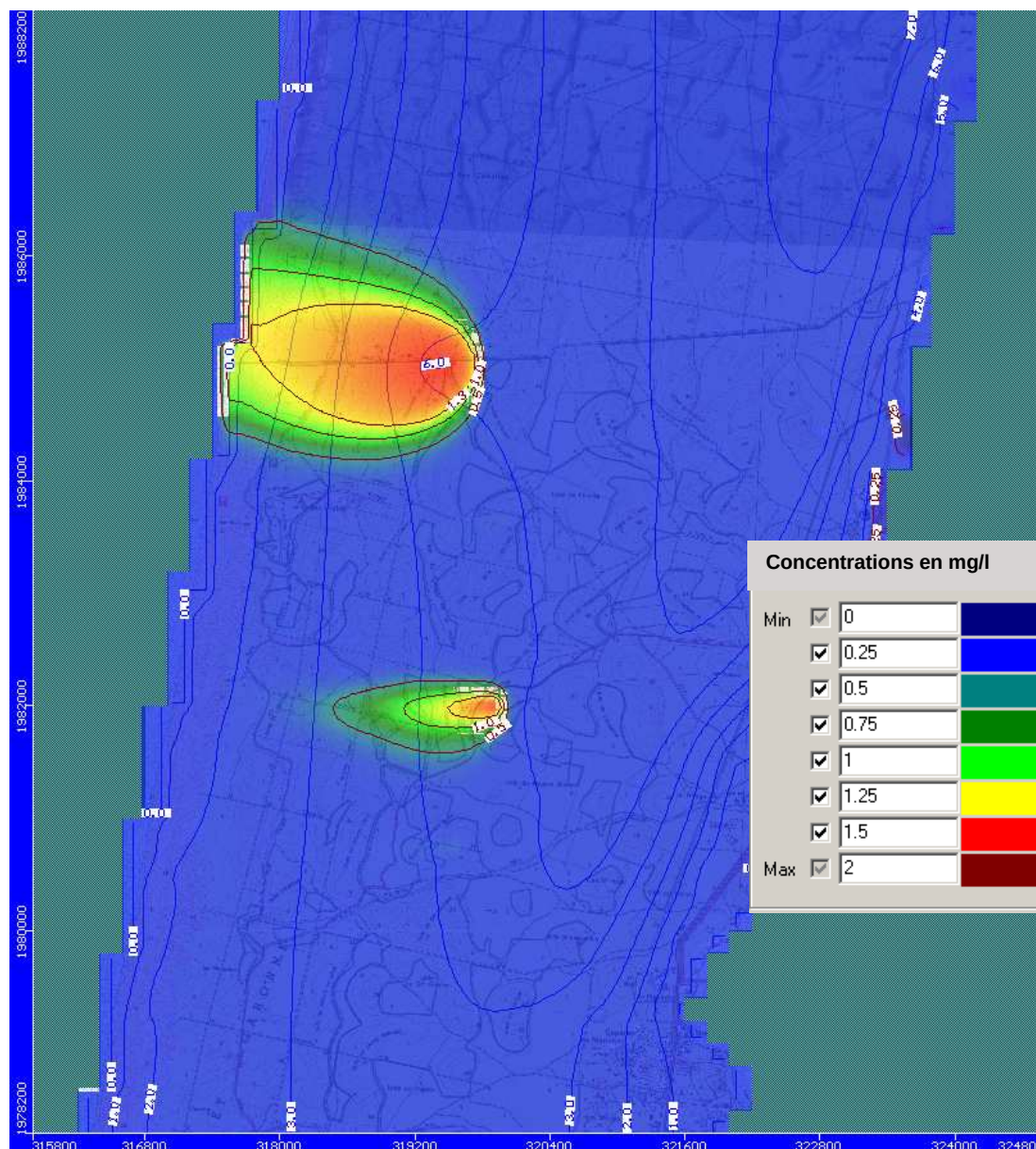


Figure 48 : Propagation du panache à 7 300 jours

Les phénomènes de convection sont prédominants. Le panache de pollution s'étale principalement dans la direction d'écoulement de la nappe. L'ensemble du flux de pollution est dirigé vers l'océan.

L'évolution de la concentration au nord de la plage du Crohot est identique à celle présentée dans le cadre de la simulation n° 3.

Concernant la zone d'infiltration n° 8, le panache de pollution n'atteint pas la plage après une durée d'infiltration de 7 300 jours.

C- Incidence sur les zones de résurgences

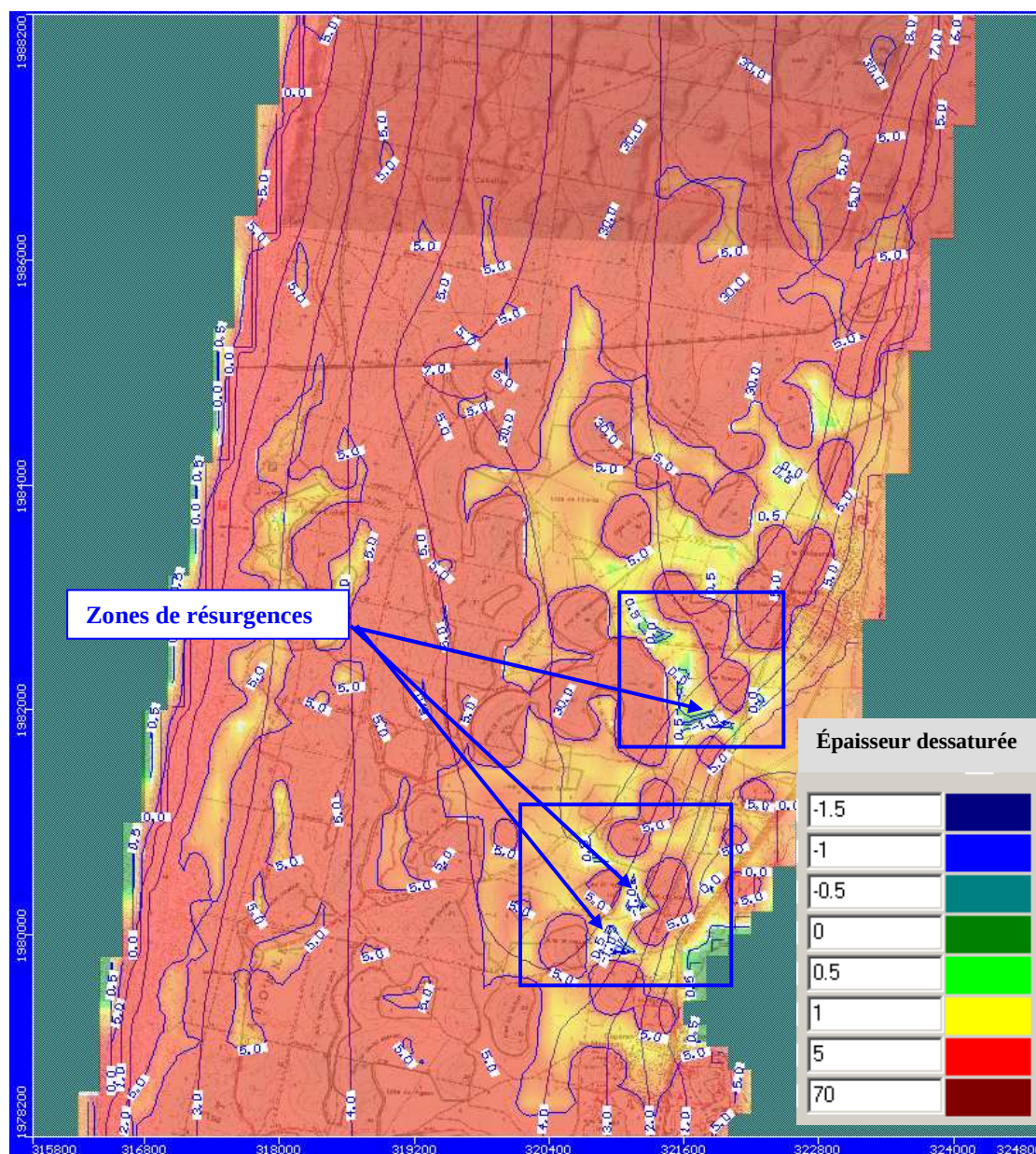


Figure 49 : Zones de résurgences identifiées

Aucune nouvelle zone de résurgences n'apparaît. La surface totale de résurgences est de 6,9 ha contre 5,2 ha initialement.

3.5 SIMULATIONS COMPLÉMENTAIRES SUITE À LA RÉUNION DU 31 MAI 2012

Suite à la réunion de présentation des premiers résultats de la modélisation du 31 mai 2012, des simulations complémentaires ont été réalisées à la demande du SIBA :

- ✓ infiltration de 5 000 m³/j sur la zone 11, uniquement sur les mois de juin à septembre ;
- ✓ infiltration de 10 000 m³/j sur la zone 11 également, uniquement sur les mois de juin à septembre.

Les résultats présentés devront permettre d'apprécier :

- ✓ l'incidence quantitative de l'infiltration sur les résurgences ;
- ✓ l'incidence qualitative sur la qualité du milieu avec le suivi d'une molécule rejetée à une concentration de 2 mg/l et qui serait non présente à l'état naturel ;
- ✓ la concentration maximum en amont permettant de limiter l'impact qualitatif sur le rivage.

3.5.1 Calage du modèle transitoire à un pas de temps mensuel

Dans le but de réaliser les simulations complémentaires, le modèle transitoire a été passé d'un pas de temps semestriel à mensuel.

Douze « Time Step » (période) ont été définies au cours de l'année, alimentées par les données mensuelles de pluie et d'ETP (cf. tableau 3) : on distingue une saison sèche (avril à octobre) et une période de recharge (novembre à mars).

D'après le bilan hydrique réalisé précédemment, il apparaît que la totalité de la recharge s'effectue entre les mois de novembre et de mars.

La piézométrie calculée est présentée sur la figure ci-dessous en hautes eaux et basses eaux. Le modelé piézométrique ainsi que la direction d'écoulement sont similaires à ceux observés pour la première modélisation.

3.5.1.1 Campagne de hautes eaux

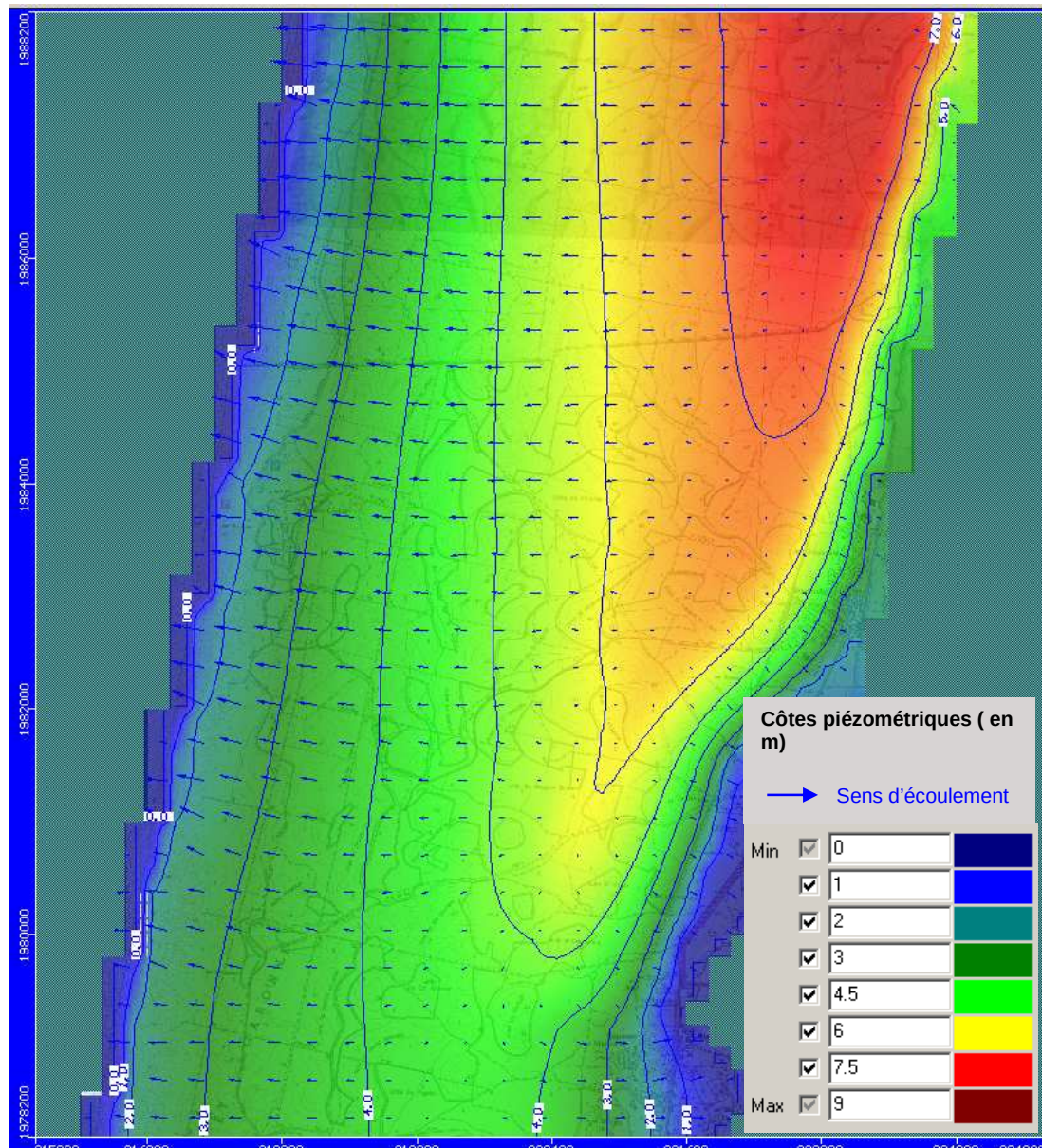


Figure 50 : Piézométrie mesurée en période de hautes eaux

Les niveaux d'eau mesurés en différents points lors de l'enquête piézométrique d'avril 2011 ont été comparés aux valeurs calculées par le modèle.

Le graphique suivant montre la corrélation entre la piézométrie calculée et celle observée. Le coefficient de corrélation atteint 0,97 ce qui est satisfaisant. Les différences entre les cotes piézométriques mesurées et calculées sont faibles et proches de celles obtenues au 3.3.1 :

- ✓ l'écart moyen est de 0,43 m ;
- ✓ l'écart maximal est de 0.98 m.

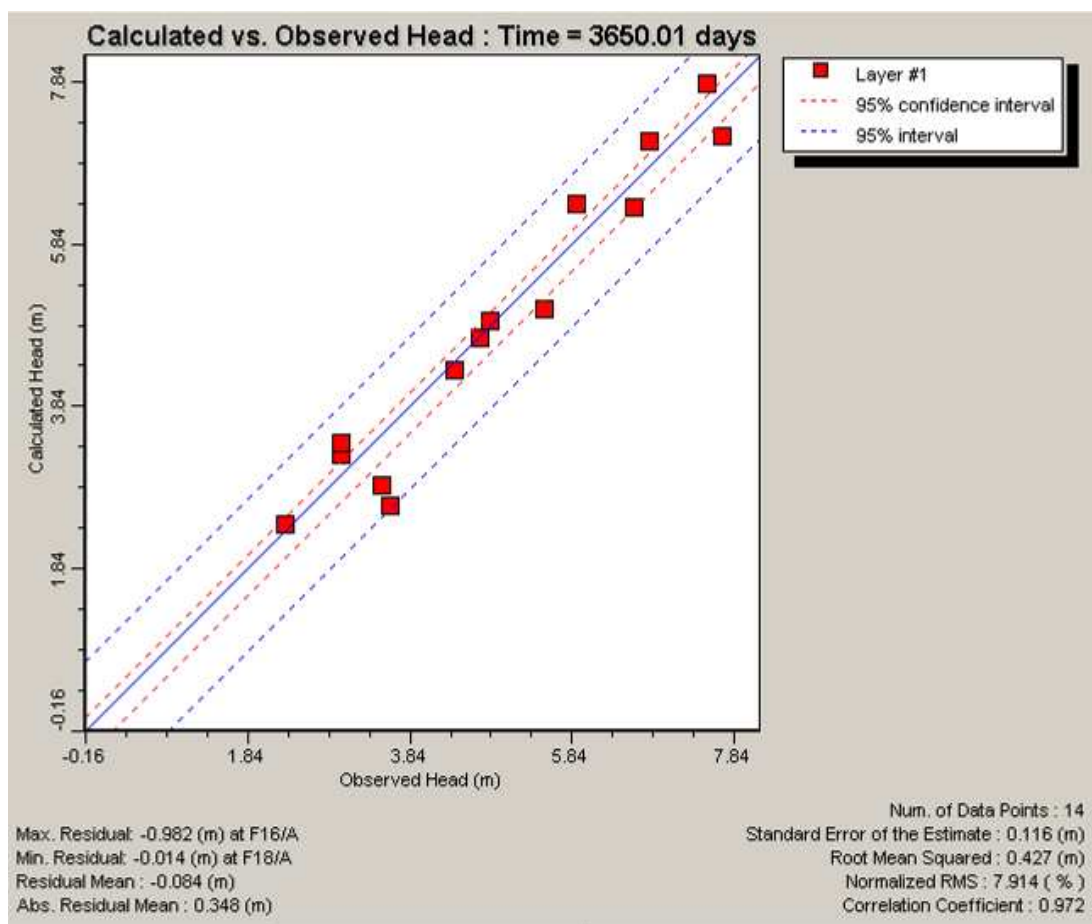


Figure 51 : Corrélation entre les cotes piézométriques calculées et observées en période de hautes eaux

3.5.1.2 Campagne de basses eaux

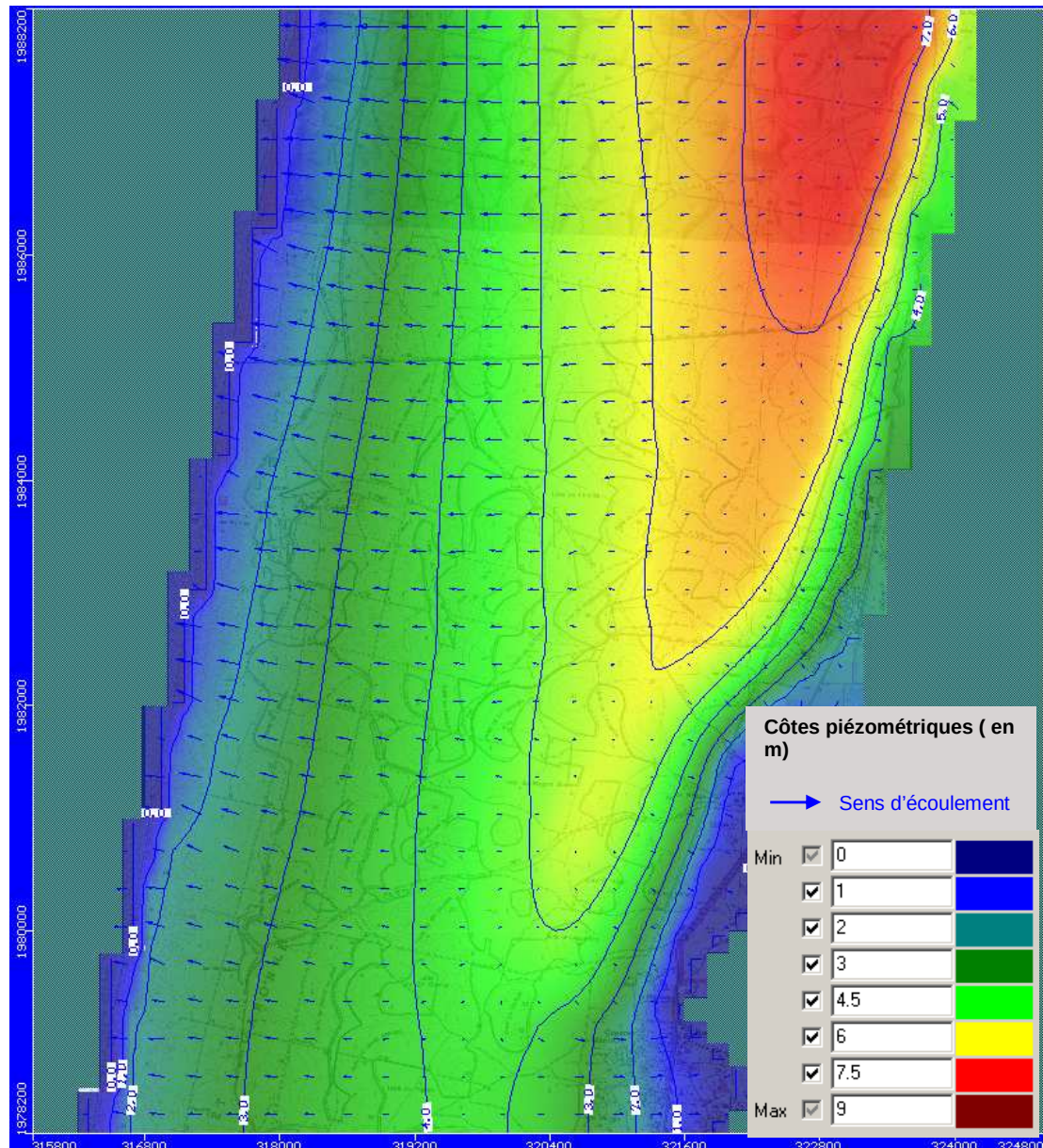


Figure 52 : Piézométrie mesurée en période de basses eaux

Les niveaux d'eau mesurés en différents points lors de l'enquête piézométrique d'avril 2011 ont été comparés aux valeurs calculées par le modèle.

Le graphique suivant montre la corrélation entre la piézométrie calculée et observée. Le coefficient de corrélation atteint 0,97 ce qui est satisfaisant. Les différences entre les cotes piézométriques mesurées et calculées restent acceptables, malgré un accroissement des écarts par rapport au 3.3.2 :

- ✓ l'écart moyen est de 0,70 m ;
- ✓ l'écart maximal est de 1,4 m.

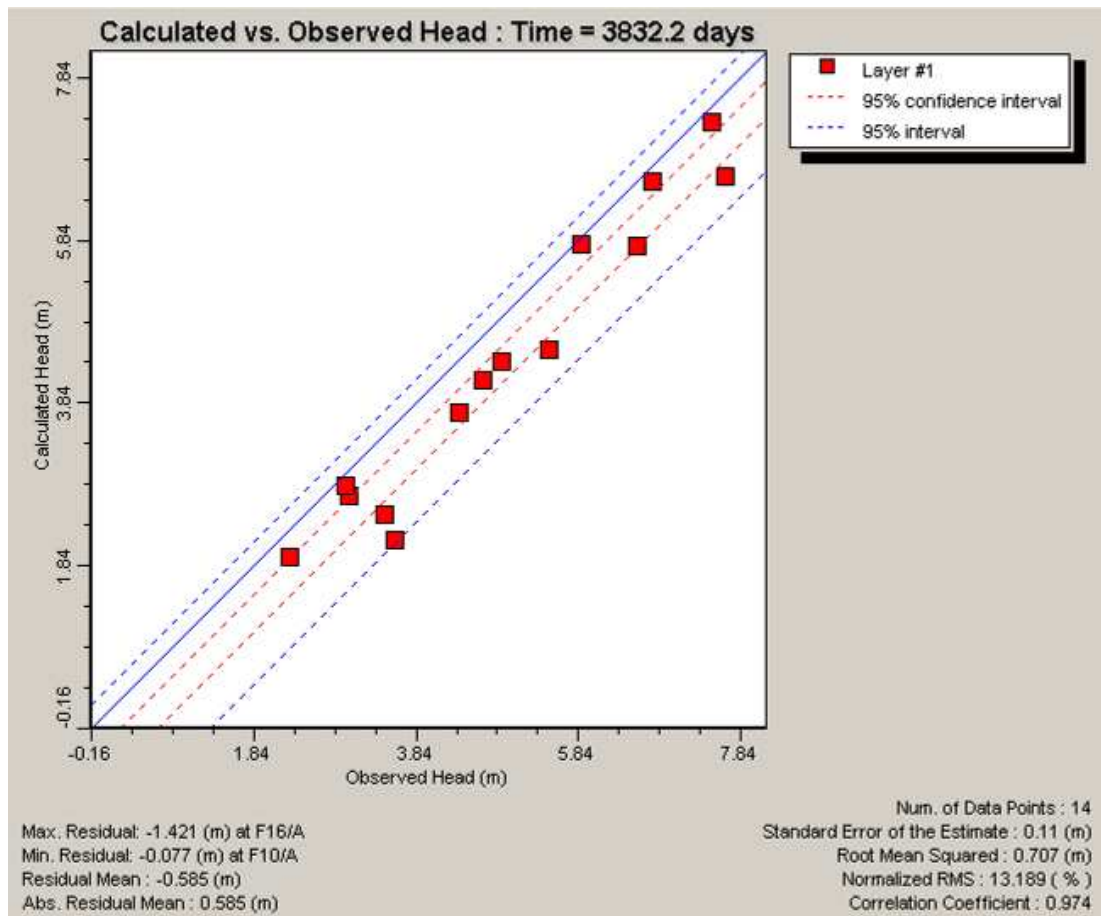


Figure 53 : Corrélation entre les cotes piézométriques calculées et observées en période de basses eaux

3.5.1.3 Incidence sur les zones de résurgence

Suite au nouveau calage du modèle à pas de temps mensuel, une analyse de la piézométrie en période de hautes eaux et de basses eaux a été effectuée. Une identification des zones de résurgence existante a été réalisée.

A- Hautes eaux

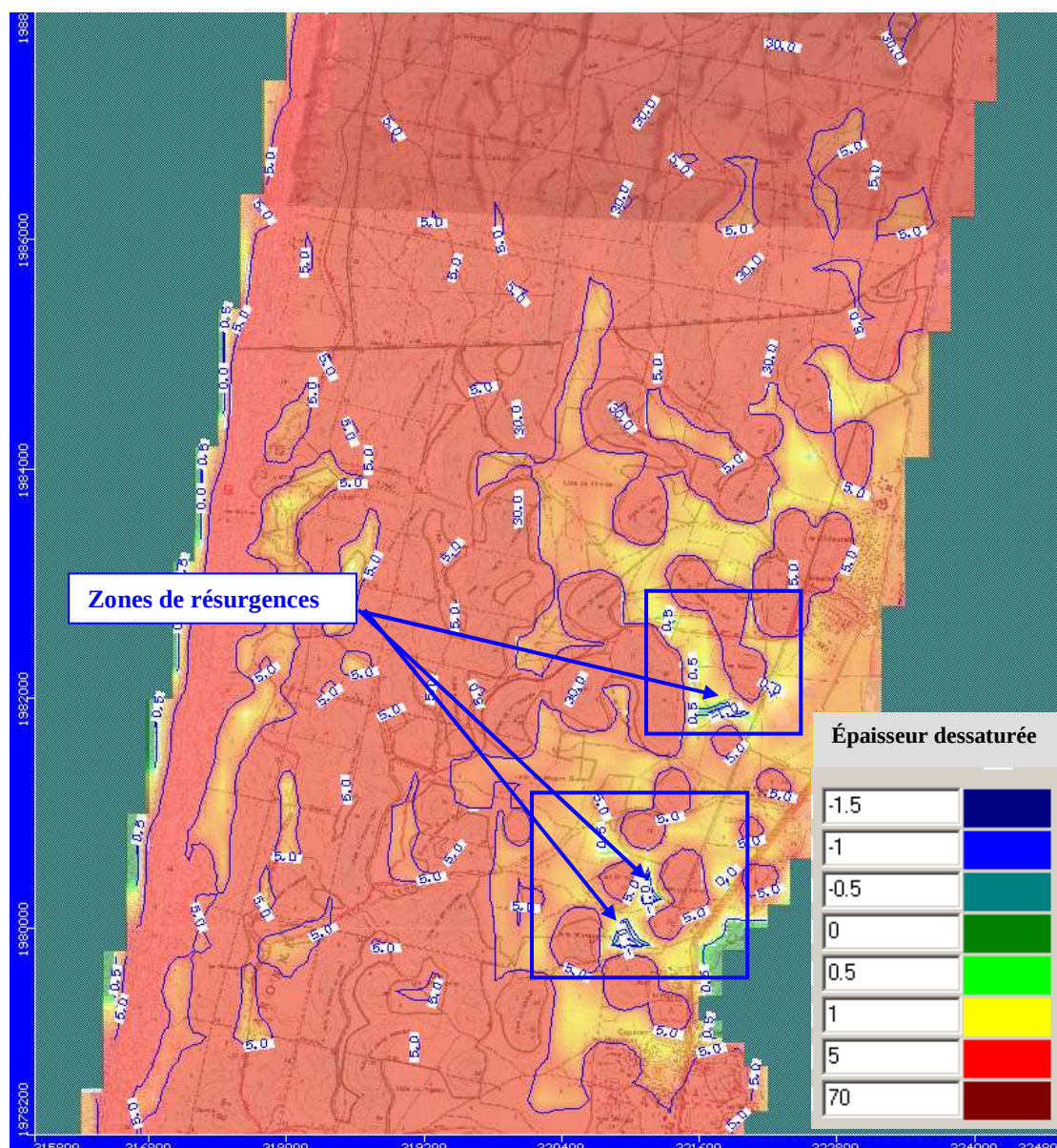


Figure 54 : Zones de résurgences en hautes eaux

Les zones de résurgence en période de hautes eaux représentent 5,2 ha (comme précédemment).

B- Basses eaux

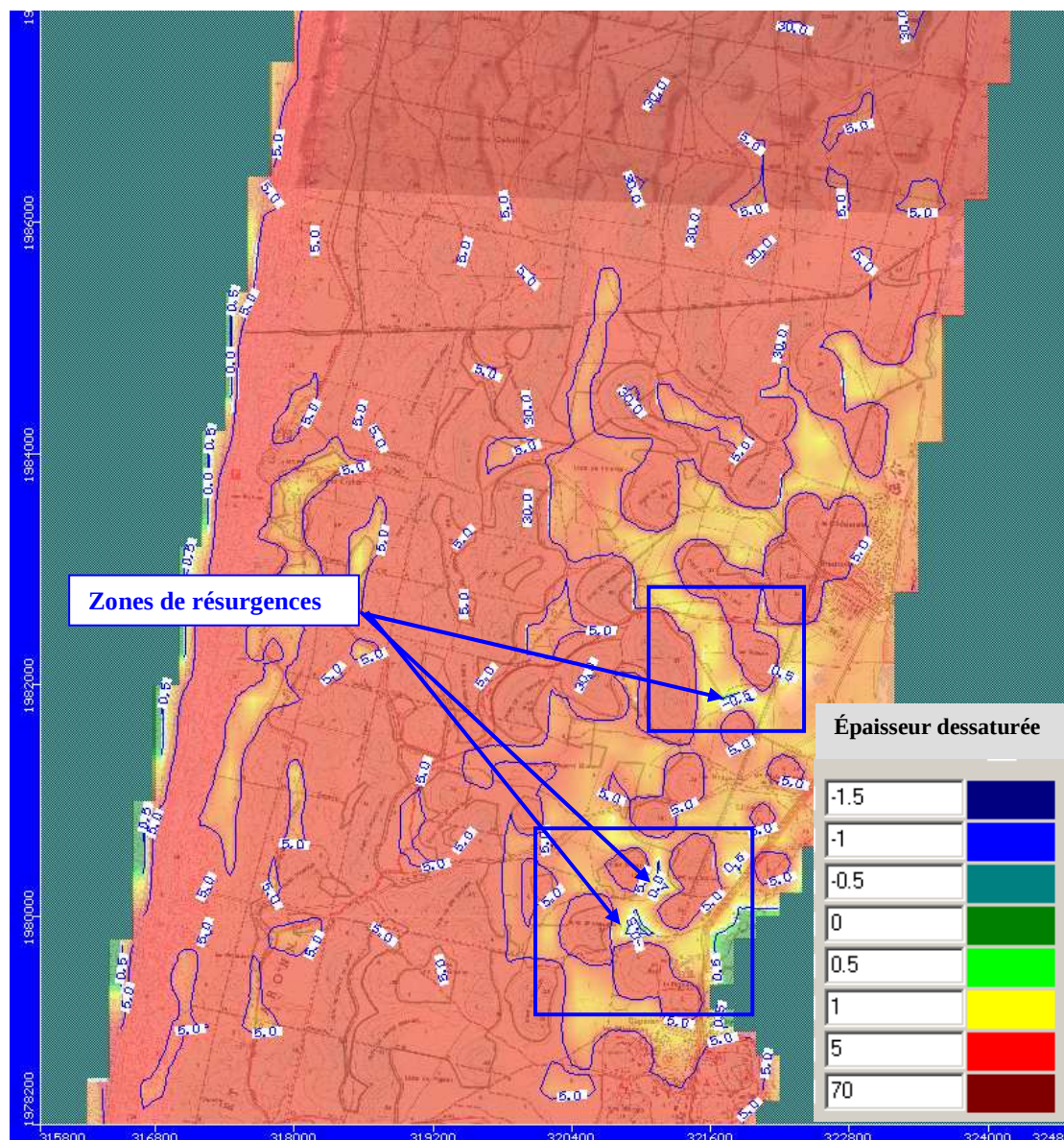


Figure 55 : Zones de résurgences en basses eaux

En période de basses eaux les zones de résurgences représentent une surface de 1,4 ha (contre 1,6 précédemment).

3.5.2 Simulation 5 – Infiltration de 5 000 m³/j de juin à septembre

3.5.2.1 Hypothèse

Cette simulation consiste à injecter un débit de 5 000 m³/j au droit de la zone d'infiltration n° 11, identifiée lors de la phase 2.

L'infiltration se fera via l'intermédiaire de bassins d'infiltrations. En retenant une lame d'eau d'infiltration de 1 m/jour, la surface d'infiltration prise en compte pour le modèle est de 5 000 m².

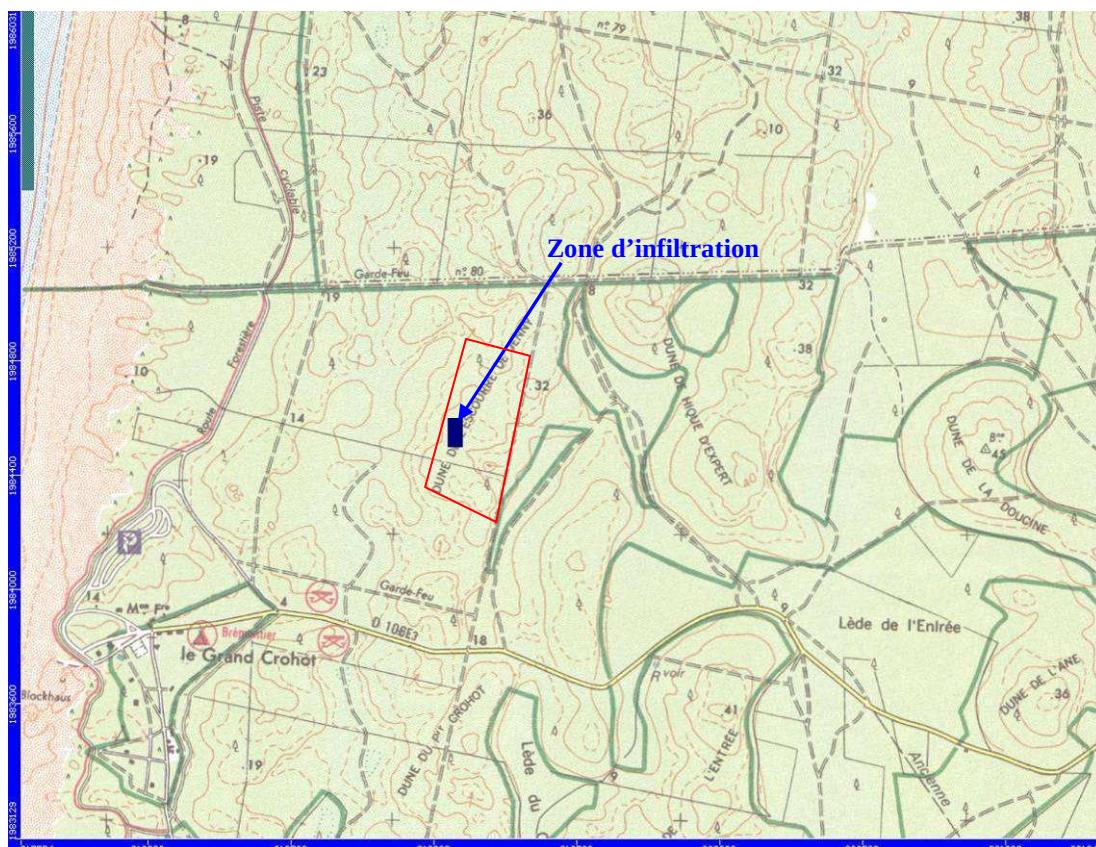


Figure 56 : Localisation de la zone d'infiltration

A- Incidence piézométrique

La surface piézométrique de la nappe après une durée d'infiltration de 3 832 jours est présentée ci-après. La piézométrie présentée correspond à une piézométrie du mois d'octobre, suite à l'infiltration d'eaux de juin à septembre.

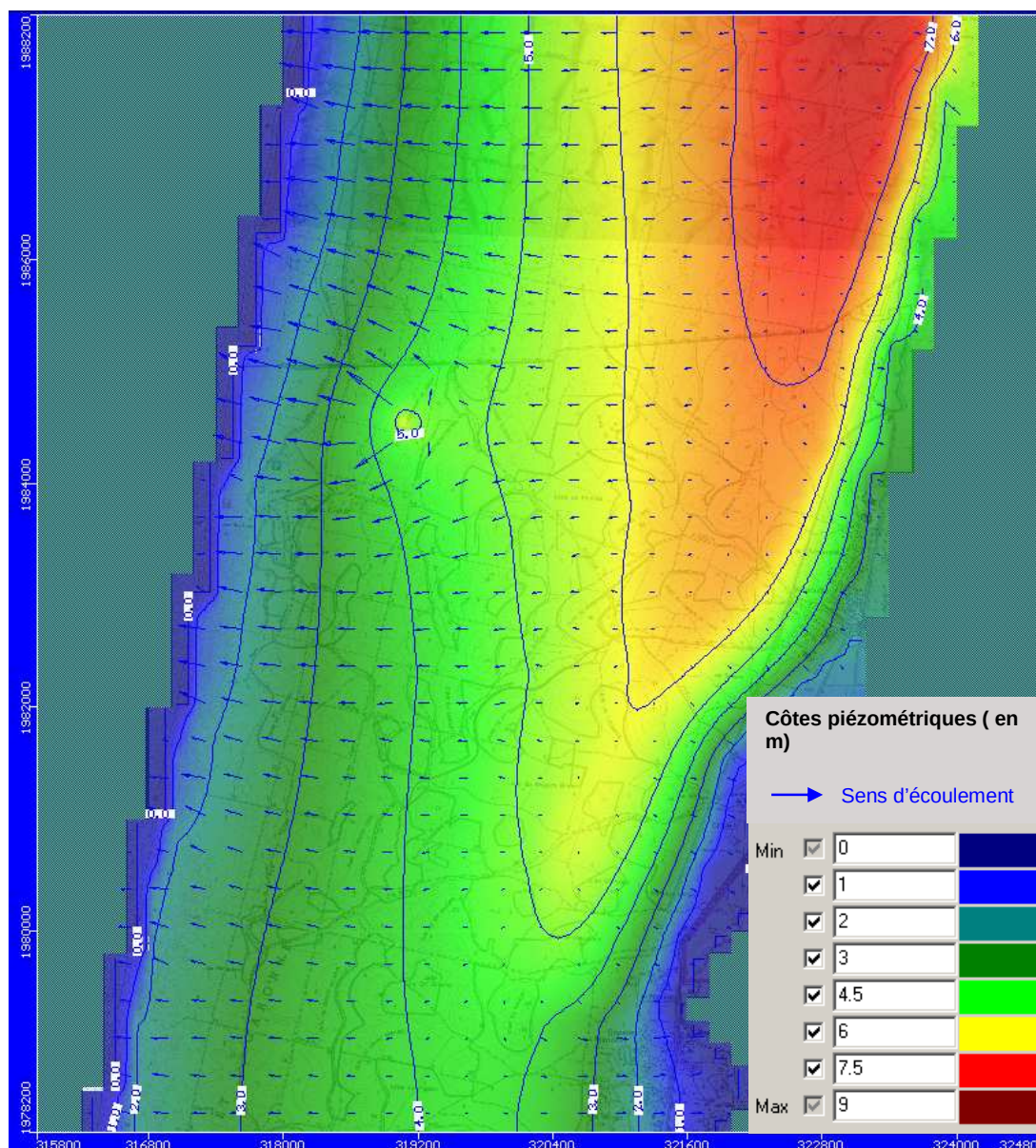


Figure 57 : Modelé piézométrique de la nappe à 3 832 jours (10 ans et 6 mois)

À l'état initial la cote piézométrique de la nappe au droit du site est de 4 m NGF.

Suite à l'infiltration, un dôme piézométrique se forme au droit de la zone d'injection. La cote piézométrique de la nappe mesurée au droit de la zone d'étude est de 5,5 m NGF soit une épaisseur déssaturée de 15.5 m contre 17 m initialement.

B- Flux de pollution

Les panaches du flux de pollution, après une durée d'infiltration de 1825 jours (5 ans) et de 10950 jours (30 ans), sont présentés sur les figures suivantes.

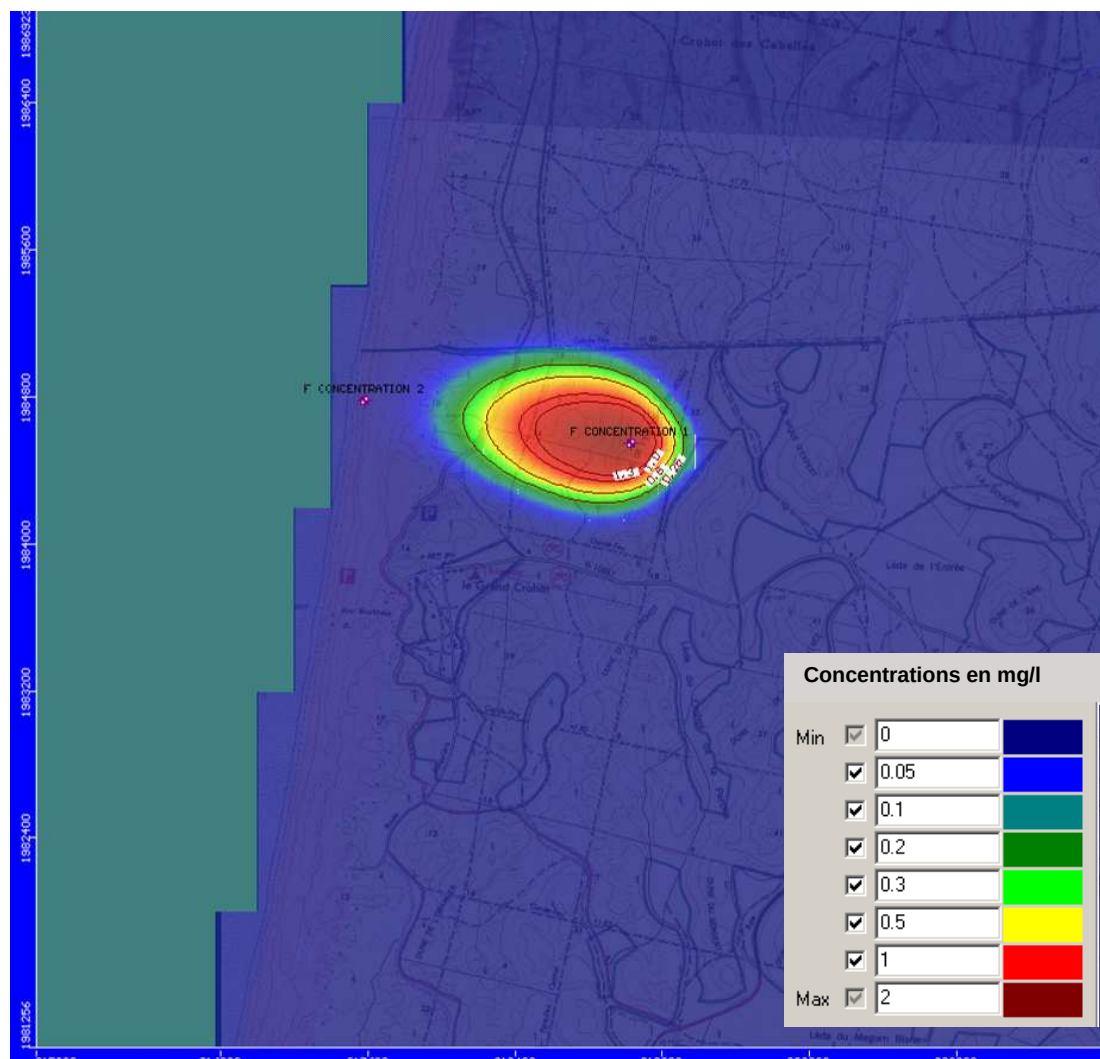


Figure 58 : Propagation du panache à 1825 jours (5 ans)

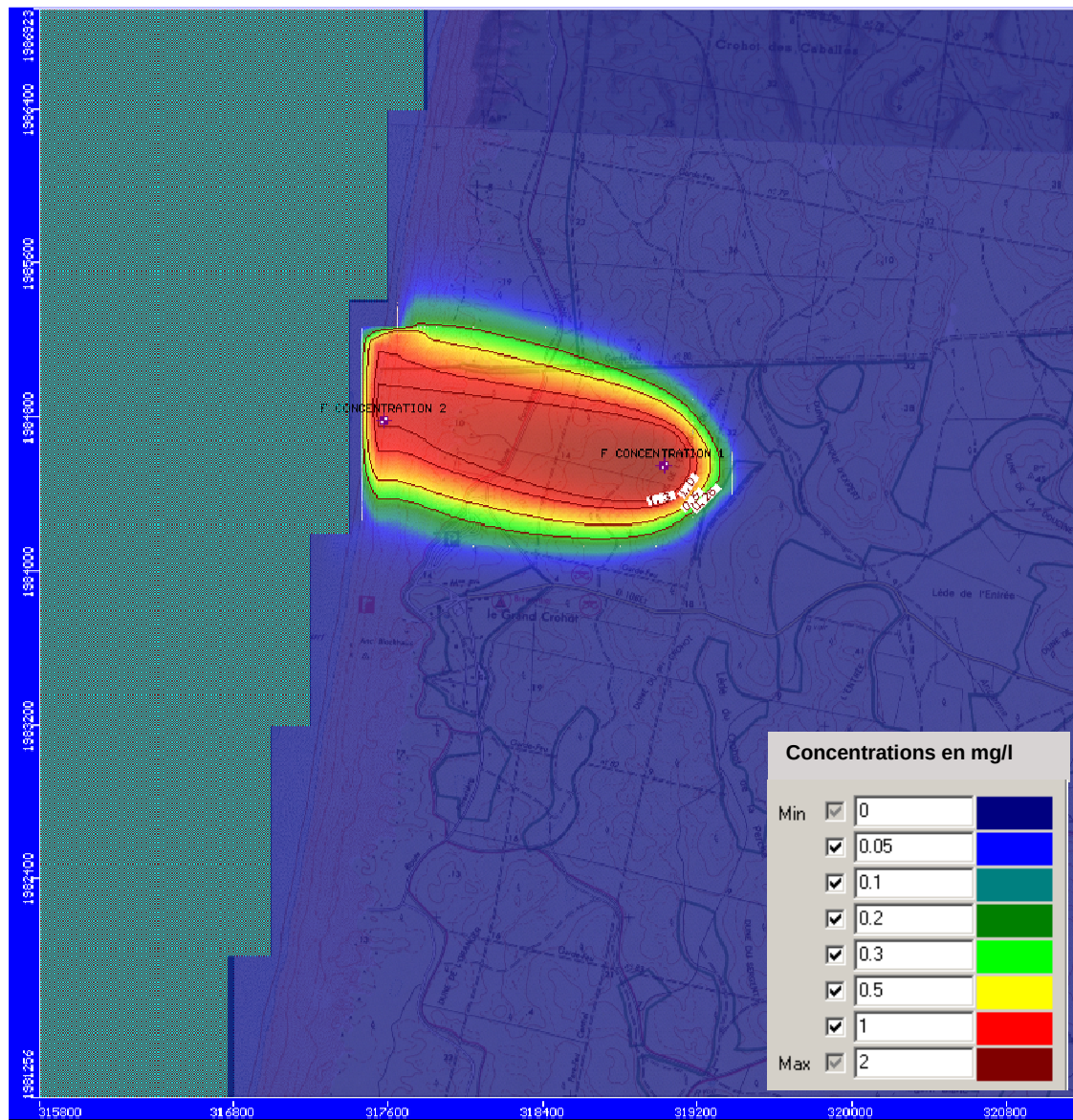


Figure 59 : Propagation du panache à 10950 jours (30 ans)

Les phénomènes de dispersion longitudinale sont prédominants. Le panache de pollution s'étale principalement dans la direction d'écoulement de la nappe. L'ensemble du flux de pollution s'étend en direction de l'océan.

Un piézomètre d'observation a été placé à 1 km environ au nord de la plage du Crohot, à la perpendiculaire de la zone d'infiltration. L'évolution des concentrations au cours du temps est présentée sur le graphique ci-dessous.

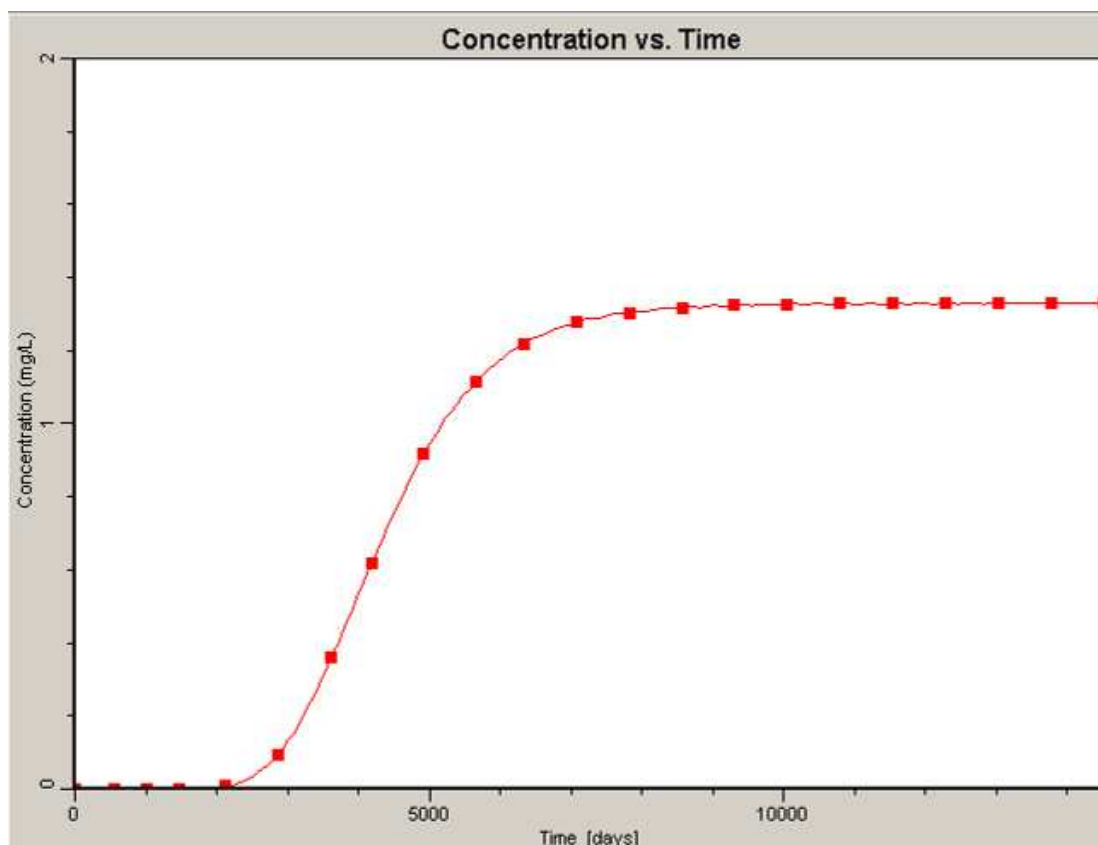


Figure 60 : Évolution de la concentration au niveau de l'océan au droit de la zone d'étude

Le panache atteint la plage située à l'aval de la zone d'infiltration au bout de 6 ans environ. La concentration observée au niveau du piézomètre d'observation augmente jusqu'à la 21^{ème} année, elle tend ensuite à se stabiliser à environ 1,32 mg/l, soit 66 % de la concentration du rejet (2 mg/l). A noter que le traceur correspond un élément absent à l'état naturel dans la nappe (contrairement au phosphore dans le cas de la 1^{ère} modélisation, qui présente un bruit de fond à hauteur de 0,3 mg/l dans la nappe).

Suite à un arrêt de l'infiltration, le temps nécessaire à la nappe pour retrouver sa qualité initiale est de l'ordre de 40 ans, elle peut être définie en trois phases :

- ✓ une première phase de stagnation et de décroissance lente les 9 premières années ;
- ✓ une décroissance forte les 15 années suivantes avec une baisse de 90 % de la concentration ;
- ✓ et à nouveau lente à partir de la 45^{ième} année.

Après un arrêt d'infiltration de 39 ans, la qualité d'eau de la nappe au niveau de la plage est proche de la qualité d'eau initiale soit une concentration de 0,07 mg/l.

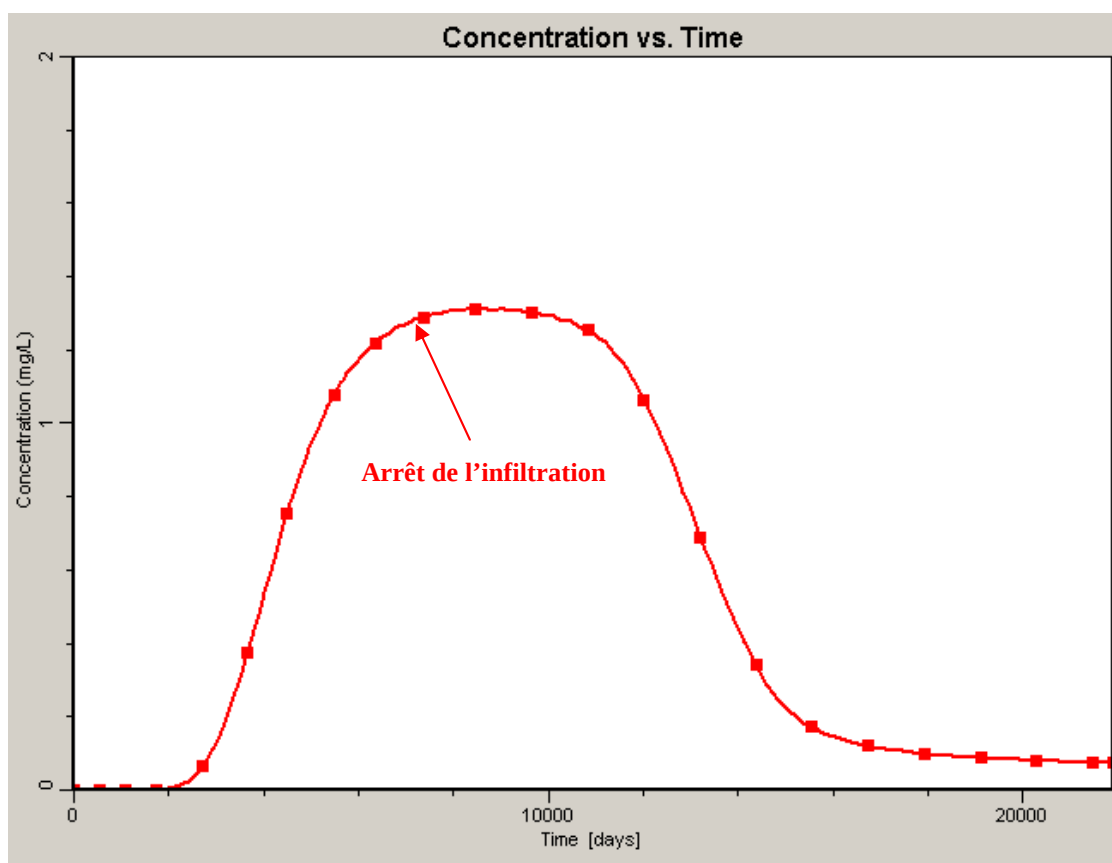


Figure 61 : Évolution de la concentration en polluant au niveau de la plage

C- Incidence sur les zones de résurgences en période de hautes eaux

La figure présentée ci après présente les épaisseurs désaturées en période de hautes eaux (mois d'avril) avec une infiltration des effluents de juin à septembre.

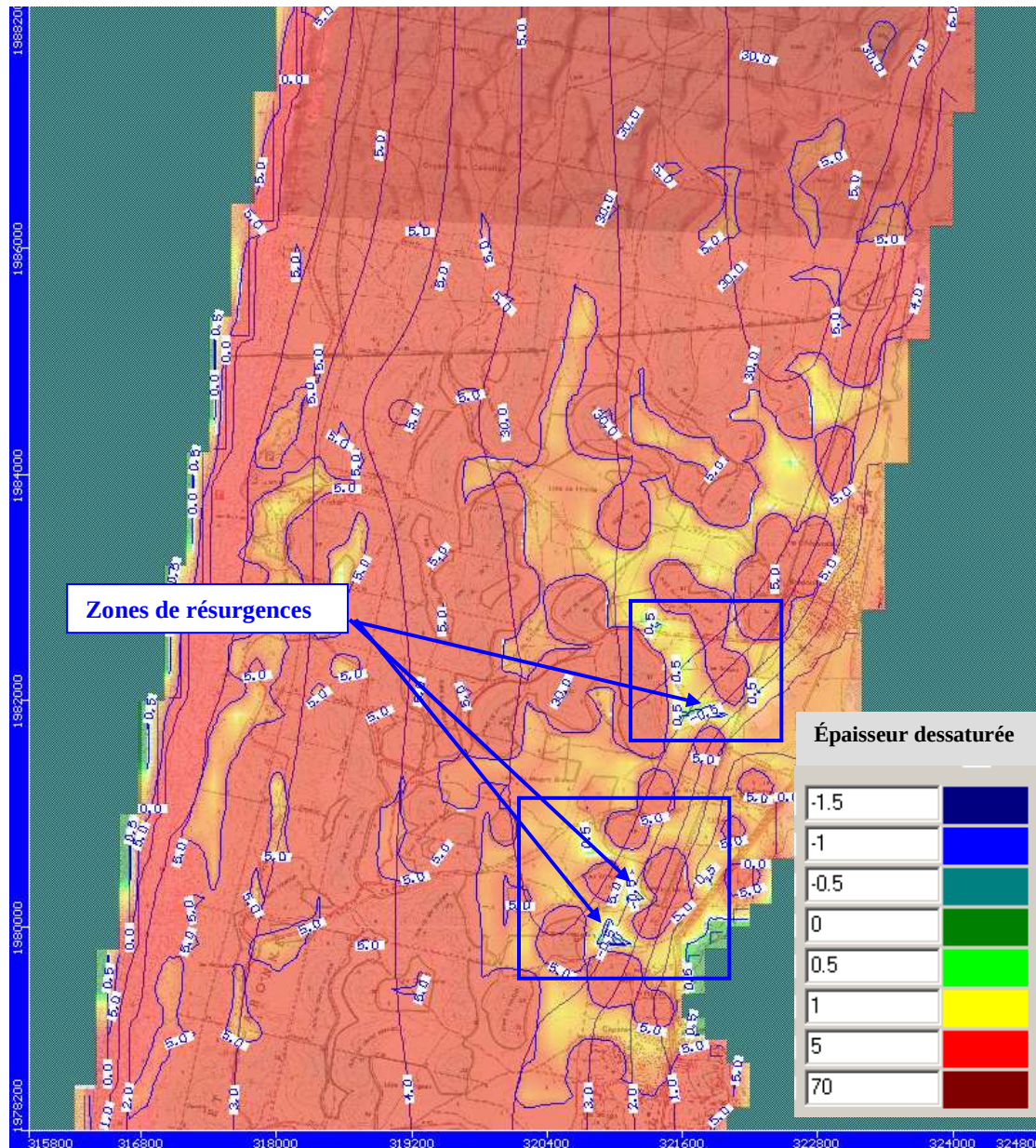


Figure 62 : Zones de résurgences identifiées

Aucune nouvelle zone de résurgences n'apparaît. La surface totale de résurgences est de 5,4 ha contre 5,2 ha initialement.

D- Incidence sur les zones de résurgences en période de basses eaux

La figure présentée ci-après représente les épaisseurs désaturées en période de basses eaux (mois d'octobre) suite à l'infiltration des effluents.

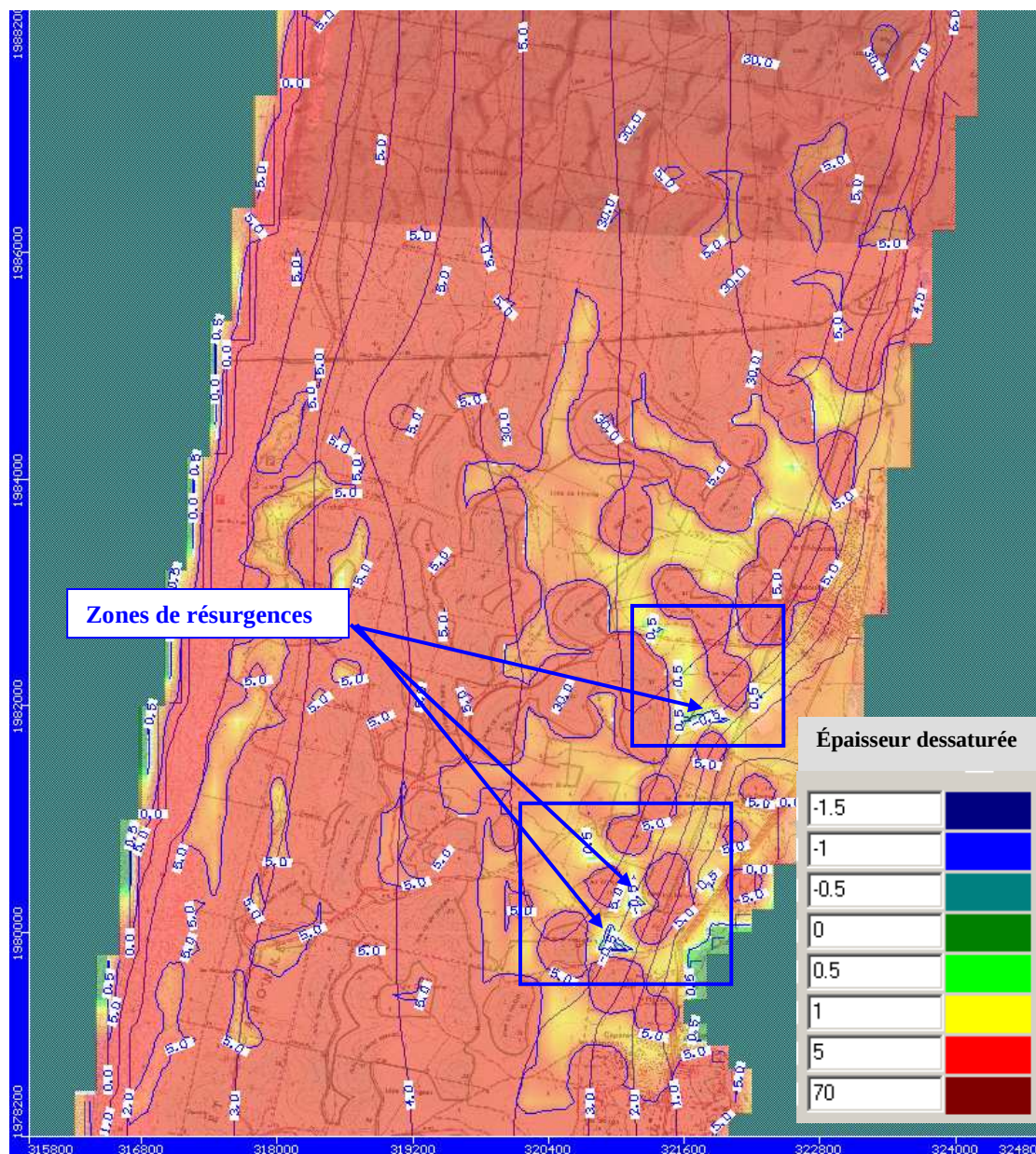


Figure 63 : Zones de résurgences identifiées

Aucune nouvelle zone de résurgences n'apparaît. La surface totale de résurgences est de 1,6 ha contre 1,4 ha initialement.

3.5.3 Simulation 6 – Infiltration de 10 000 m³/j de juin à septembre

3.5.3.1 Hypothèse

Cette simulation consiste à injecter un débit de 10 000 m³/j au droit de la zone d'infiltration n° 11, identifiée lors de la phase 2.

L'infiltration se fera via l'intermédiaire de bassins d'infiltrations. En retenant une lame d'eau d'infiltration de 2 m/jour, la surface d'infiltration prise en compte pour le modèle est de 5 000 m².

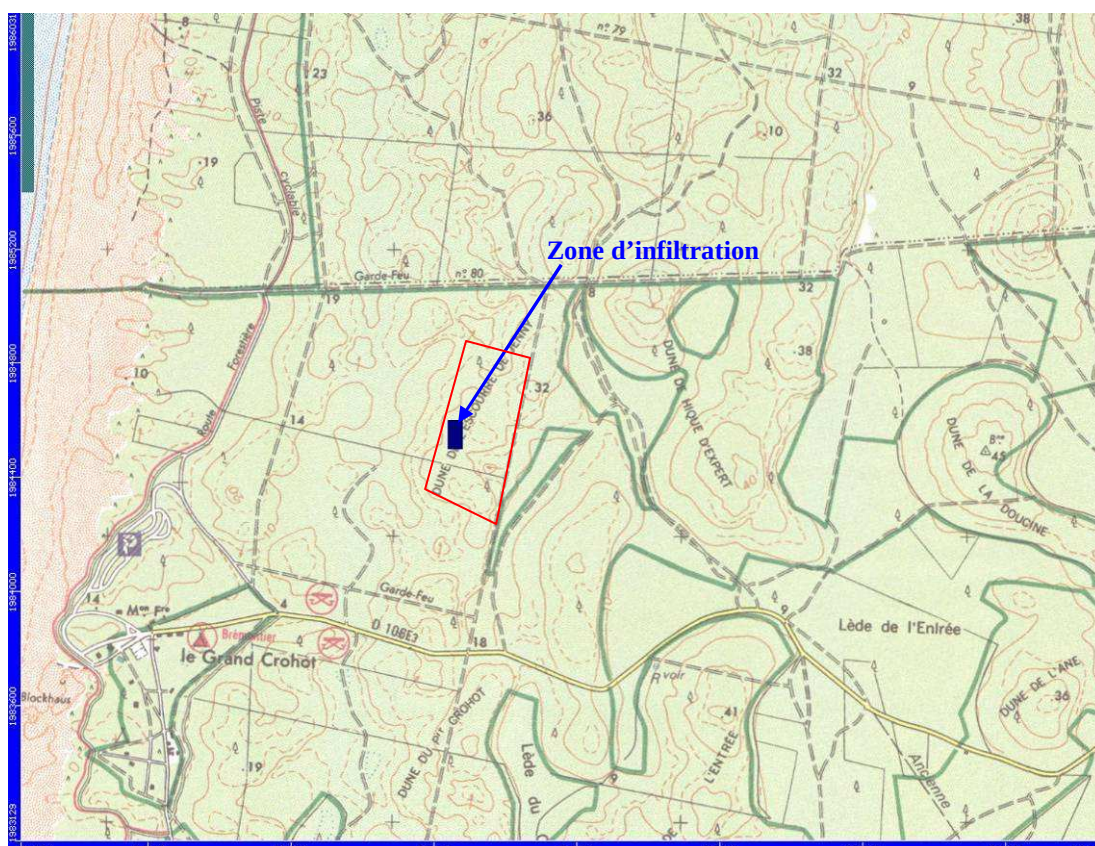


Figure 64 : Localisation de la zone d'infiltration

3.5.3.2 Résultats

A- Incidence piézométrique

La surface piézométrique de la nappe après une durée d'infiltration de 3 832 jours est présentée ci après. La piézométrie présentée correspond à une piézométrie du mois d'octobre, suite à l'infiltration d'eaux de juin à septembre.

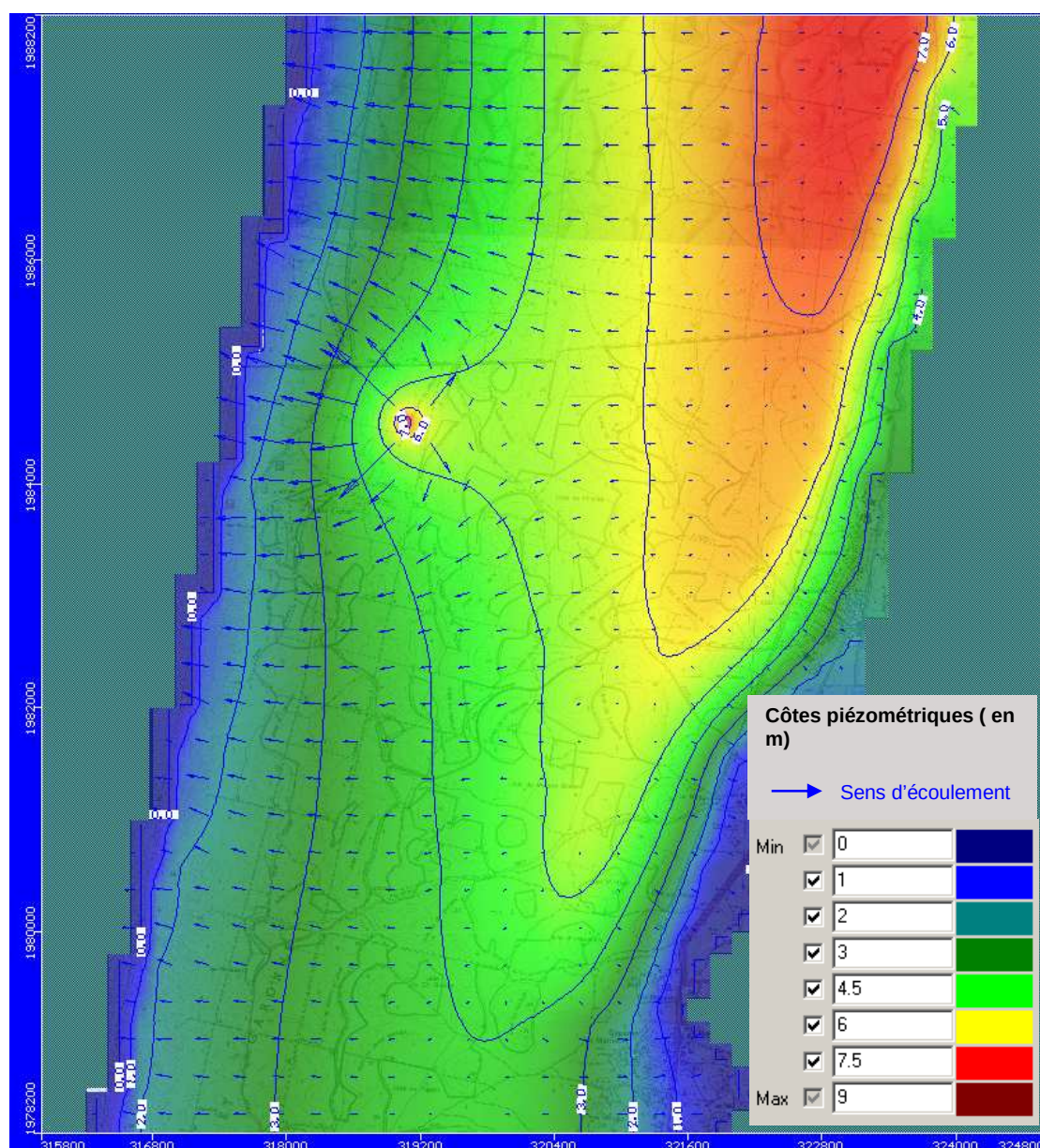


Figure 65 : Modelé piézométrique de la nappe à 3 832 jours (10 ans et 6 mois)

À l'état initial la cote piézométrique de la nappe au droit du site est de 4 m NGF.

Suite à l'infiltration de $10\,000\text{ m}^3/\text{j}$, le dôme piézométrique formé au droit de la zone d'injection s'accroît. La cote piézométrique de la nappe mesurée au droit de la zone d'étude est de 7,6 m NGF soit une épaisseur déssaturée de 13,4 m contre 17 m initialement.

B- Flux de pollution

Les panaches du flux de pollution, après une durée d'infiltration de 1825 jours (5 ans) et de 10950 jours (30 ans), sont présentés sur les figures suivantes.

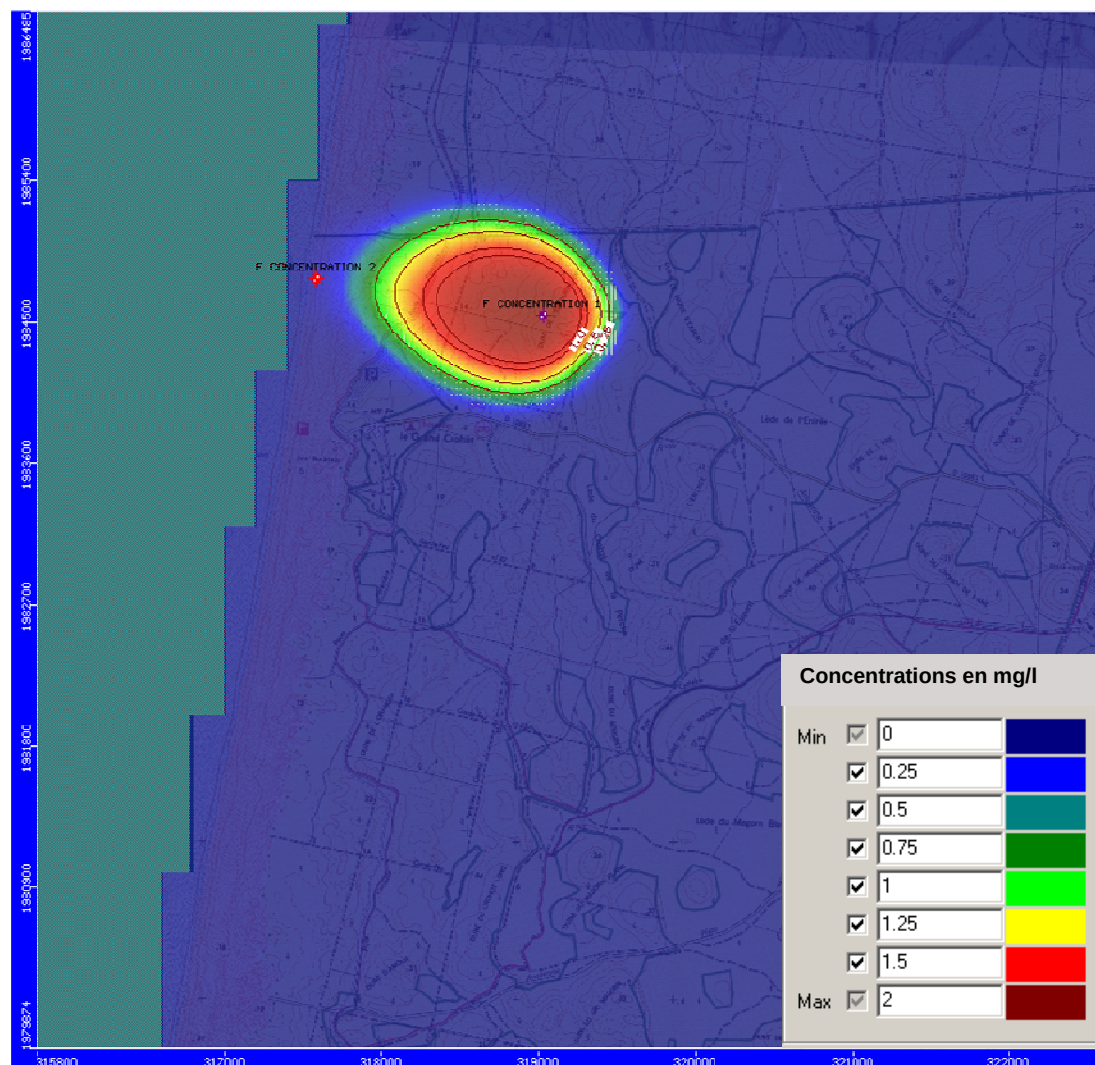


Figure 66 : Propagation du panache à 365 jours

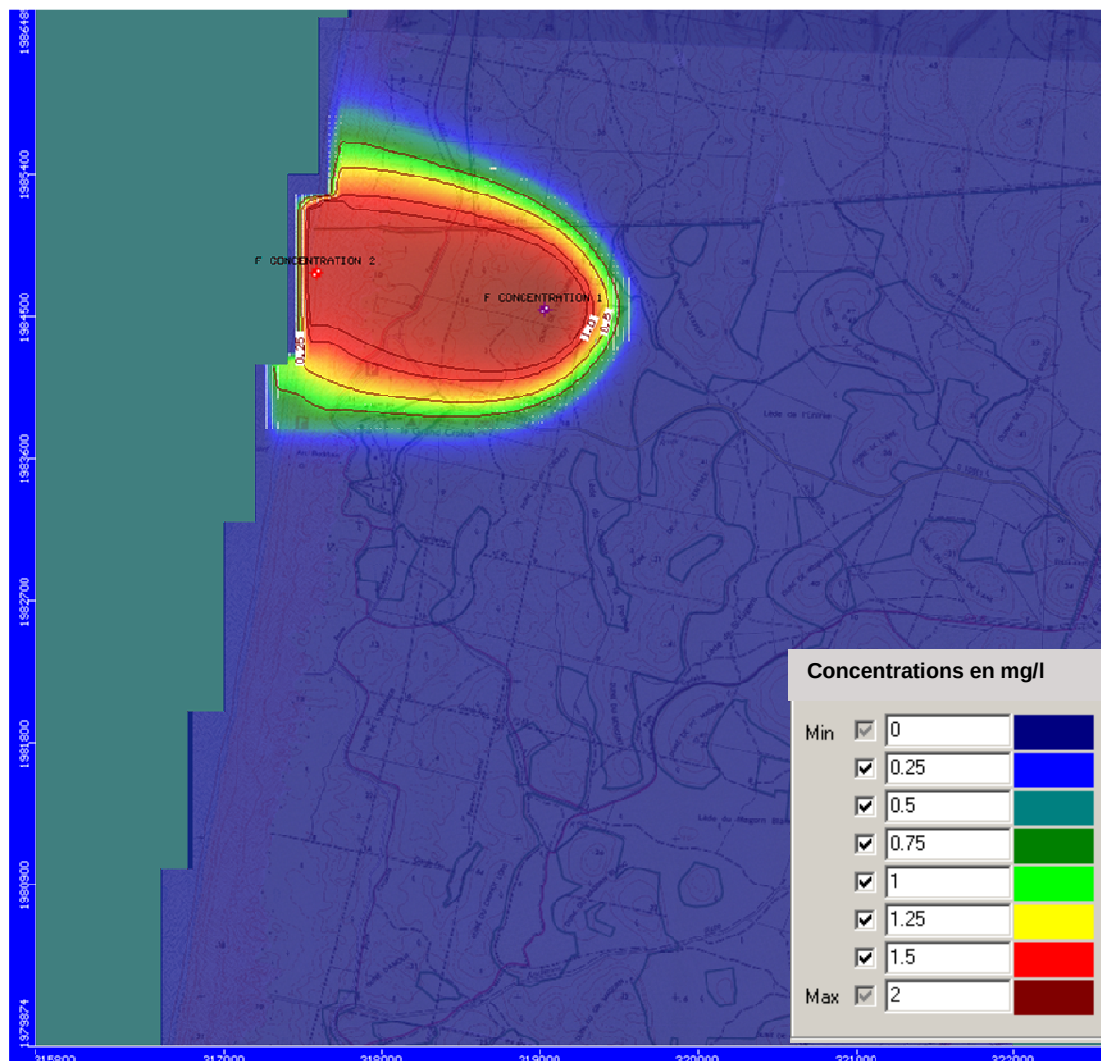


Figure 67 : Propagation du panache à 7 300 jours

Les phénomènes de dispersion longitudinale sont prédominants. Le panache de pollution s'étale principalement dans la direction d'écoulement de la nappe. L'ensemble du flux de pollution s'étend en direction de l'océan.

Un piézomètre d'observation a été placé à 1 km environ au nord de la plage du Crohot, à la perpendiculaire de la zone d'infiltration. L'évolution des concentrations au cours du temps est présentée sur le graphique ci-dessous.

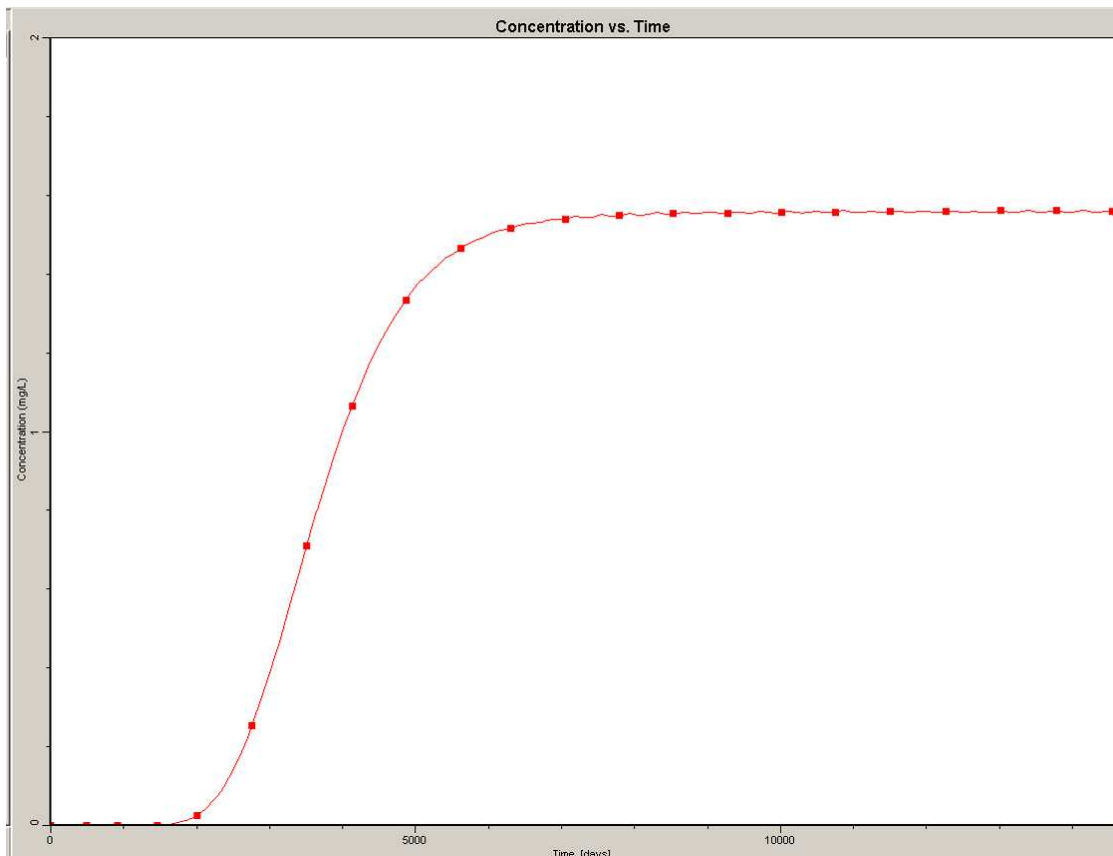


Figure 68 : Évolution de la concentration au niveau de l'océan au droit de la zone d'étude

Le panache atteint la plage située à l'aval de la zone d'infiltration au bout de 5 ans environ. La concentration observée au niveau du piézomètre d'observation augmente jusqu'à la 21^{ème} année, elle tend ensuite à se stabiliser à environ 1,55 mg/l, soit 78 % de la concentration du rejet (2 mg/l).

À noter, le flux de polluant est lissé au niveau de la plage, on n'observe pas de fluctuation hautes eaux / basses eaux.

Suite à un arrêt de l'infiltration, le temps nécessaire à la nappe pour retrouver sa qualité initiale est de l'ordre de 40 ans, elle peut être définie en trois phases :

- ✓ une première phase de stagnation et de décroissance lente les 9 premières années ;
- ✓ une décroissance forte les 19 années suivantes avec une baisse de 85 % de la concentration ;
- ✓ et à nouveau lente à partir de la 49^{ième} année.

Après un arrêt d'infiltration de 40 ans environ (39 ans), la qualité d'eau de la nappe au niveau de la plage est proche de la qualité d'eau initiale soit une concentration de 0,17 mg/l.

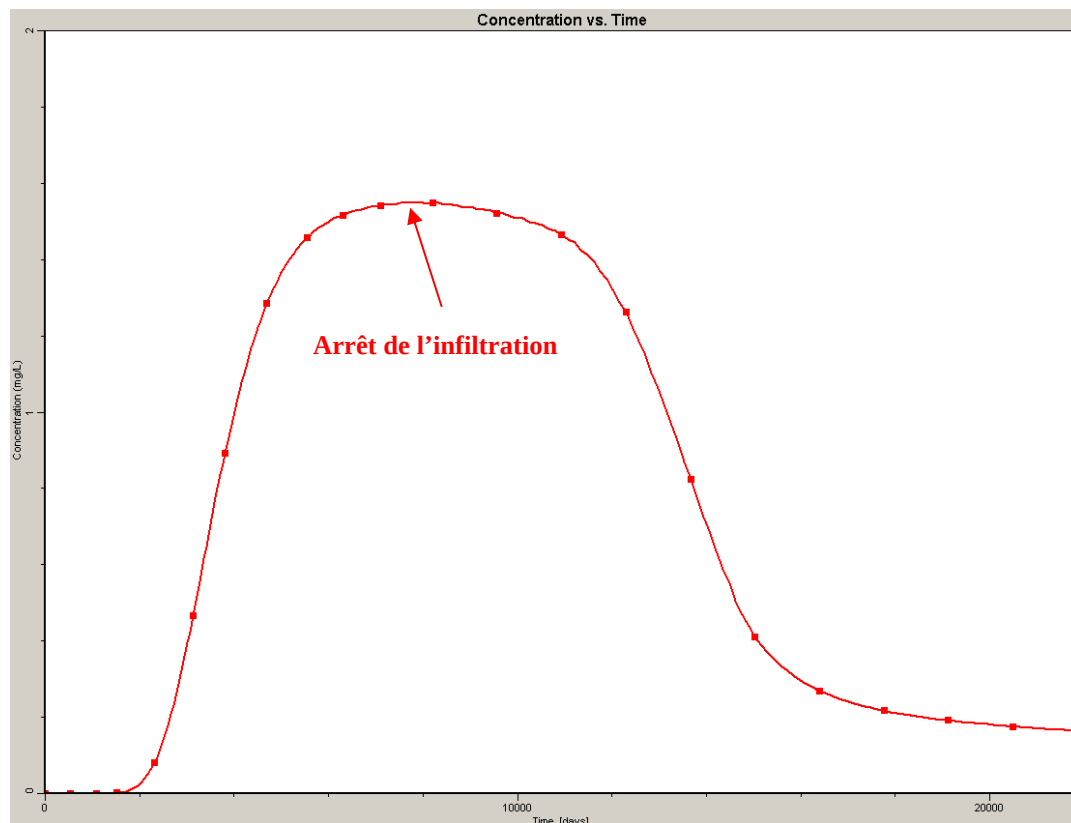


Figure 69 : Évolution de la concentration en polluant au niveau de la plage

C- Incidence sur les zones de résurgences en période de hautes eaux

La figure présentée ci-après représente les épaisseurs désaturées en période de hautes eaux (mois d'avril) avec une infiltration des effluents de juin à septembre.

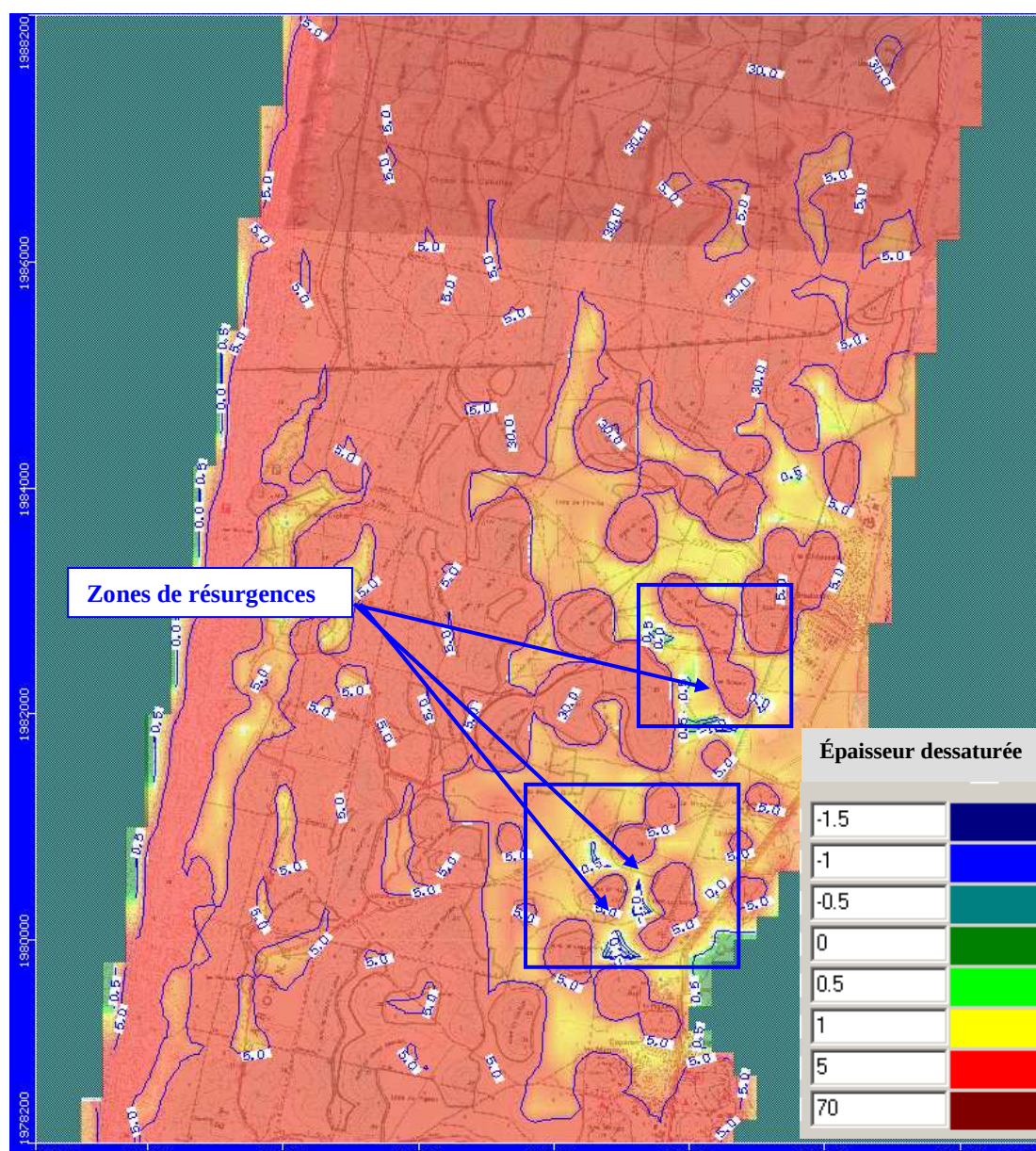


Figure 70 : Zones de résurgences identifiées

Aucune nouvelle zone de résurgences n'apparaît. La surface totale de résurgences est de 6 ha contre 5,2 ha initialement, soit une faible augmentation de la surface des zones de resurgence existantes.

La figure présentée ci après présente les épaisseurs désaturées en période de basses eaux (mois d'octobre) suite à l'infiltration des effluents.



Aucune nouvelle zone de résurgences n'apparaît. La surface totale de résurgences est de 1,8 ha contre 1,4 ha initialement.

3.5.4 Pouvoir de dilution de la nappe

Sur la base des modélisations effectuées nous avons pu définir le pouvoir de dilution de la nappe en fonction des simulations effectuées.

3.5.4.1 Simulation 5 : Infiltration de 5000 m³/j

En tenant compte d'une infiltration de 5 000 m³/j de juin à septembre au niveau de la zone 11 l'abattement de la concentration du rejet est de 34 % au niveau de la plage du Grand Crohot à 1,5 km à l'ouest du point de la zone d'infiltration.

3.5.4.2 Simulation 6 : Infiltration de 10 000 m³/j

Pour une infiltration de 10 000 m³/j de juin à septembre, le pouvoir de dilution de la nappe au niveau de la plage permet un abattement de la concentration initiale de 22 %.

4

Conclusion

Les investigations de terrain mettent en évidence la compatibilité du site avec un projet d'infiltration, notamment en raison :

- ✓ d'une hauteur dessaturée importante : entre 15 et 20 m au droit du projet d'infiltration et environ 3 m dans les Lèdes les plus proches ;
- ✓ de conditions satisfaisantes d'infiltration dans la zone dessaturée : la capacité moyenne d'infiltration des sols à l'échelle du projet est estimée de 1 à 2 m/jour ;
- ✓ de la forte transmissivité (1.10^{-2} m²/s en moyenne) de l'aquifère plio-quaternaire ;
- ✓ d'un faible battement saisonnier de la nappe : 1 m.

La modélisation hydrodynamique et hydrodispersive a permis de simuler les impacts quantitatifs et qualitatifs du projet pour différentes conditions d'infiltration :

- ✓ débit de 4 000 à 10 000 m³/jour ;
- ✓ infiltration sur 4 mois (juin à septembre) ou 12 mois par an.

A noter que les phénomènes d'adsorption-désorption n'ont pas été pris en compte.

Certains résultats sont communs à l'ensemble des simulations :

- ✓ pas de débordement au niveau de la zone d'infiltration ou directement à proximité ;
- ✓ les écoulements souterrains se font vers l'ouest excepté à proximité immédiate de la zone d'infiltration (pas de déplacement de la crête piézométrique et donc d'inversion des directions d'écoulement).

Les principaux résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau 4 :

Tableau 4 : Récapitulatif des principaux résultats du modèle

Débit (m ³ /jour)	Zone	Durée d'infiltration (mois/an)	Résurgences	Arrivée panache (années)	Arrivée Cmax (année)	Cmax/Cini (%)
10 000	11	12	OUI	4	11	87
4 000	11	12	NON	5	17	83
5 000	NE 11	12	NON	6	16	84
5 000	NE 11	12	NON	6	16	84
800	8	12	NON	*	*	*
5 000	11	4	NON	6	21	66
10 000	11	4	NON	5	21	78

- ✓ *Résurgence : inondation de nouvelles zones consécutivement à l'infiltration = OUI*
- ✓ *Arrivée panache : temps d'arrivée au point d'observation (piézomètre à l'ouest de la zone d'infiltration sur le littoral) d'un élément traceur injecté au niveau de la zone d'infiltration à partir de t0*
- ✓ *Arrivée Cmax : atteinte de la concentration maximale en élément traceur au niveau du point d'observation*
- ✓ *Cmax/Cini : rapport entre la concentration maximale au point d'observation et la concentration initiale en élément traceur au niveau du point de rejet*
- ✓ ** : l'élément traceur n'atteint pas le point d'observation (dilution trop importante)*

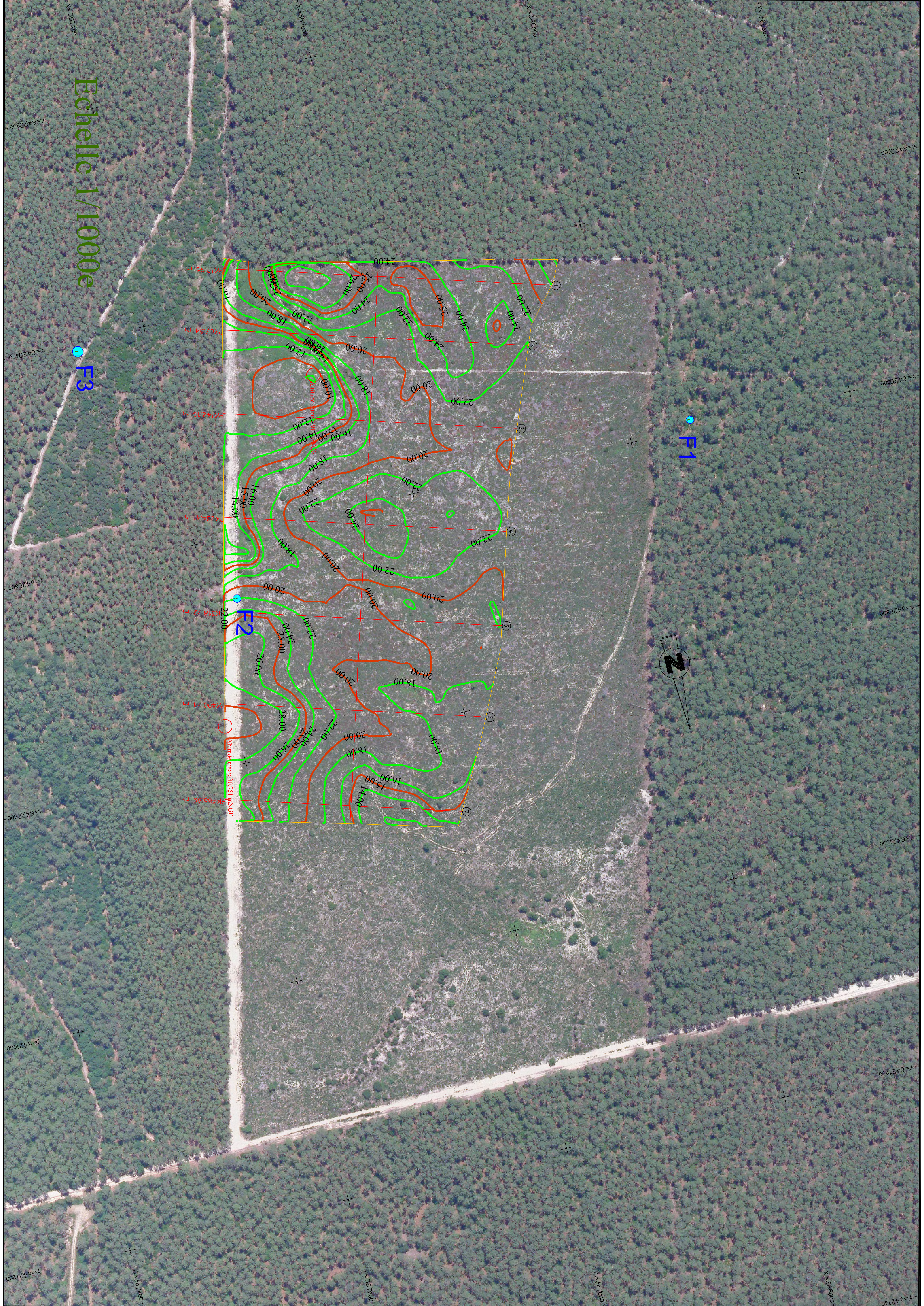
D'autres simulations avec différents débits ont été testées afin de déterminer les débits maximaux pouvant être infiltrés. D'après les résultats du modèle :

- ✓ le débit maximal pouvant être infiltré **365 jours par an** sans générer l'apparition de nouvelles zones d'affleurement de la nappe est de **5 000m³/jour** ;
- ✓ le débit maximal pouvant être infiltré de **juin à septembre, 7 jours par semaine**, sans générer l'apparition de zones d'affleurement de la nappe est de 10 000 m³/jour.

Toutefois, il est important de préciser que ces valeurs sont le résultat d'une modélisation numérique, et comportent donc des incertitudes. Aussi, lors de la mise en service des bassins, il sera nécessaire de procéder à une phase test, avec suivi des niveaux sur plusieurs piézomètres d'observation, afin de caler les débits et conditions d'infiltration. De plus, un suivi quantitatif et qualitatif de la nappe aux alentours des bassins sera nécessaire tout au long de la vie du site.

ANNEXE 1

PLAN TOPOGRAPHIQUE

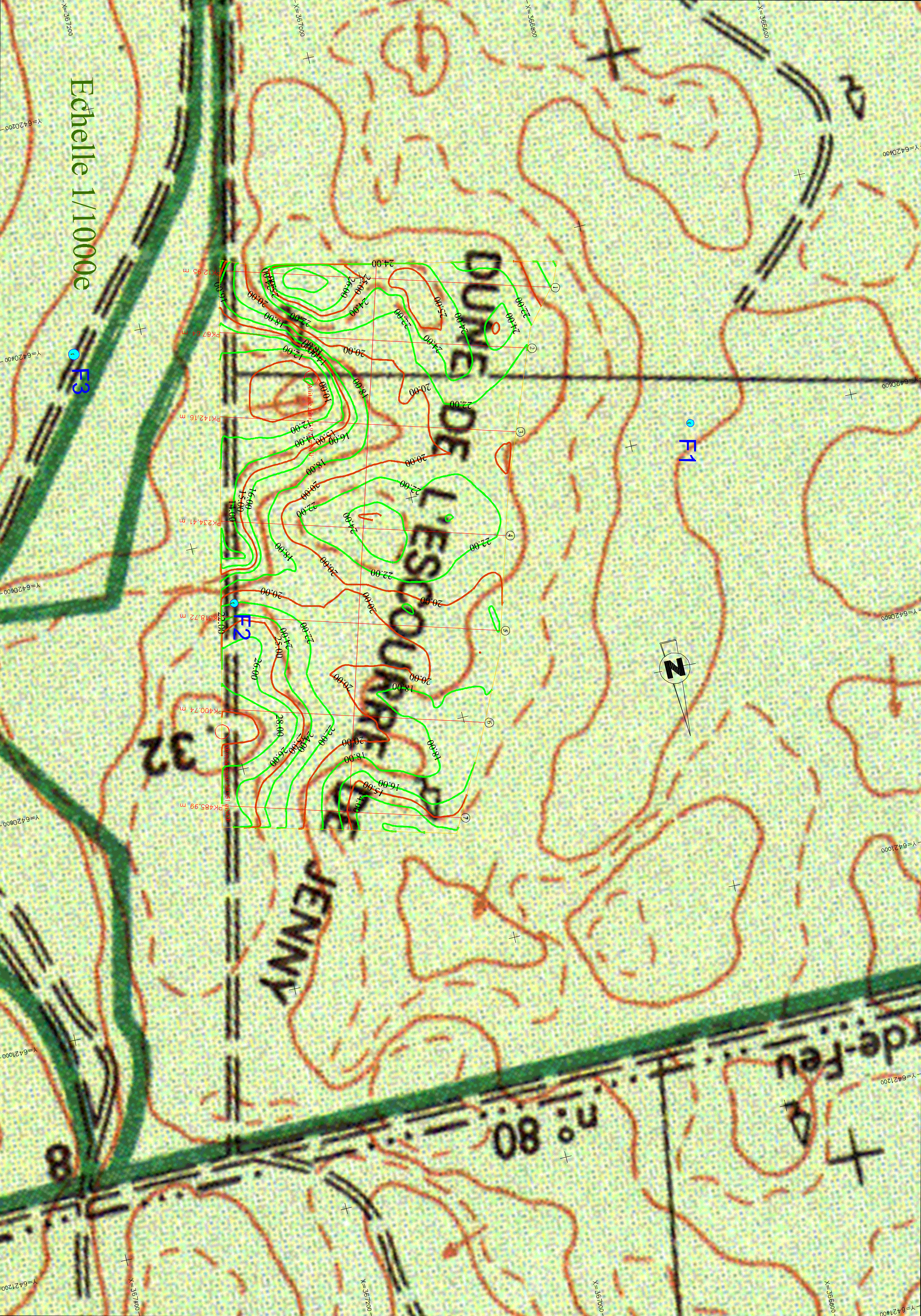


F1

F2

F3

Echelle 1/10000



Echelle 1/10000

F3

F1

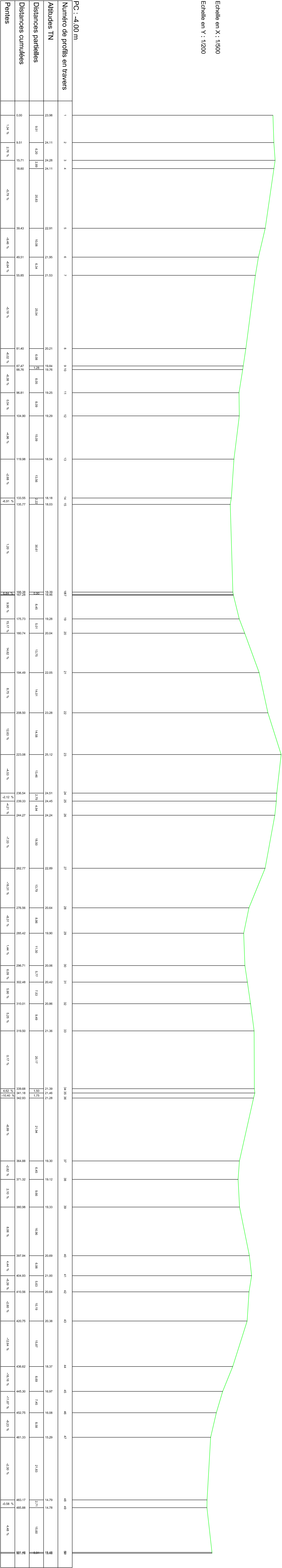
F2



Profil dessiné par Covadis
Profil n° : 1

Echelle en X : 1/500
Echelle en Y : 1/200

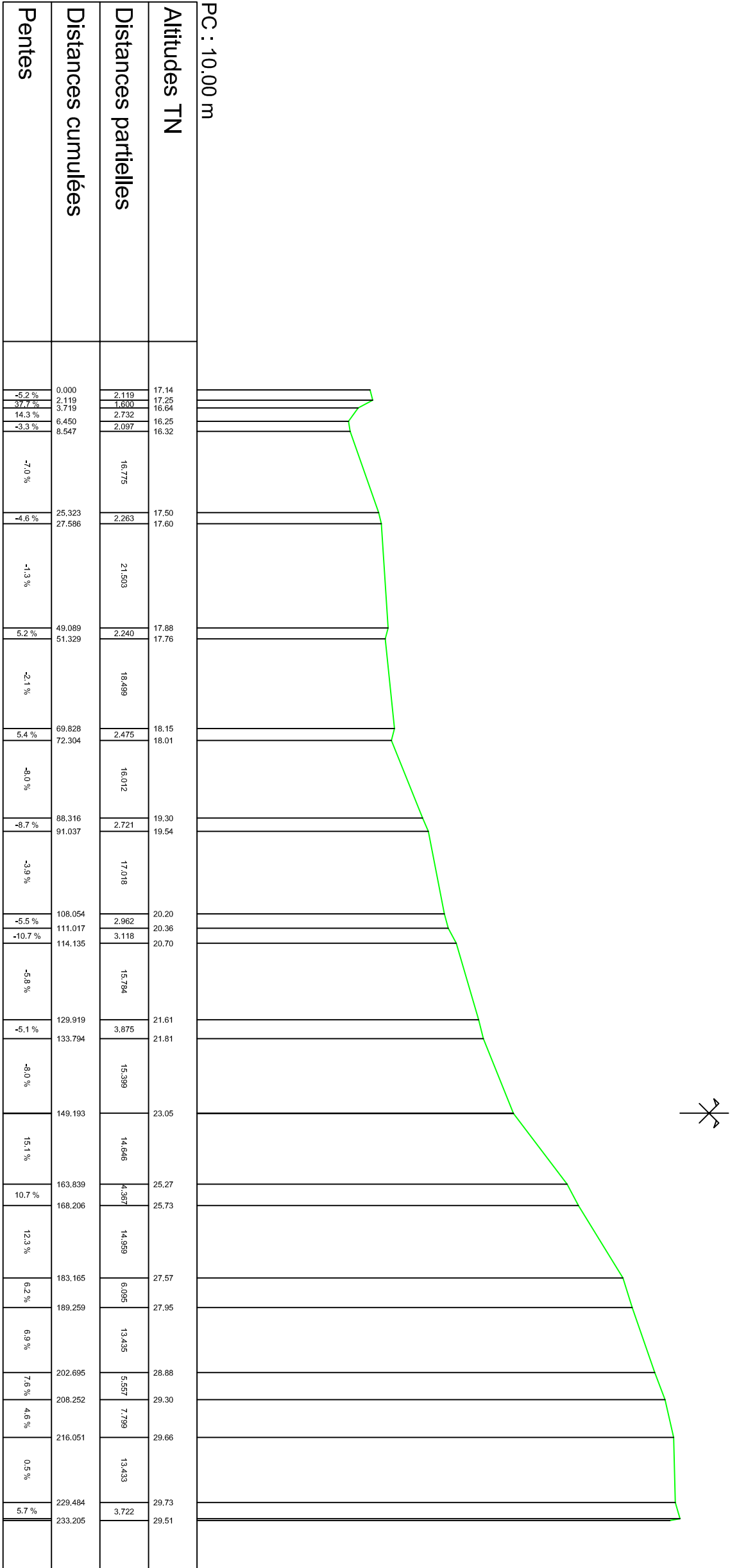
PC : 4.00 m



Coupe 6

Covadis - Plates-formes VRD

Echelle des longueurs : 1/1000
Echelle des altitudes : 1/200



Date : 29/05/2012

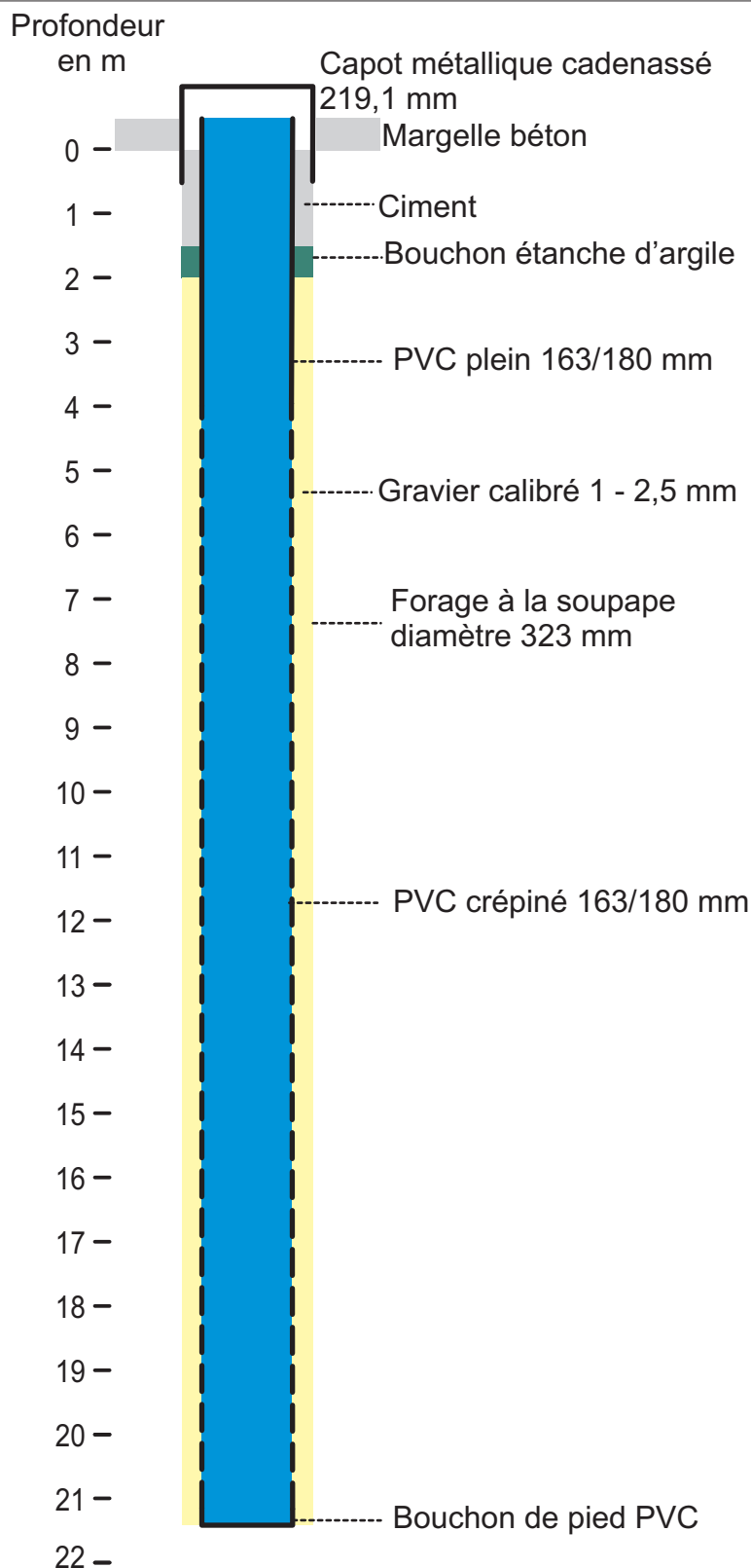
ANNEXE 2

COUPES GÉOLOGIQUES ET TECHNIQUES

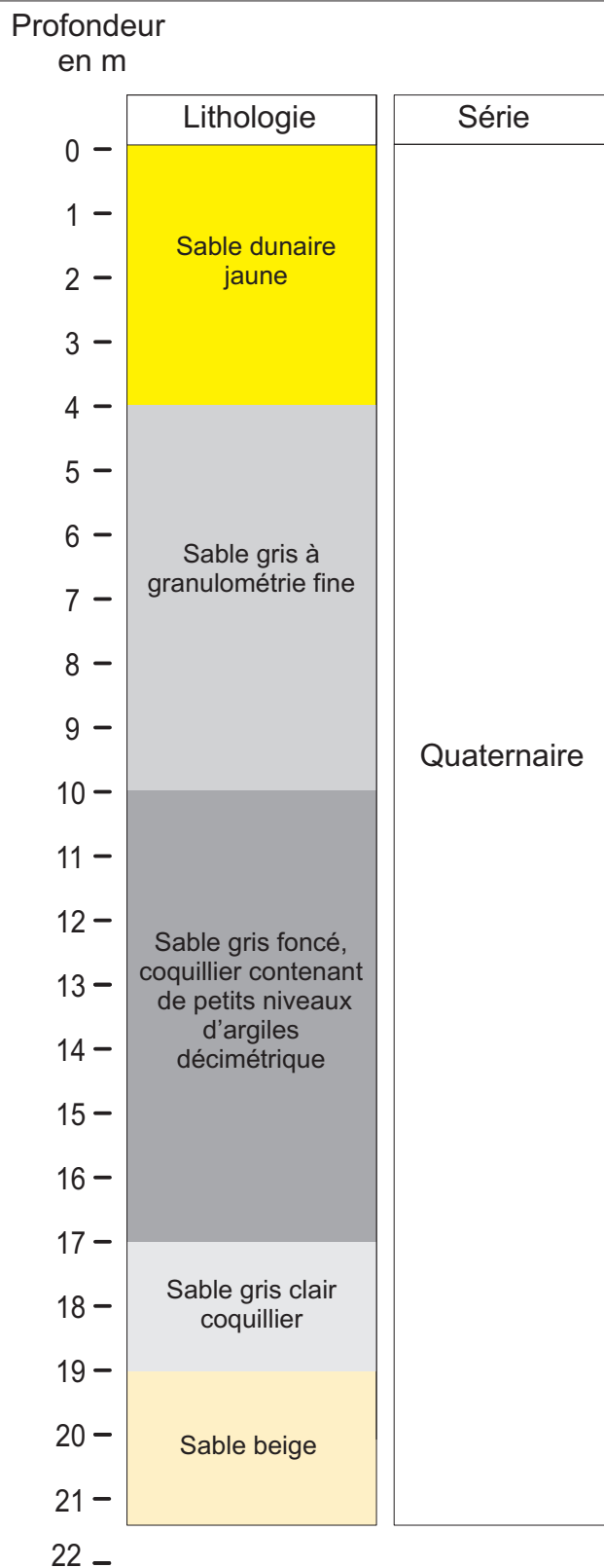
Infiltration des effluents traités du Bassin d'Arcachon en zone nord (33)

Coupes F1

Coupe technique



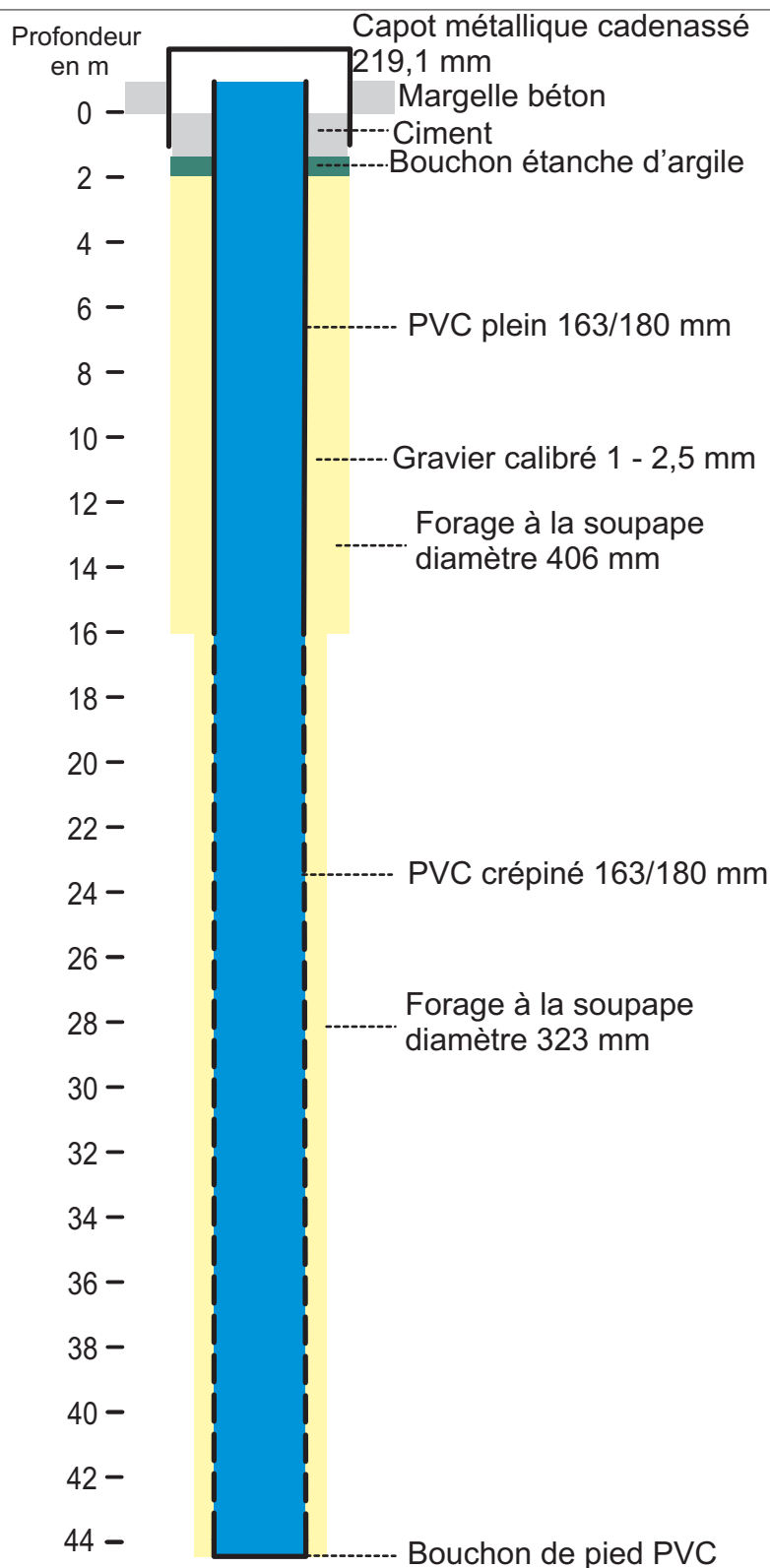
Coupe géologique



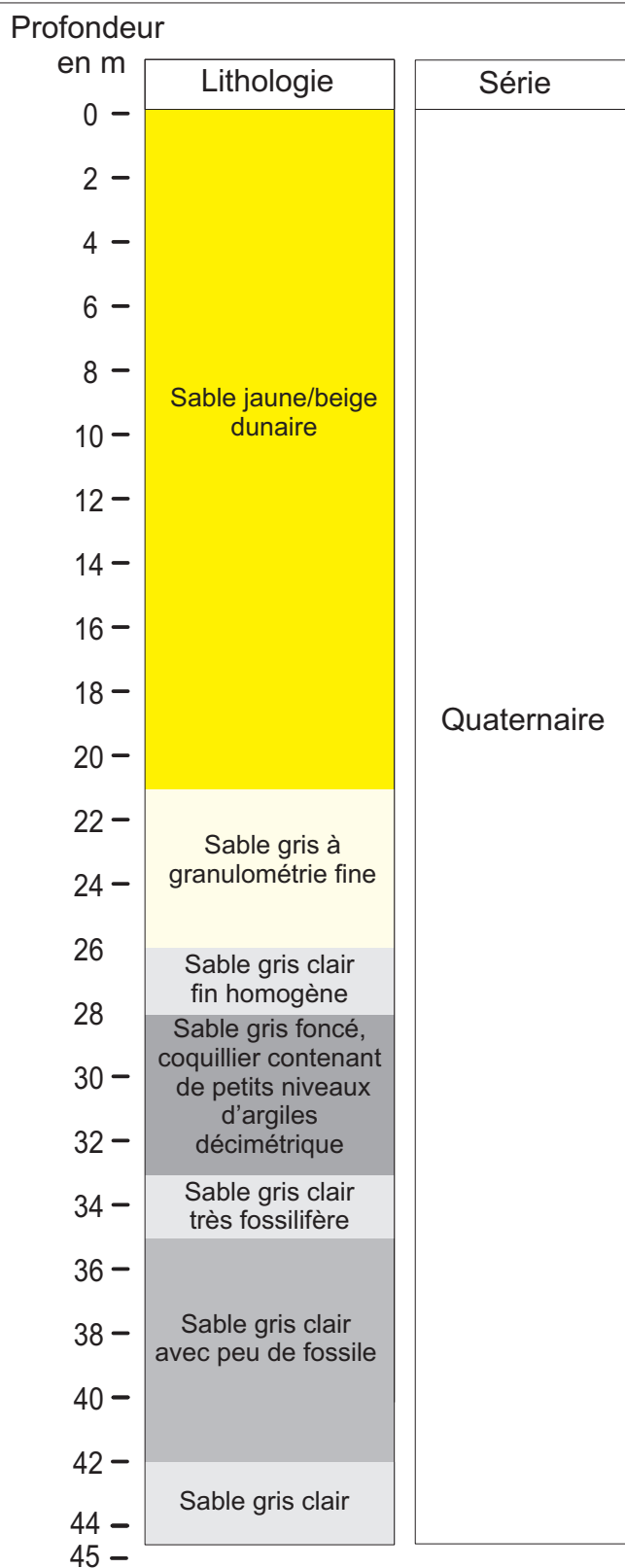
Infiltration des effluents traités du Bassin d'Arcachon en zone nord (33)

Coupes F2

Coupe technique



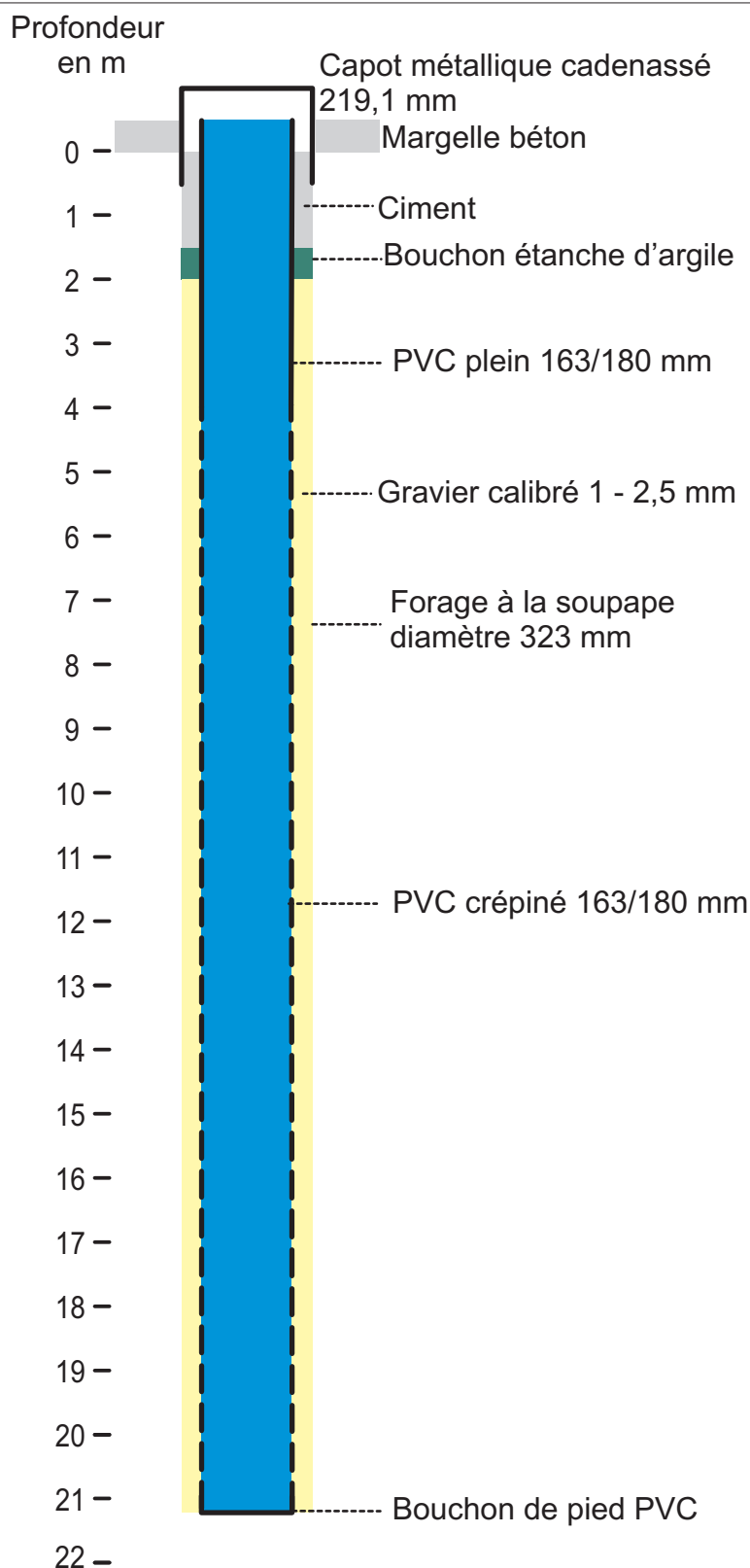
Coupe géologique



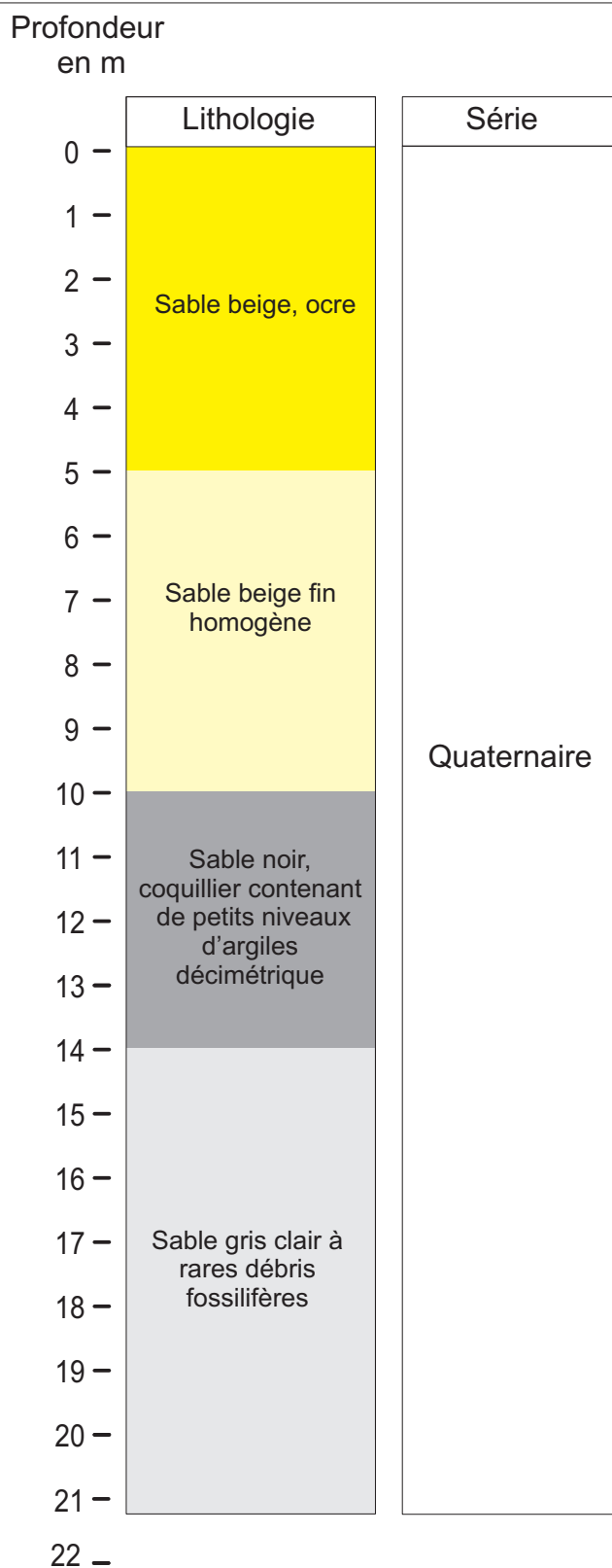
Infiltration des effluents traités du Bassin d'Arcachon en zone nord (33)

Coupes F3

Coupe technique



Coupe géologique



ANNEXE 3

RAPPORT GEOTEC

SONDAGE				F1					F2	
PROFONDEUR (m)				0,00-4,00	4,00-10,00	10,00-17,00	17,00-19,00	19,00-22,00	0,00-21,00	21,00-26,00
DESCRIPTION GEOLOGIQUE				Sable beige		Sable gris coquillé			Sable beige	
				MESURES PHYSIQUES						
	Teneur en eau	W	%	4,8	8,4	17,0	9,4	14,6	13,8	13,7
	Masse volumique humide	ρ _h	t/m ³							
	Masse volumique sèche	ρ _d	t/m ³							
	Masse volumique des grains	ρ _s	t/m ³							
	Indice des vides	e								
	Porosité	n								
	Degré de saturation	S _r	%							
				GRANULOMETRIE SEDIMENTOMETRIE						
	D max		mm	1,6	1,6	14,0	63,0	10,0	1,6	1,6
	< 50 mm		%	100,0	100,0	100,0	96,5	100,0	100,0	100,0
	< 2 mm		%	100,0	100,0	96,5	77,8	99,7	100,0	100,0
	< 80 μm		%	1,3	0,8	1,9	1,6	1,5	0,4	0,3
	< 2 μm		%							
				EQUIVALENT DE SABLE						
	E.S									
				VALEUR AU BLEU						
	V.B.S									
				LIMITES D'ATTERBERG						
	Limite de liquidité	W _L	%							
	Limite de plasticité	W _p	%							
	Indice de plasticité	I _p								
	Indice de consistance	I _c								
				ESSAI PROCTOR NORMAL						
	W _{OPN}		%							
	ρ _{d OPN}		t/m ³							
	I.P.I (à W _{nat})									
	C.B.R immédiat à W _{OPN}									
	C.B.R immergé (96 heures)									
	gonflement volumique	G _v	%							
				ESSAIS DE MECANIKES DES ROCHES ET GRANULATS						
	Compression simple	RC	Mpa							
	Essai de Los Angeles	LA								
	Essai micro-Deval	MDE								
	Dégradabilité	DG								
	Fragmentabilité	FR								
CLASSIFICATION G.T.R 92										
				ANALYSES CHIMIQUES						
	Teneur en matière organique		%							
	Teneur en CaCO ₃		%							
	Teneur en sels solubles		%							
				ESSAI OEDOMETRIQUE						
GONFLEMENT	Pression de gonflement	σ _g	kPa							
	Rapport de gonflement	R _g								
	Amplitude de gonflement	A _g	%							
COMPRESSIBILITE	Contrainte de préconsolidation	σ' _p	kPa							
	Indice de compression	C _c								
	Indice de gonflement	C _s								
	Coefficient de gonflement	C _g	%							
				ESSAI DE DESSICATION						
	Limite de retrait	W _{re}	%							
	Retrait linéaire effectif	RI								
				MESURES DE PERMEABILITE						
	à l'optimum Proctor		m/s							
	à la teneur en eau naturelle		m/s	1E-04	1E-05	3E-05	2E-04	1E-04	1E-04	1E-05
				ESSAI DE CISAILLEMENT DIRECT A LA BOITE DE CASAGRANDE						
TYPE U-U	Cohésion de Pic	C _p	kPa							
	Angle de frottement de pic	φ _p	°							
	Cohésion finale	C _f	kPa							
	Angle de frottement final	φ _f	°							
TYPE C-D	Cohésion de Pic	C' _p	kPa							
	Angle de frottement de pic	φ' _p	°							
	Cohésion finale	C' _f	kPa							

AUTEUR	C. CATEL
INGENIEUR	T. FREMONT



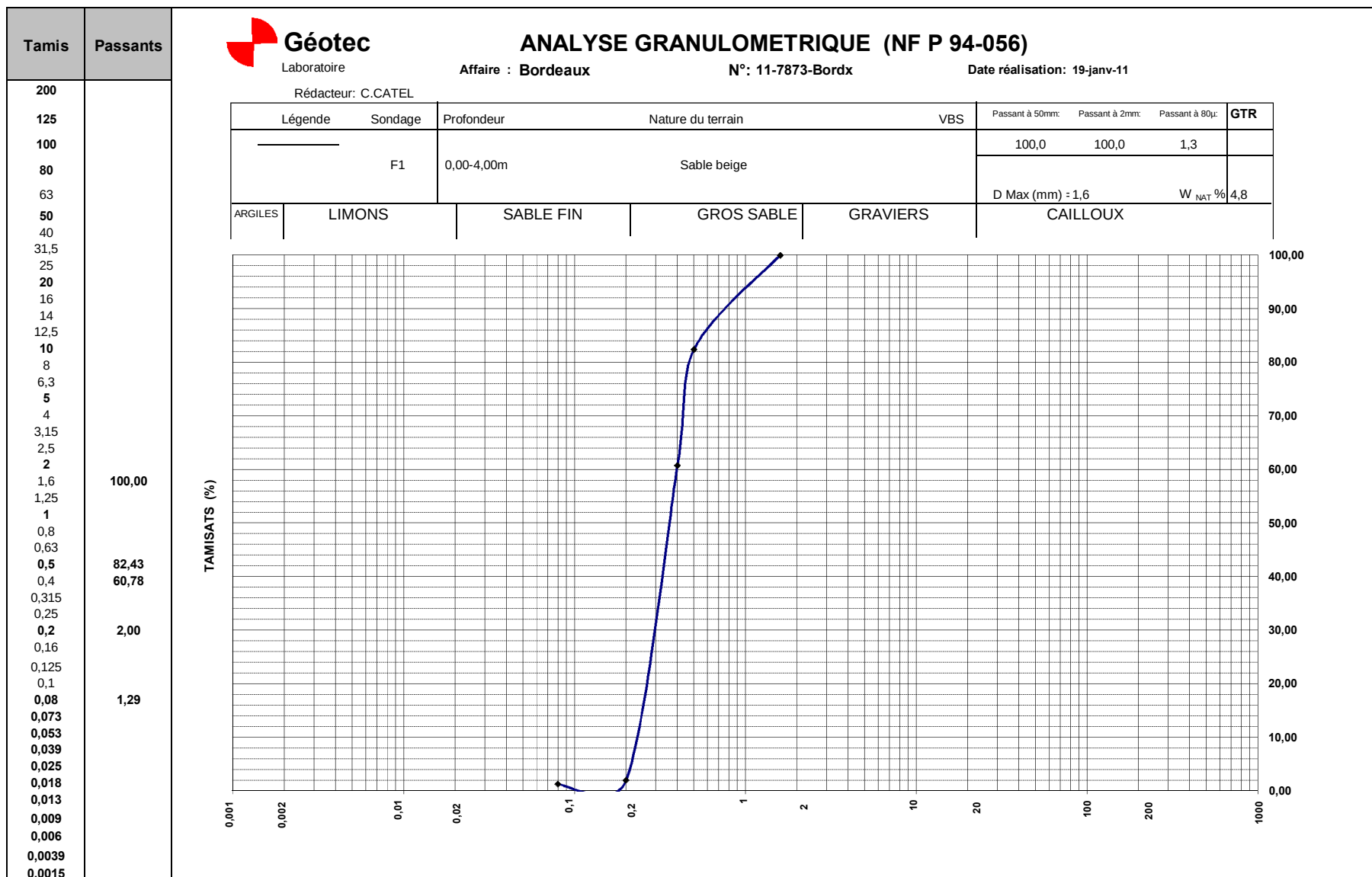
SONDAGE				F2				F3		
PROFONDEUR (m)				26,00-29,00	29,00-33,00	33,00-35,00	35,00-42,00	0,00-5,00	5,00-8,00	8,00-14,00
DESCRIPTION GEOLOGIQUE				Sable gris	Sable gris à coquilles et lentilles vaseuses éparées	Sable gris coquillé		Sable beige	Sable gris	Sable silteux gris
MESURES PHYSIQUES										
Teneur en eau		W	%	10,9	21,8	14,0	5,5	2,4	4,3	20,5
Masse volumique humide		@h	t/m ³							
Masse volumique sèche		@d	t/m ³							
Masse volumique des grains		@s	t/m ³							
Indice des vides		e								
Porosité		n								
Degré de saturation		Sr	%							
GRANULOMETRIE SEDIMENTOMETRIE										
D max			mm	1,6	10,0	63,0	14,0	1,6	2,0	10,0
< 50 mm			%	100,0	100,0	97,5	100,0	100,0	100,0	100,0
< 2 mm			%	100,0	99,3	94,1	98,7	100,0	100,0	98,6
< 80 ³ m			%	0,6	19,4	1,6	1,6	0,7	0,7	3,8
< 2 ³ m			%							
EQUIVALENT DE SABLE										
E.S										
VALEUR AU BLEU										
V.B.S										
LIMITES D'ATTERBERG										
Limite de liquidité		WL	%							
Limite de plasticité		Wp	%							
Indice de plasticité		Ip								
Indice de consistance		Ic								
ESSAI PROCTOR NORMAL										
W _{OPN}			%							
@d _{OPN}			t/m ³							
I.P.I (à W _{nat})										
C.B.R immédiat à W _{OPN}										
C.B.R immergé (96 heures)										
gonflement volumique		Gv	%							
ESSAIS DE MECANIKES DES ROCHES ET GRANULATS										
Compression simple		RC	Mpa							
Essai de Los Angeles		LA								
Essai micro-Deval		MDE								
Dégradabilité		DG								
Fragmentabilité		FR								
CLASSIFICATION G.T.R 92										
ANALYSES CHIMIQUES										
Teneur en matière organique			%							
Teneur en CaCO3			%							
Teneur en sels solubles			%							
ESSAI OEDOMETRIQUE										
GONFLEMENT	Pression de gonflement	- g	kPa							
	Rapport de gonflement	Rg								
	Amplitude de gonflement	Ag	%							
COMPRESSIBILITE	Contrainte de préconsolidation	- 'p	kPa							
	Indice de compression	C _c								
	Indice de gonflement	C _s								
	Coefficient de gonflement	C _g	%							
ESSAI DE DESSICATION										
Limite de retrait		Wre	%							
Retrait linéaire effectif		RI								
MESURES DE PERMEABILITE										
à l'optimum Proctor			m/s							
à la teneur en eau naturelle			m/s	1E-04	1E-04	8E-06	4E-04	1E-04	1E-04	7E-07
ESSAI DE CISAILLEMENT DIRECT A LA BOITE DE CASAGRANDE										
TYPE U-U	Cohésion de Pic	Cp	kPa							
	Angle de frottement de pic	°p	°							
	Cohésion finale	Cf	kPa							
	Angle de frottement final	°f	°							
TYPE C-D	Cohésion de Pic	C'p	kPa							
	Angle de frottement de pic	°'p	°							
	Cohésion finale	C'f	kPa							
	Angle de frottement final	°'f	°							

AUTEUR	C. CATEL
INGENIEUR	T. FREMONT

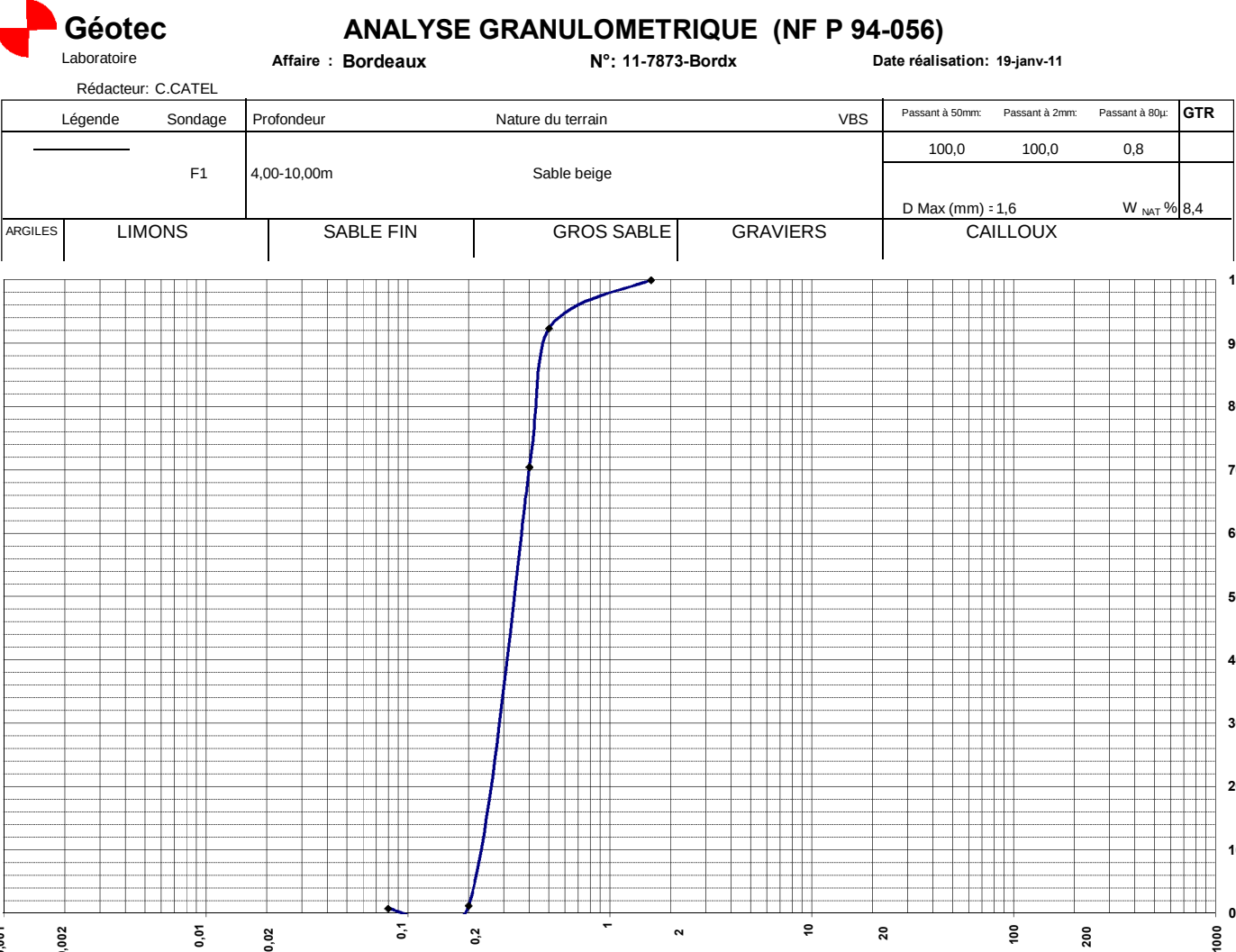


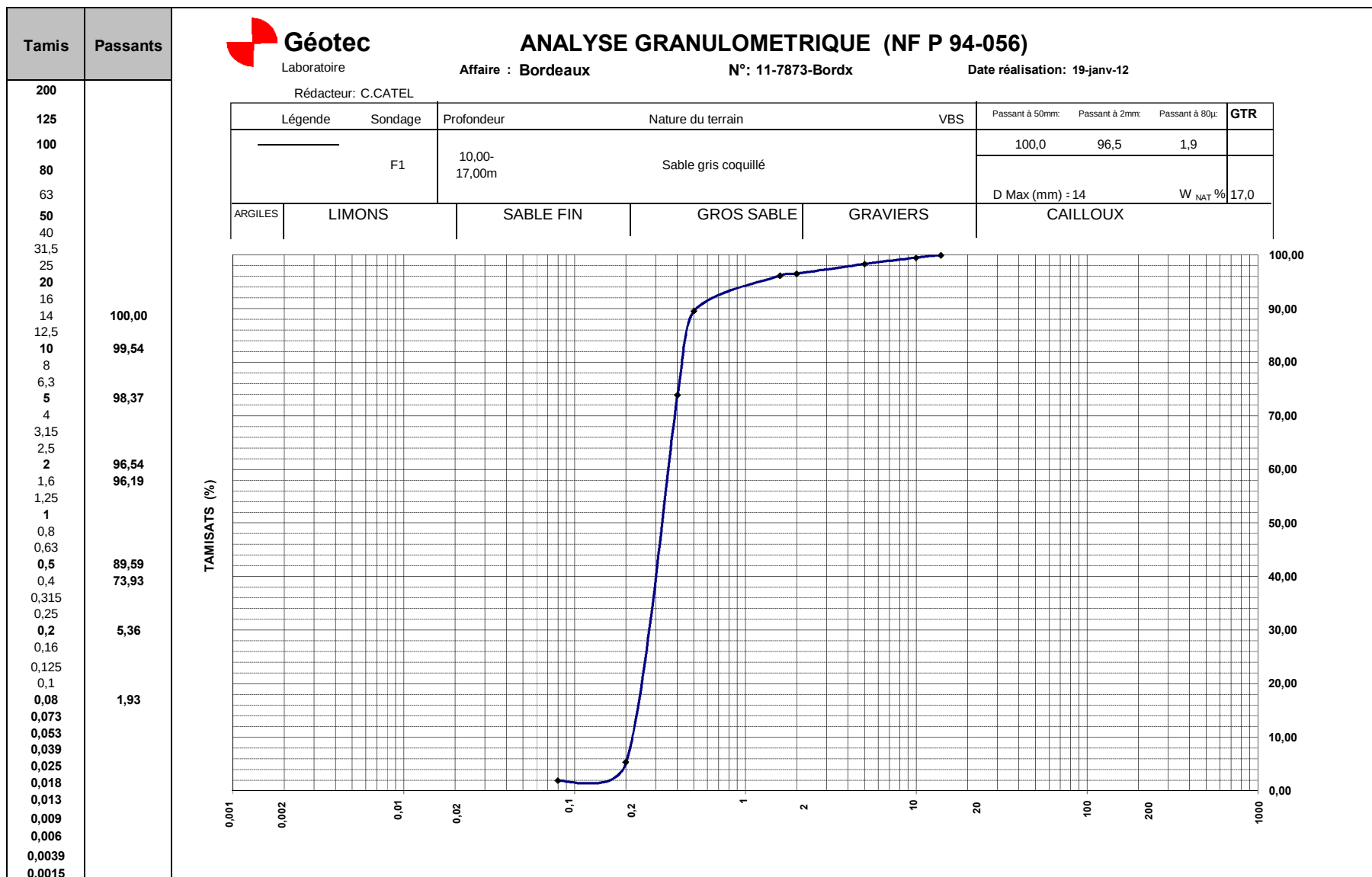
SONDAGE				F3						
PROFONDEUR (m)				14,00-21,00						
DESCRIPTION GEOLOGIQUE				Sable gris						
MESURES PHYSIQUES										
Teneur en eau		W	%	12,9						
Masse volumique humide		ρ _h	t/m ³							
Masse volumique sèche		ρ _d	t/m ³							
Masse volumique des grains		ρ _s	t/m ³							
Indice des vides		e								
Porosité		n								
Degré de saturation		Sr	%							
GRANULOMETRIE SEDIMENTOMETRIE										
D max			mm	2,0						
< 50 mm			%	100,0						
< 2 mm			%	100,0						
< 80 μm			%	1,6						
< 2 μm			%							
EQUIVALENT DE SABLE										
E.S										
VALEUR AU BLEU										
V.B.S										
LIMITES D'ATTERBERG										
Limite de liquidité		WL	%							
Limite de plasticité		Wp	%							
Indice de plasticité		Ip								
Indice de consistance		Ic								
ESSAI PROCTOR NORMAL										
W _{OPN}			%							
ρ _{d OPN}			t/m ³							
I.P.I (à Wnat)										
C.B.R immédiat à W _{OPN}										
C.B.R immergé (96 heures)										
gonflement volumique		Gv	%							
ESSAIS DE MECANIKES DES ROCHES ET GRANULATS										
Compression simple		RC	Mpa							
Essai de Los Angeles		LA								
Essai micro-Deval		MDE								
Dégradabilité		DG								
Fragmentabilité		FR								
CLASSIFICATION G.T.R 92										
ANALYSES CHIMIQUES										
Teneur en matière organique			%							
Teneur en CaCO3			%							
Teneur en sels solubles			%							
ESSAI OEDOMETRIQUE										
GONFLEMENT	Pression de gonflement		σ _g	kPa						
	Rapport de gonflement		R _g							
	Amplitude de gonflement		Ag	%						
COMPRESSIBILITE	Contrainte de préconsolidation		σ' _p	kPa						
	Indice de compression		C _c							
	Indice de gonflement		C _s							
	Coefficient de gonflement		C _g	%						
ESSAI DE DESSICATION										
Limite de retrait		W _{re}	%							
Retrait linéaire effectif		RI								
MESURES DE PERMEABILITE										
à l'optimum Proctor			m/s							
à la teneur en eau naturelle			m/s	1E-05						
ESSAI DE CISAILLEMENT DIRECT A LA BOITE DE CASAGRANDE										
TYPE UU	Cohésion de Pic		C _p	kPa						
	Angle de frottement de pic		φ _p	°						
	Cohésion finale		C _f	kPa						
	Angle de frottement final		φ _f	°						
TYPE CD	Cohésion de Pic		C' _p	kPa						
	Angle de frottement de pic		φ' _p	°						
	Cohésion finale		C' _f	kPa						
	Angle de frottement final		φ' _f	°						

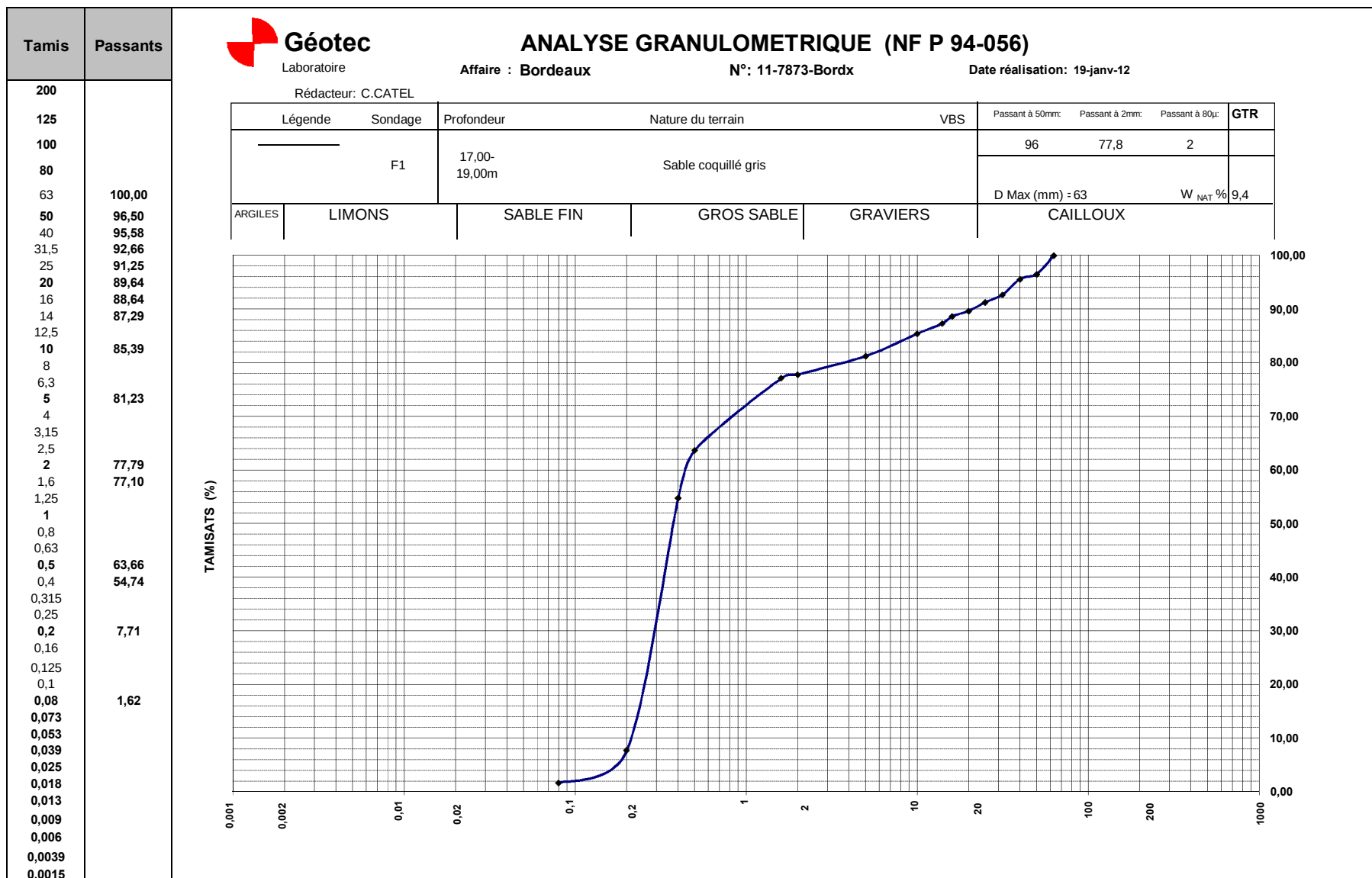
AUTEUR	C. CATEL
INGENIEUR	T. FREMONT

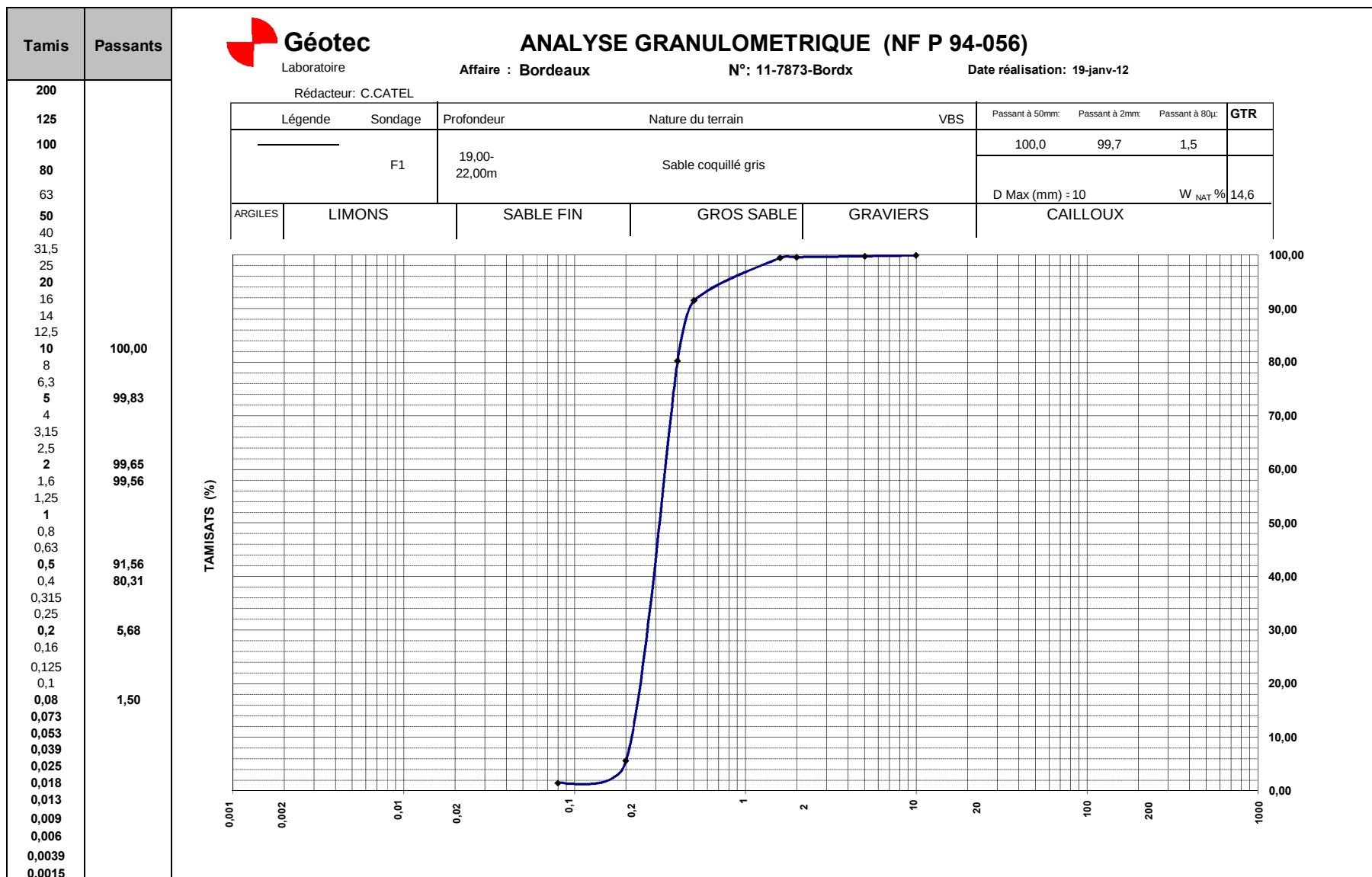


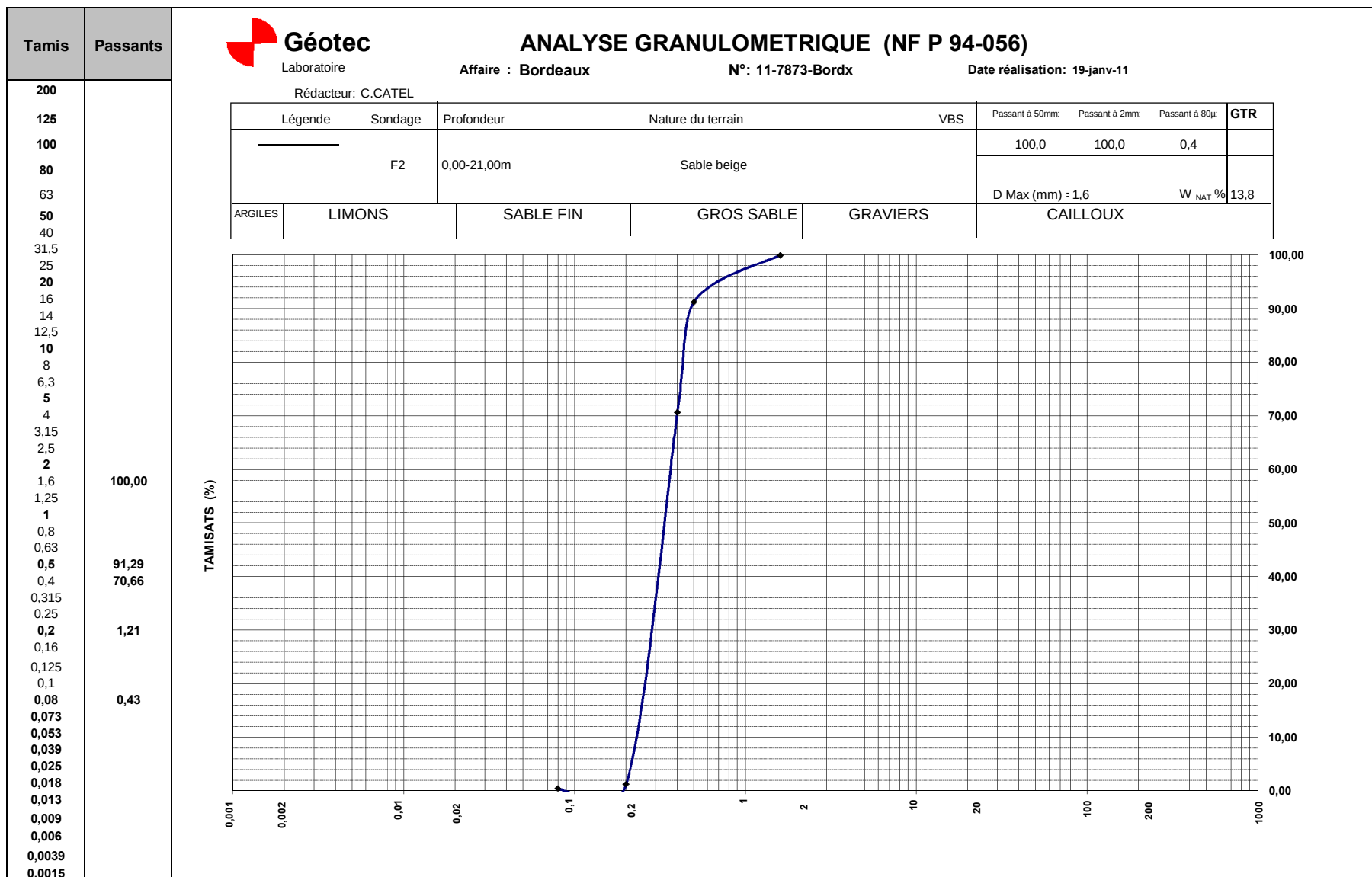
Tamis	Passants
--------------	-----------------

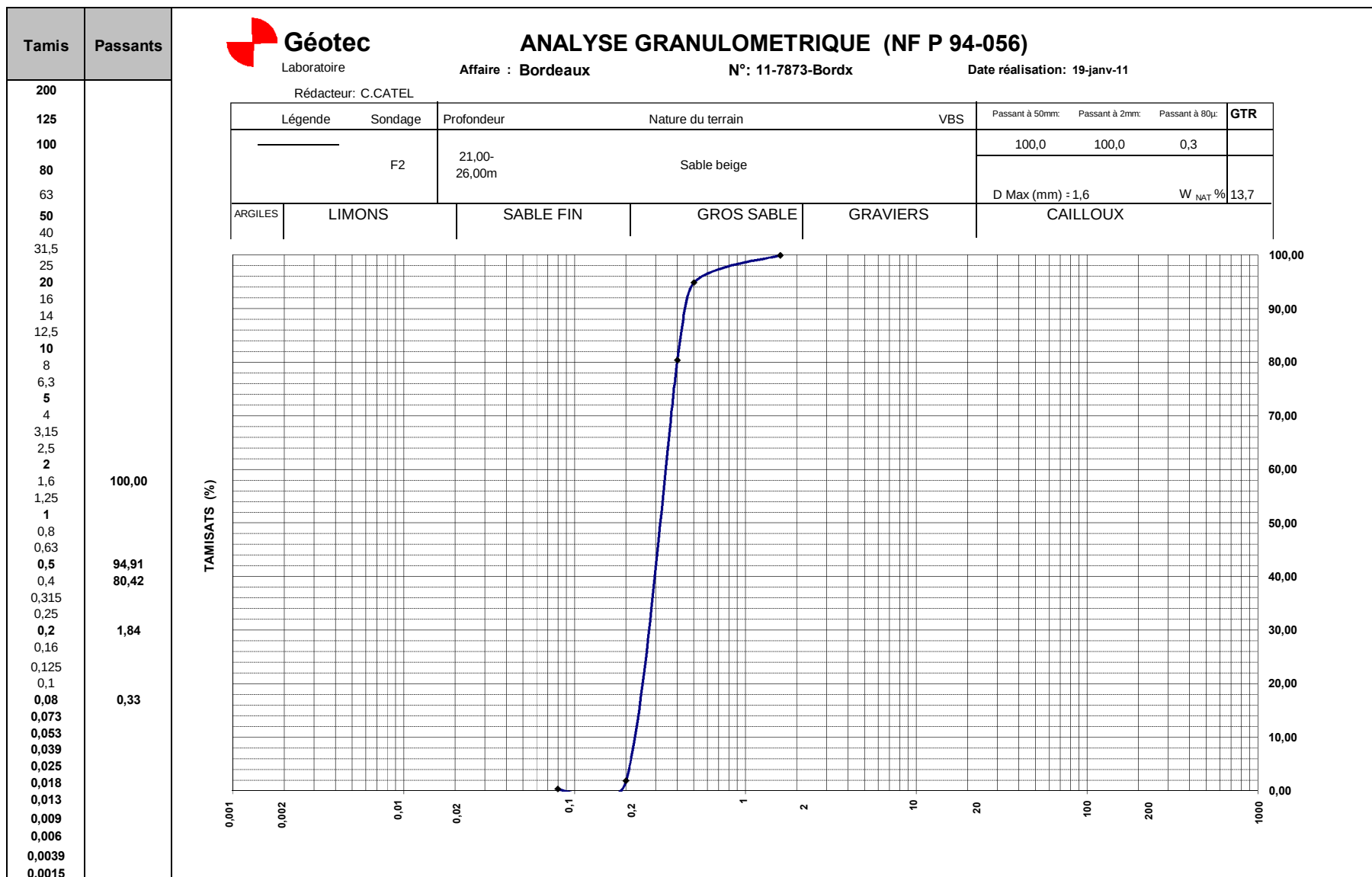


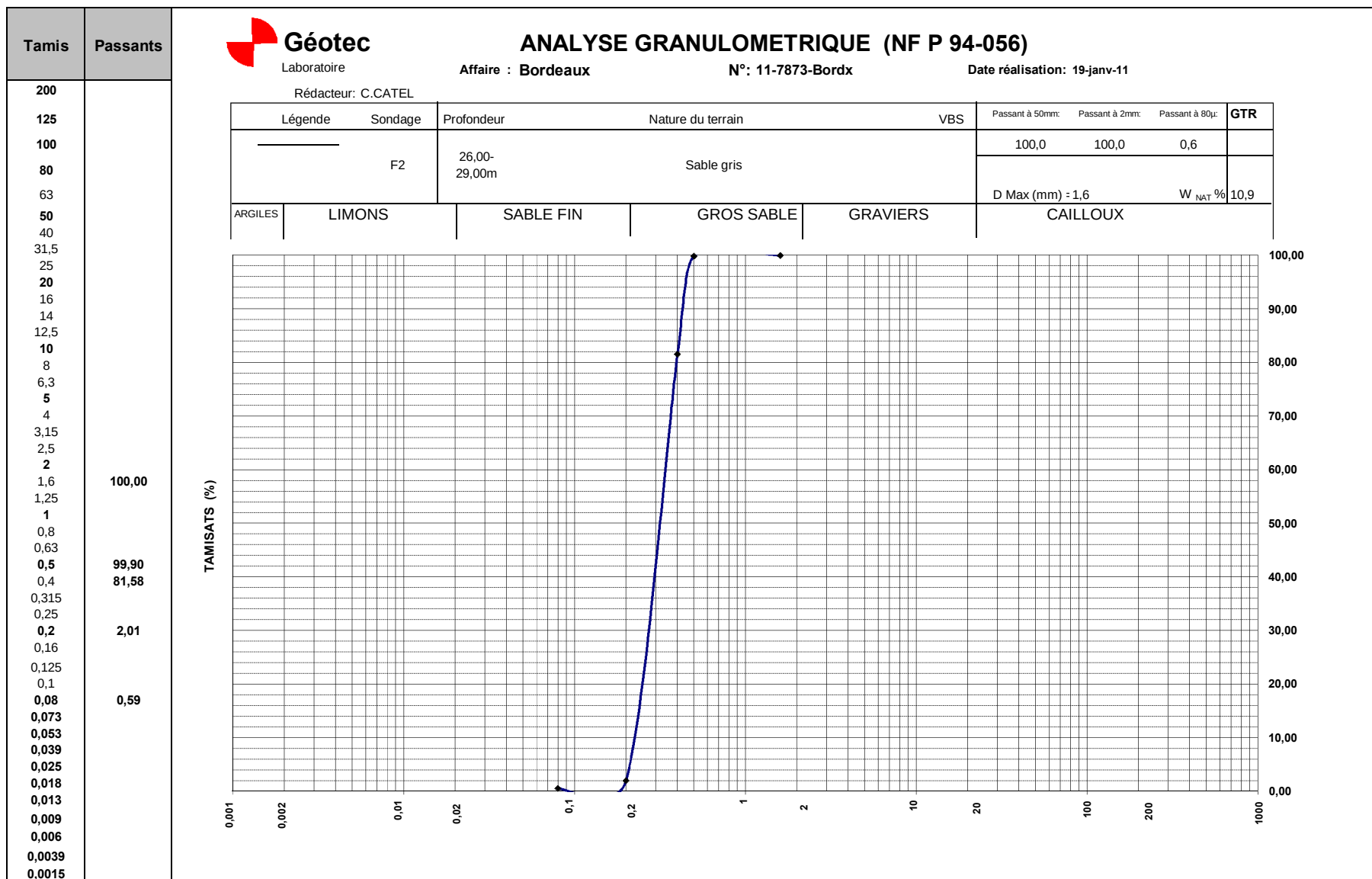


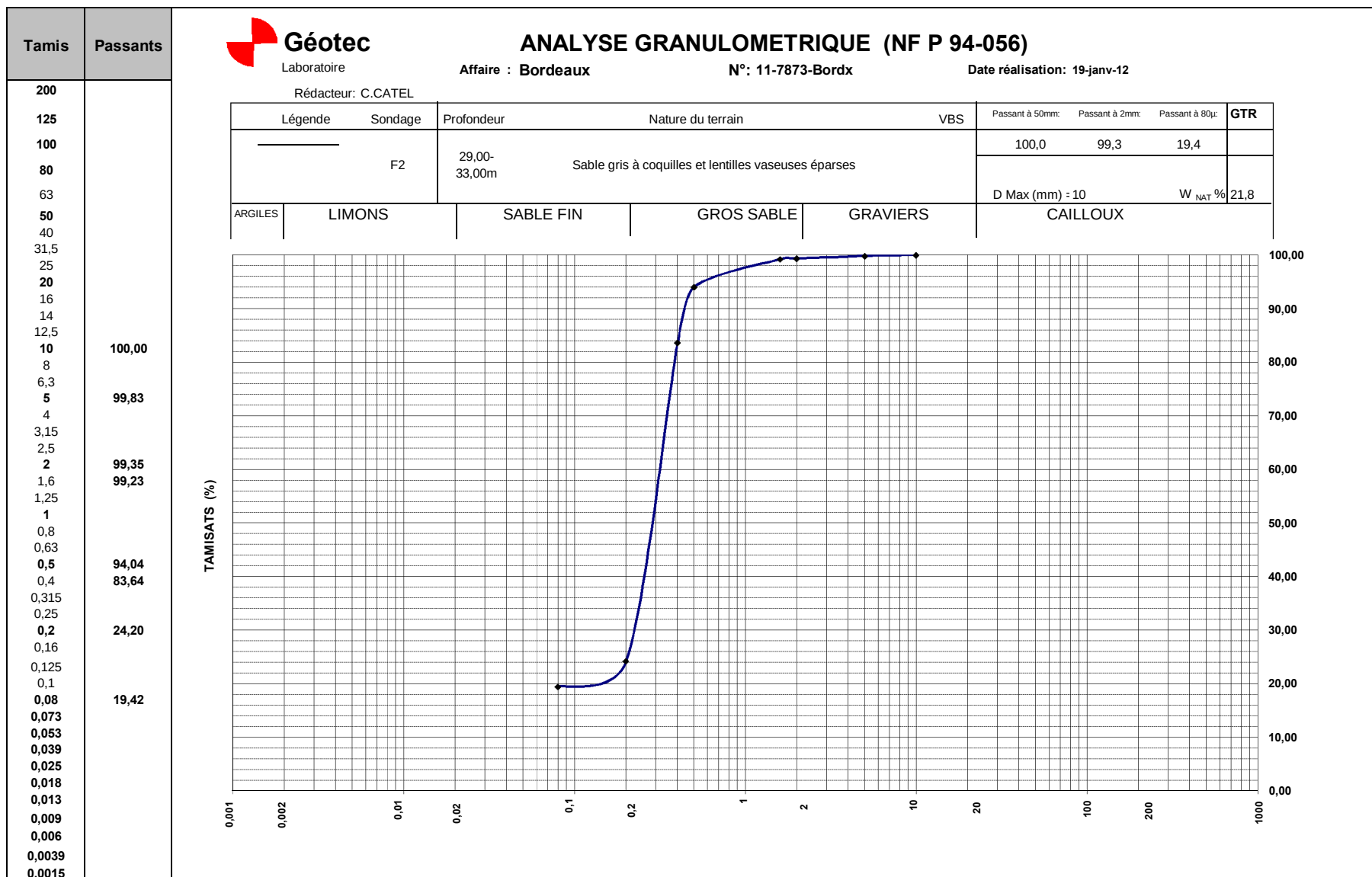


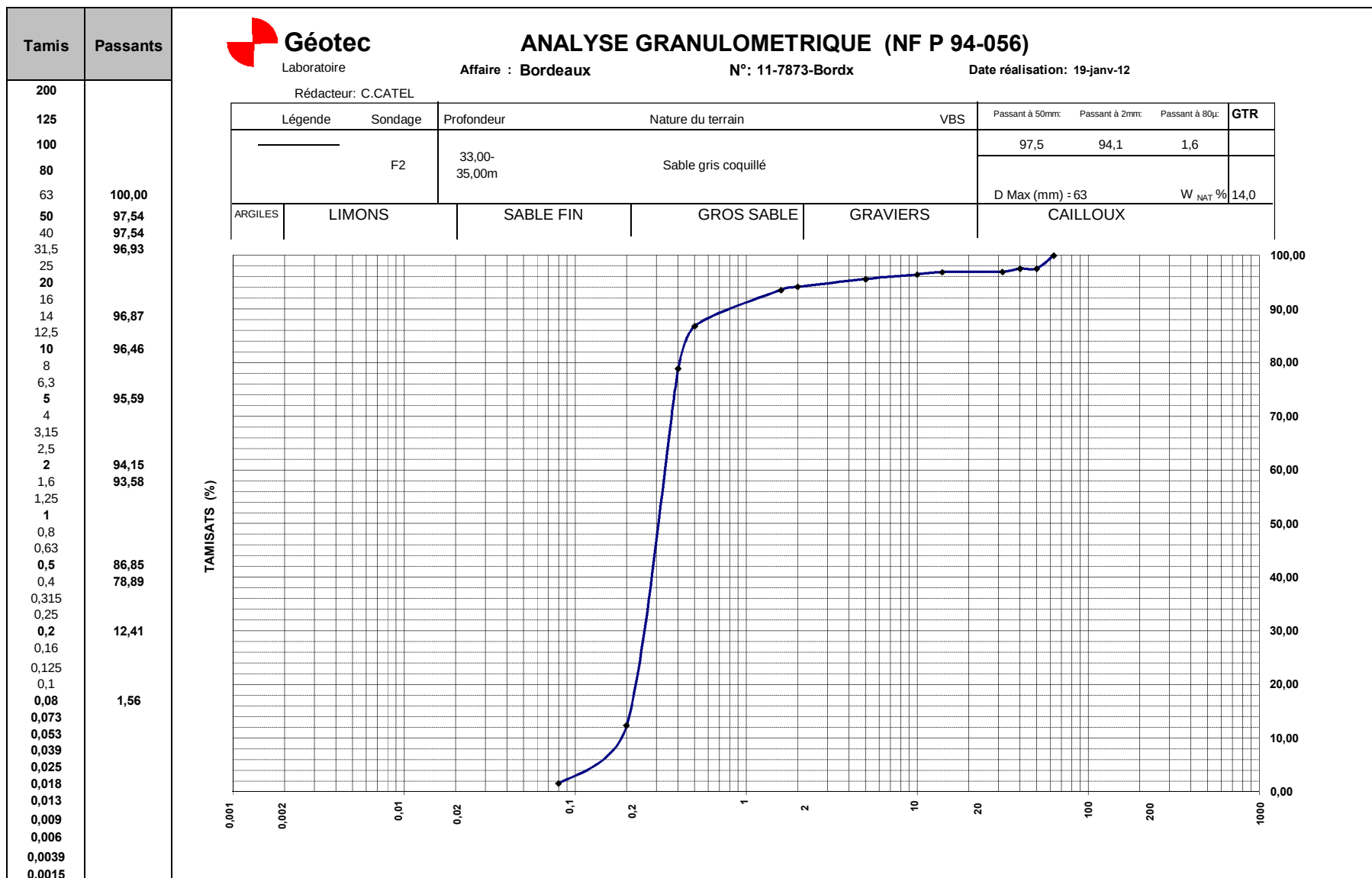


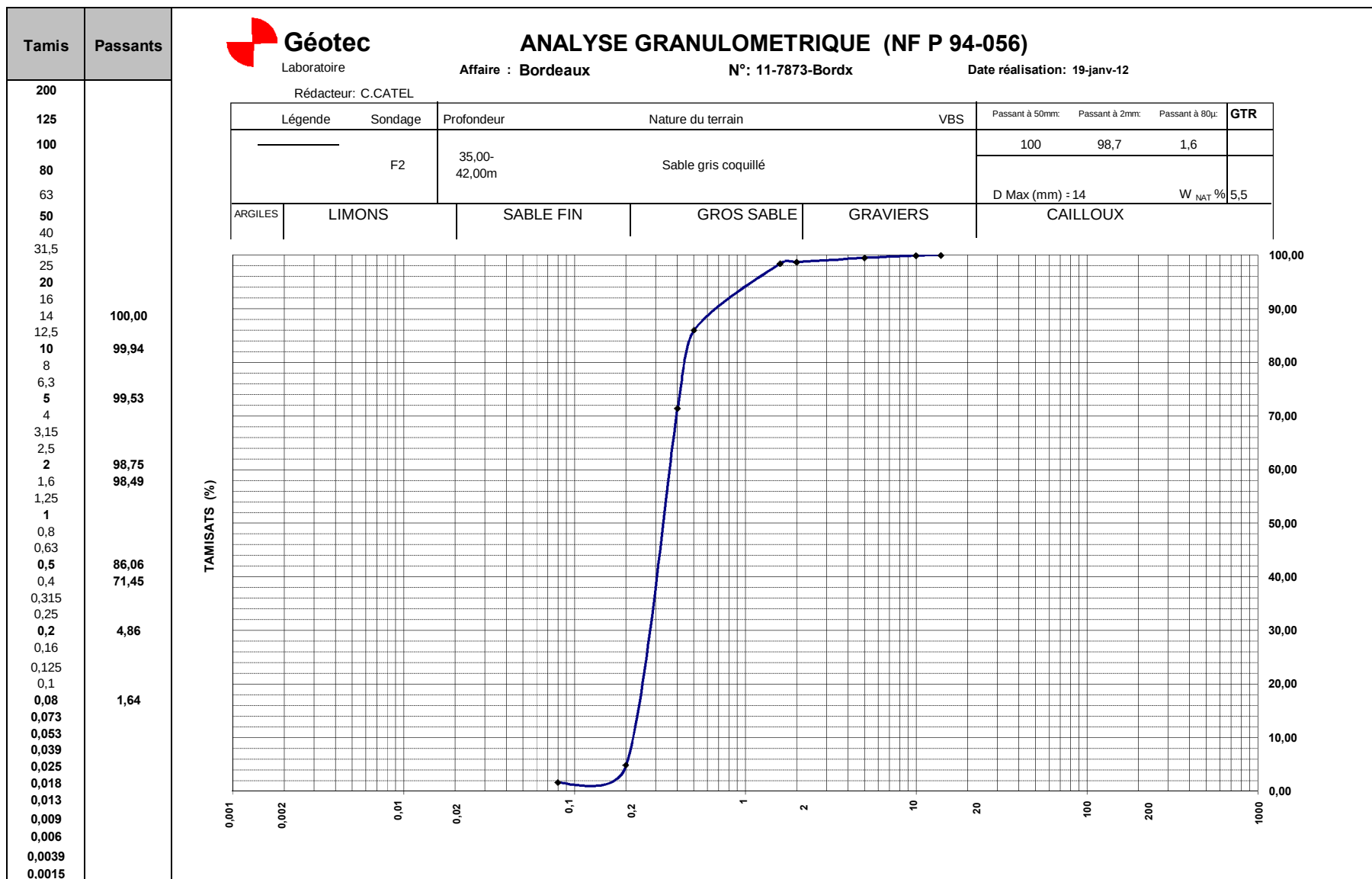


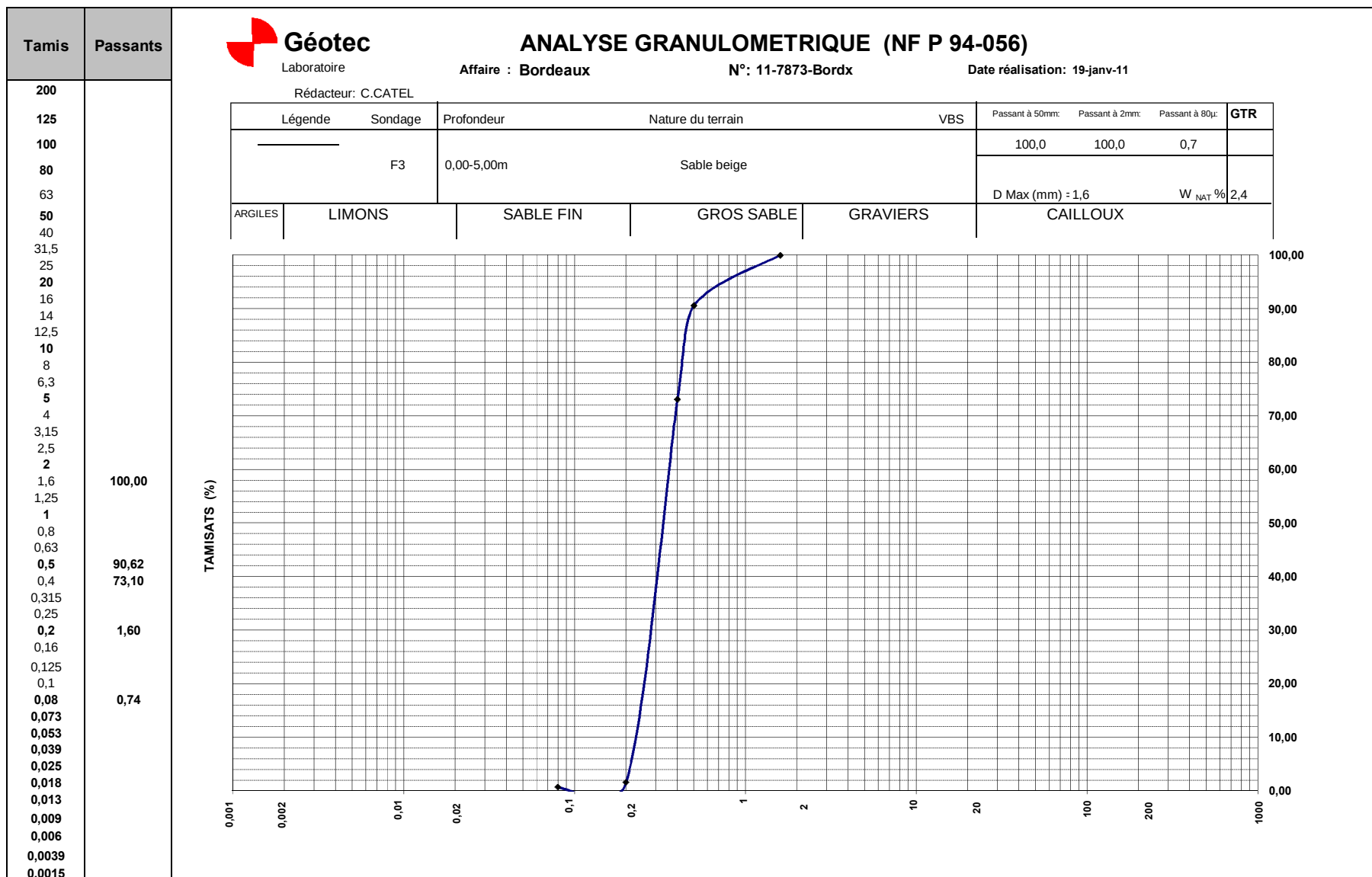


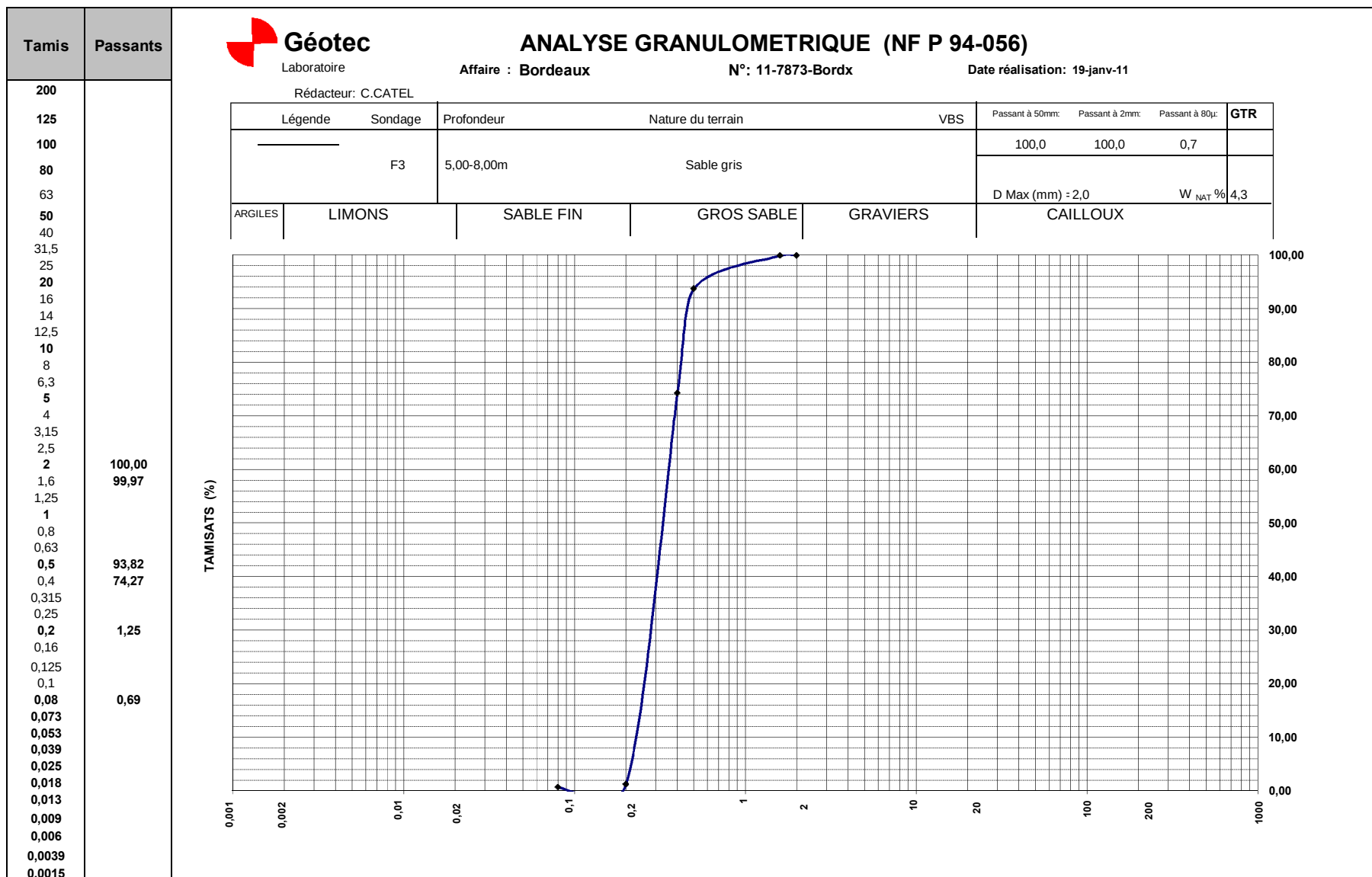


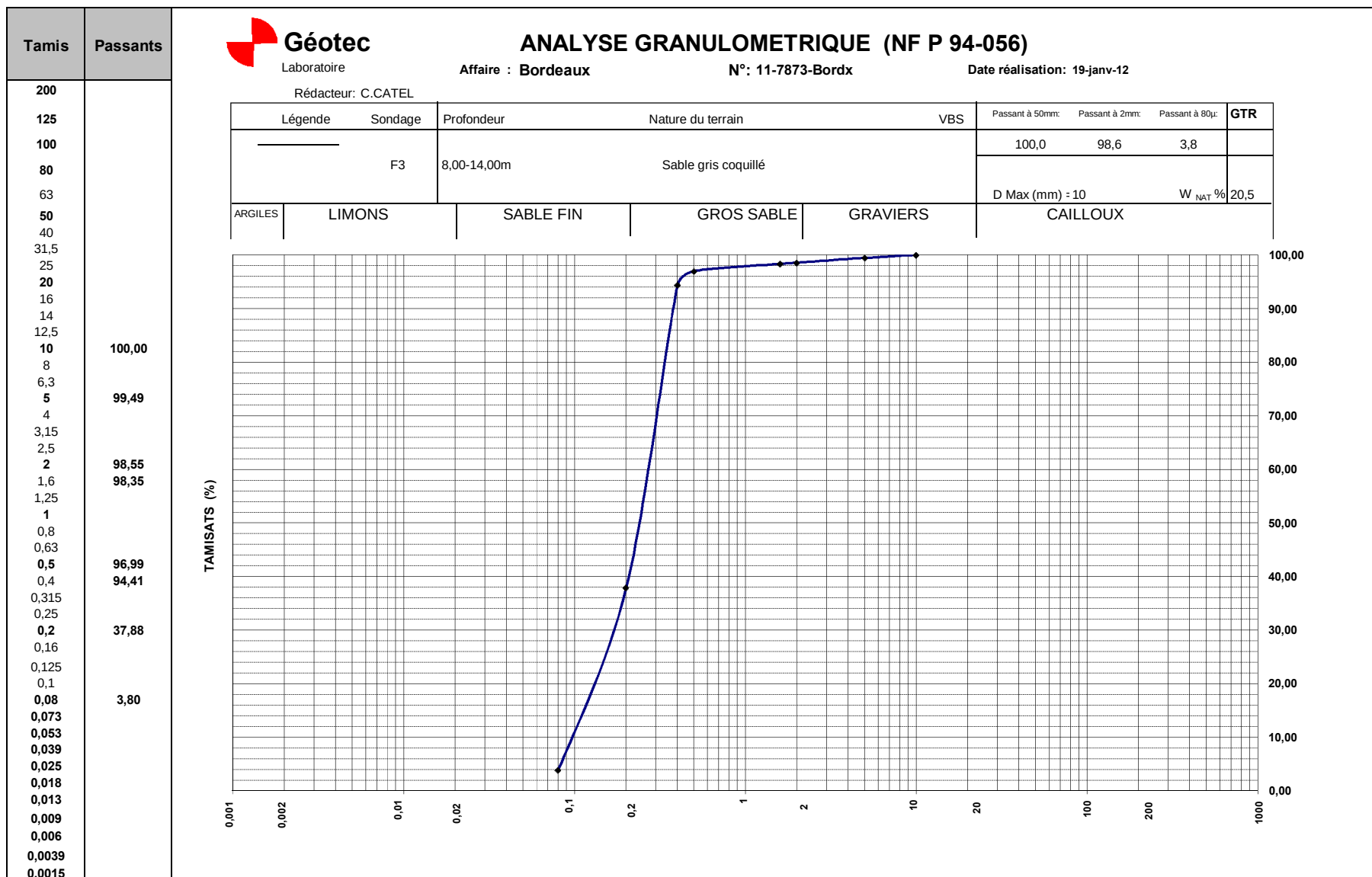












Tamis	Passants
200	
125	
100	
80	
63	
50	
40	
31,5	
25	
20	
16	
14	
12,5	
10	
8	
6,3	
5	
4	
3,15	
2,5	
2	100,00
1,6	99,90
1,25	
1	
0,8	
0,63	
0,5	90,35
0,4	75,74
0,315	
0,25	
0,2	6,20
0,16	
0,125	
0,1	
0,08	1,63
0,073	
0,053	
0,039	
0,025	
0,018	
0,013	
0,009	
0,006	
0,0039	
0,0015	



Laboratoire

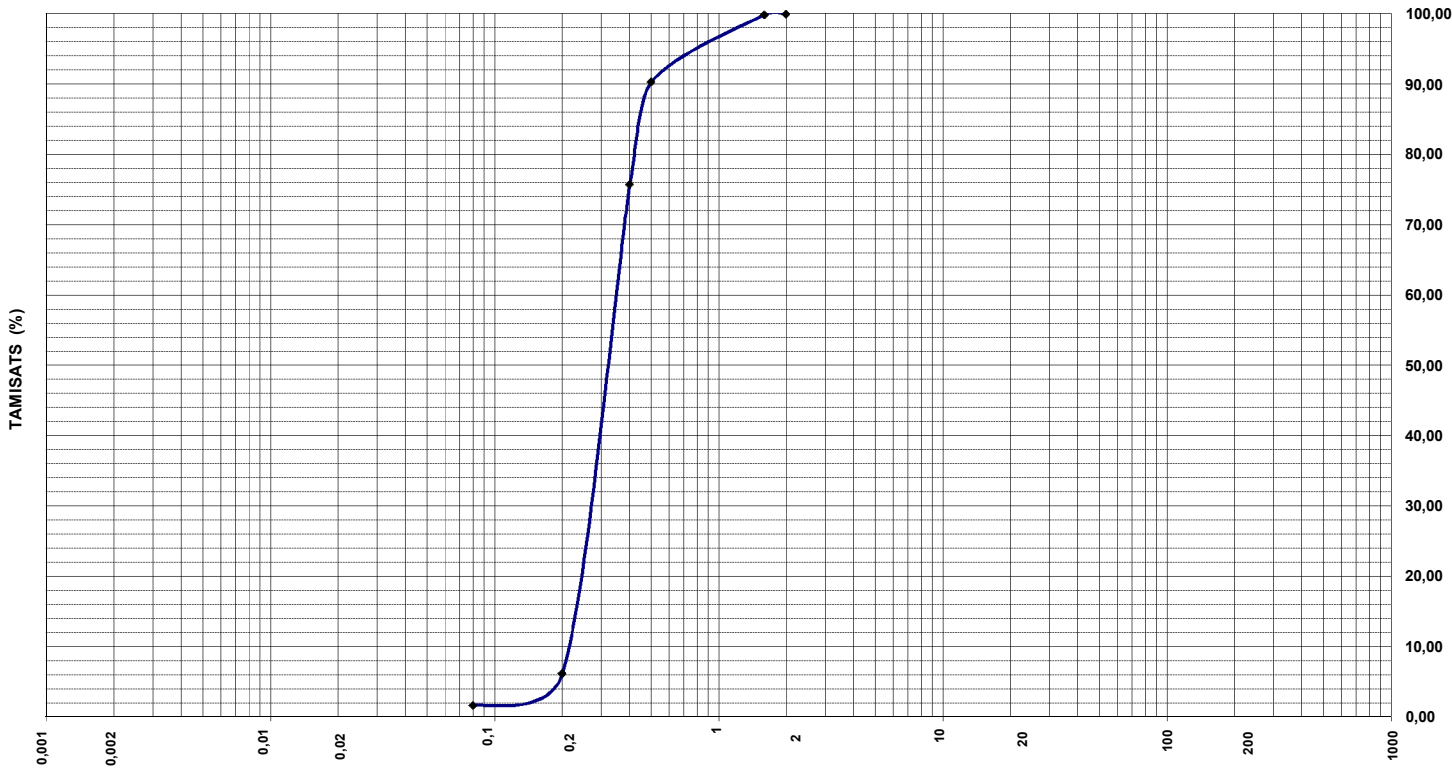
Affaire : Bordeaux

N°: 11-7873-Bordx

Date réalisation: 19-janv-12

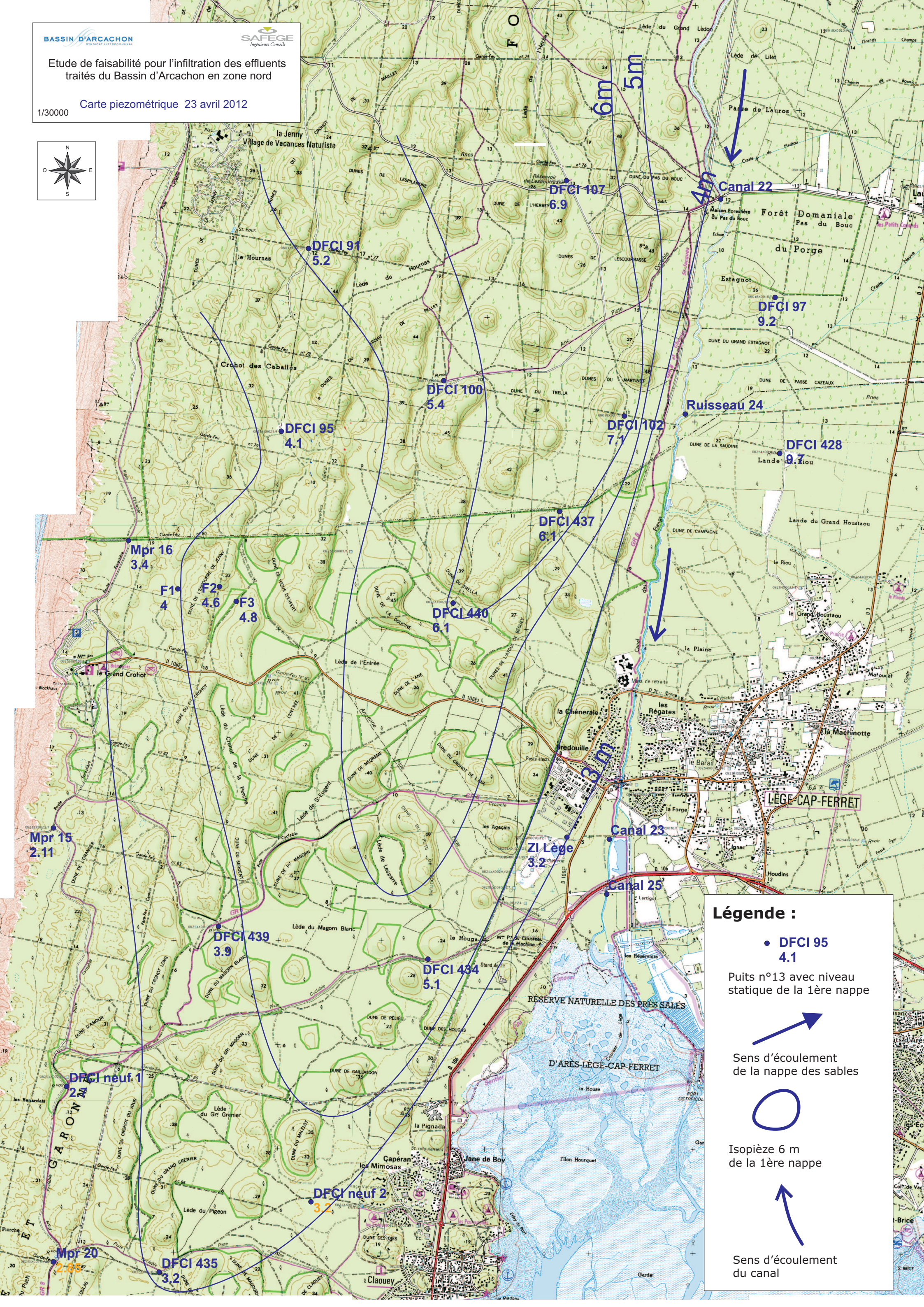
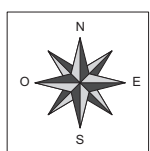
Rédacteur: C.CATEL

Légende		Sondage	Profondeur			Nature du terrain	VBS	Passant à 50mm:	Passant à 2mm:	Passant à 80µ:	GTR
		F3	14,00-21,00m			Sable gris		100,0	100,0	1,6	
								D Max (mm) : 2			W _{NAT} %
ARGILES	LIMONS		SABLE FIN		GROS SABLE	GRAVIERS	CAILLOUX				



ANNEXE 4

MESURES PIÉZOMÉTRIQUES



Légende :

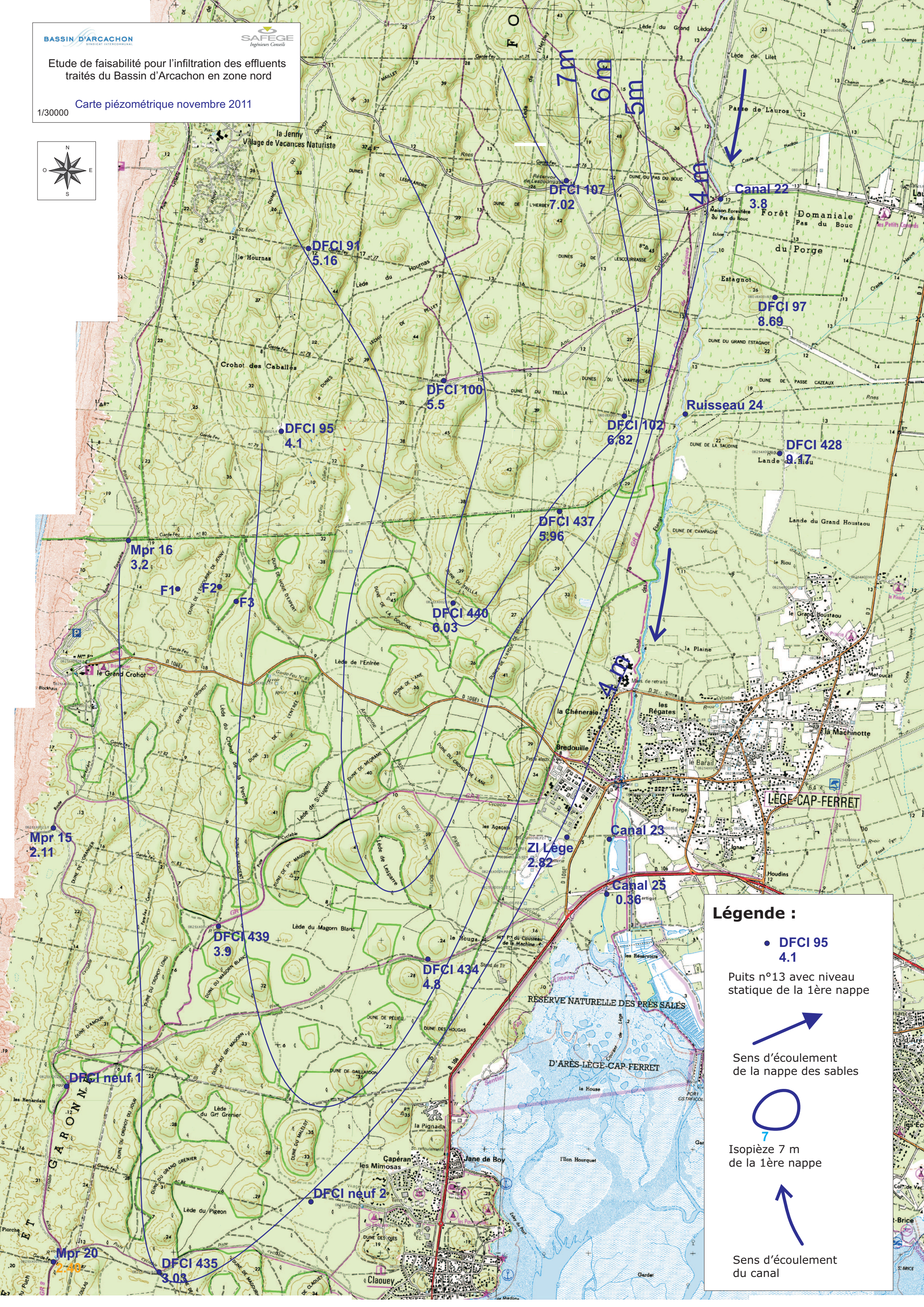
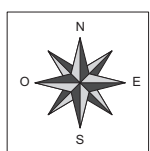
- **DFCI 95**
4.1

Puits n°13 avec niveau statique de la 1ère nappe

Sens d'écoulement
de la nappe des sables

Isopièze 6 m
de la 1ère nappe

Sens d'écoulement
du canal



Légende :

- **DFCI 95**
4.1

Puits n°13 avec niveau statique de la 1ère nappe



Sens d'écoulement
de la nappe des sables



Isopièze 7 m
de la 1ère nappe



Sens d'écoulement
du canal

Campagne piézométrique de novembre 2011
--

Points	Nom	Numero BSS	Type d'ouvrage	Profondeur m	NS / repère m	Cote piézo mNGF
1	DFCI 438	08254X0061	forage	15.54		
2	DFCI	08254X0068	forage	18.76		
3	DFCI 434	08253X0019	forage	18.49	4.22	3.12
4			forage	8.78	artésien	
5		08254X0098	Piezo	6.58	2.25	4.21
6	DFCI 435	08253X0018	forage	17.41	3.38	3.77
7	DFCI 439	08253X0017	forage	18.39	3.59	4.62
8	DFCI 440	08253X0020	forage	17.88	4.55	3.51
9	DFCI 107	08018x0016	forage	19.8	4.5	2.77
10	DFCI 100	08017x0006	forage	20.02	4.15	1.53
11	DFCI 102	08018x0017	forage	18.96	5.05	4.8
12	DFCI 97	08018x0018	forage	19.58	4.03	2.25
13	DFCI 428	08254x0075	forage	16.79	3.2	2.18
14	DFCI mpr	08253x0024	forage	13.32	2	6.91
15	DFCI mpr	08253x0023	forage	15.87	2.3	4.95
16	DFCI mpr	08253x0022	forage	20.74	2.5	2.42
17	DFCI 91	08017x0010	forage	7.36	7.25	0
18	DFCI 95	08253x0025	forage	19.38	3.4	0.7
19	DFCI 437	08254x0077	forage	17.91	5.12	0.34
20	DFCI mpr	08253x0015	forage	16.95	2.52	0.15

Campagne piézométrique avril 2012

Points	Nom	Numero BSS	Type d'ouvrage	Profondeur m	NS / repère m	cote piezo mNGF
1	DFCI 438	08254X0061	forage	15.54		
2	DFCI	08254X0068	forage	18.76		
3	DFCI 434	08253X0019	forage	18.49	3.94	5.12
4			forage	8.78	artésien	
5	ZI Lege	08254X0098	Piezo	6.58	1.87	3.2
6	DFCI 435	08253X0018	forage	17.41	3.2	3.21
7	DFCI 439	08253X0017	forage	18.45	3.54	3.93
8	DFCI 440	08253X0020	forage	17.91	4.46	6.12
9	DFCI 107	08018x0016	forage	19.8	4.56	6.96
10	DFCI 100	08017x0006	forage	20.02	4.2	5.43
11	DFCI 102	08018x0017	forage	18.96	4.77	7.1
12	DFCI 97	08018x0018	forage	19.58	3.55	9.17
13	DFCI 428	08254x0075	forage	16.79	2.68	9.69
14bis	DFCI neuf1		forage	18.11	2.57	2.23
15	DFCI mpr	08253x0023	forage	16	2.2	2.21
16	DFCI mpr	08253x0022	forage	21	2.28	3.44
17	DFCI 91	08017x0010	forage	7.36	7.23	5.18
18	DFCI 95	08253x0025	forage	19.38	3.35	4.12
19	DFCI 437	08254x0077	forage	17.91	4.94	6.14
20	DFCI mpr	08253x0015	forage	15.85	2.05	2.85
21	marais jenny					
22	ny aval pont rive droite					8.7
23	sud Lège rive droite					0.8
24	lège nord rive gauche					6.5
25	ont D106 sud rive gauche					-0.1
26	F3		forage	21.73	4.43	4.75
27	F2		forage	45.05	23.195	4.645
28	F1		forage	22.05	3.515	3.965
29	DFCI neuf2		forage	18	2.56	3.22

ANNEXE 5

RAPPORT EUROFINS ENVIRONNEMENT

Edité à Bordeaux, le 23/01/2012 à 21:23
 N° dossier : **E/12/01846**
 Code client : 10536
 Date de réception : 12/01/2012
 Début des essais le : 12/01/2012

SAFEGE ENVIRONNEMENT
 Agence Bordeaux
 2A AVENUE DE BERLICAN
 BP 50004
 33166 ST MEDARD EN JALLES

Page 1 / 2

RAPPORT D'ESSAIS

Devis 1200 FAB LBOR84B CMA
Eau prélevée le 11/01/12 - F1
Observations : Réceptionné le 12/01/12 à 6.6°C

Nature de l'essai	Méthode	Résultat
Analyse physico-chimique		
Ⓢ Demande Chimique en Oxygène	NF T 90-101	39 mg(O2)/l
Ⓢ Demande Biochimique en Oxygène (5 jours)	ISO 5815-2	0,5 mg(O2)/l
Ⓢ Matières en suspension totales Filtre PALL type A/C	NF EN 872	< 2 mg/l
Ⓢ Azote total selon Kjeldahl	NF EN 25663	1,15 mg(N)/l
Ⓢ Ammonium en N	NF T 90-015-2	0,675 mg(N)/l
Ⓢ Phosphore total en P	Adaptée NF EN ISO 6878	0,29 mg/l
Ⓢ Carbone organique total en C	NF EN 1484	11,5 mg/l
Ⓢ Chlorures en Cl	NF ISO 9297	107 mg/l
Ⓢ Nitrates en N	NF EN ISO 10304-1	0,10 mg(N)/l
Ⓢ Nitrites en N	NF EN 26777	<0,003 mg(N)/l
Ⓢ Orthophosphates en PO4	Adaptée NF EN ISO 6878	0,53 mg/l
Ⓢ Sulfates en SO4	NF EN ISO 10304-1	14,0 mg/l

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 pages. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. L'accréditation par la Section Laboratoire du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation qui sont identifiés par le symbole Ⓢ.

Les incertitudes ne sont pas prises en compte dans la déclaration de conformité et sont disponibles sur demande.

ACCREDITATION
 N° 1-0514
 PORTÉE DISPONIBLE SUR
 WWW.COFRAC.FR



Page 2 / 2 du rapport d'essais 12/01846 du 23/01/12

© Sodium en Na	NF EN ISO 14911	52,7 mg/l
© Magnésium en Mg	NF EN ISO 14911	8,52 mg/l
© Calcium en Ca	NF EN ISO 14911	67,8 mg/l
© Potassium en K	NF EN ISO 14911	2,90 mg/l

Mise en solution eau régale

© Fer	NF EN 15587-1/NF EN ISO 11885	2,4 mg/l
© Manganèse	NF EN 15587-1/NF EN ISO 11885	0,055 mg/l

Analyse bactériologique

Bactéries coliformes	NF EN ISO 9308-1	1300 UFC/100ml
Escherichia coli	NF EN ISO 9308-1	0 UFC/100ml
Entérocoques	NF EN ISO 7899-2	<10 UFC/100ml

Fin de rapport

Ag. Enc. Microbiologie
M. DOUARD



Ag. Enc. Inorganique
M-P. CANDILLIER



Adj. Chimie Eaux
C. PODEVIN



La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 pages. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. L'accréditation par la Section Laboratoire du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation qui sont identifiés par le symbole ©.

Les incertitudes ne sont pas prises en compte dans la déclaration de conformité et sont disponibles sur demande.

ACCREDITATION
N°1-0514
PORTÉE DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR



CR005 - 15/11/2011

Edité à Bordeaux, le 23/01/2012 à 21:23

N° dossier : **E/12/01847**

Code client : 10536

Date de réception : 12/01/2012

Début des essais le : 12/01/2012

SAFEGE ENVIRONNEMENT

Agence Bordeaux

2A AVENUE DE BERLICAN

BP 50004

33166 ST MEDARD EN JALLES

Page 1 / 2

RAPPORT D'ESSAIS

Devis 1200 FAB LBOR84B CMA
Eau prélevée le 11/01/12 - F2
Observations : Réceptionné le 12/01/12 à 6.6°C

Nature de l'essai	Méthode	Résultat
Analyse physico-chimique		
Ⓢ Demande Chimique en Oxygène	NF T 90-101	53 mg(O2)/l
Ⓢ Demande Biochimique en Oxygène (5 jours)	ISO 5815-2	1,1 mg(O2)/l
Ⓢ Matières en suspension totales Filtre PALL type A/C	NF EN 872	26 mg/l
Ⓢ Azote total selon Kjeldahl	NF EN 25663	0,80 mg(N)/l
Ⓢ Ammonium en N	NF T 90-015-2	0,034 mg(N)/l
Ⓢ Phosphore total en P	Adaptée NF EN ISO 6878	0,27 mg/l
Ⓢ Carbone organique total en C	NF EN 1484	20,5 mg/l
Ⓢ Chlorures en Cl	NF ISO 9297	116 mg/l
Ⓢ Nitrates en N	NF EN ISO 10304-1	0,27 mg(N)/l
Ⓢ Nitrites en N	NF EN 26777	<0,003 mg(N)/l
Ⓢ Orthophosphates en PO4	Adaptée NF EN ISO 6878	0,47 mg/l
Ⓢ Sulfates en SO4	NF EN ISO 10304-1	23,7 mg/l

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 pages. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. L'accréditation par la Section Laboratoire du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation qui sont identifiés par le symbole Ⓢ.

Les incertitudes ne sont pas prises en compte dans la déclaration de conformité et sont disponibles sur demande.

ACCREDITATION
N° 1-0514
PORTÉE DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR



CR005- 15/11/2011

Page 2 / 2 du rapport d'essais 12/01847 du 23/01/12

© Sodium en Na	NF EN ISO 14911	59,2 mg/l
© Magnésium en Mg	NF EN ISO 14911	7,59 mg/l
© Calcium en Ca	NF EN ISO 14911	43,3 mg/l
© Potassium en K	NF EN ISO 14911	2,22 mg/l

Mise en solution eau régale

© Fer	NF EN 15587-1/NF EN ISO 11885	9,6 mg/l
© Manganèse	NF EN 15587-1/NF EN ISO 11885	0,044 mg/l

Analyse bactériologique

Bactéries coliformes	NF EN ISO 9308-1	2200 UFC/100ml
Escherichia coli	NF EN ISO 9308-1	10 UFC/100ml
Entérocoques	NF EN ISO 7899-2	<10 UFC/100ml

Fin de rapport

Ag. Enc. Microbiologie
M. DOUARD



Ag. Enc. Inorganique
M-P. CANDILLIER



Adj. Chimie Eaux
C. PODEVIN



La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 pages. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. L'accréditation par la Section Laboratoire du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation qui sont identifiés par le symbole ©.

Les incertitudes ne sont pas prises en compte dans la déclaration de conformité et sont disponibles sur demande.

ACCREDITATION
N° 1-0514
PORTÉE DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR


CR005- 15/11/2011

Edité à Bordeaux, le 23/01/2012 à 21:23

N° dossier : **E/12/01848**

Code client : 10536

Date de réception : 12/01/2012

Début des essais le : 12/01/2012

SAFEGE ENVIRONNEMENT

Agence Bordeaux

2A AVENUE DE BERLICAN

BP 50004

33166 ST MEDARD EN JALLES

Page 1 / 2

RAPPORT D'ESSAIS

Devis 1200 FAB LBOR84B CMA
Eau prélevée le 09/01/12 - F3
Observations : Réceptionné le 12/01/12 à 6.6°C

Nature de l'essai	Méthode	Résultat
Analyse physico-chimique		
© Demande Chimique en Oxygène	NF T 90-101	39 mg(O2)/l
© Demande Biochimique en Oxygène (5 jours)	ISO 5815-2	2,7 mg(O2)/l
© Matières en suspension totales Filtre PALL type A/C	NF EN 872	4 mg/l
© Azote total selon Kjeldahl	NF EN 25663	1,55 mg(N)/l
© Ammonium en N	NF T 90-015-2	0,927 mg(N)/l
© Phosphore total en P	Adaptée NF EN ISO 6878	0,32 mg/l
© Carbone organique total en C	NF EN 1484	12,6 mg/l
© Chlorures en Cl	NF ISO 9297	97,4 mg/l
© Nitrates en N	NF EN ISO 10304-1	0,06 mg(N)/l
© Nitrites en N	NF EN 26777	0,004 mg(N)/l
© Orthophosphates en PO4	Adaptée NF EN ISO 6878	0,66 mg/l
© Sulfates en SO4	NF EN ISO 10304-1	13,4 mg/l

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 pages. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. L'accréditation par la Section Laboratoire du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation qui sont identifiés par le symbole ©.

Les incertitudes ne sont pas prises en compte dans la déclaration de conformité et sont disponibles sur demande.

ACCREDITATION
N° 1-0314
PORTÉE DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR

cofrac

ESSAIS

CR005- 15/11/2011

Page 2 / 2 du rapport d'essais 12/01848 du 23/01/12

© Sodium en Na	NF EN ISO 14911	48,3 mg/l
© Magnésium en Mg	NF EN ISO 14911	8,72 mg/l
© Calcium en Ca	NF EN ISO 14911	60,9 mg/l
© Potassium en K	NF EN ISO 14911	2,81 mg/l
© Fer	ICP-AES (NF EN ISO 11885)	3,2 mg/l
© Manganèse	ICP-AES (NF EN ISO 11885)	0,079 mg/l

Analyse bactériologique

Bactéries coliformes	NF EN ISO 9308-1	1700 UFC/100ml
Escherichia coli	NF EN ISO 9308-1	320 UFC/100ml
Entérocoques	NF EN ISO 7899-2	40 UFC/100ml

OBSERVATION D'UN POINT DE VUE MICROBIOLOGIQUE :

Délai entre le prélèvement et la réception de l'échantillon non conforme : ces résultats peuvent ne pas refléter la concentration présente au moment du prélèvement.

Fin de rapport

Ag. Enc. Microbiologie
M. DOUARD



Ag. Enc. Inorganique
M-P. CANDILLIER



Adj. Chimie Eaux
C. PODEVIN



La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 2 pages. Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. L'accréditation par la Section Laboratoire du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation qui sont identifiés par le symbole ©.

Les incertitudes ne sont pas prises en compte dans la déclaration de conformité et sont disponibles sur demande.

ACCREDITATION
N° 1-0514
PORTÉE DISPONIBLE SUR
WWW.COFRAC.FR

cofrac

ESSAIS

CR005- 15/11/2011