



HAL
open science

Mesures complémentaires (module 2 du projet) sur le bassin d'alimentation de la Fontaine de Nîmes - Rapport final.

Jean-Christophe Maréchal, Nathalie Dörfliger, Bernard Ladouche

► To cite this version:

Jean-Christophe Maréchal, Nathalie Dörfliger, Bernard Ladouche. Mesures complémentaires (module 2 du projet) sur le bassin d'alimentation de la Fontaine de Nîmes - Rapport final.. [Rapport de recherche] BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) (Bureau de recherches géologiques et minières). 2004. hal-03141374

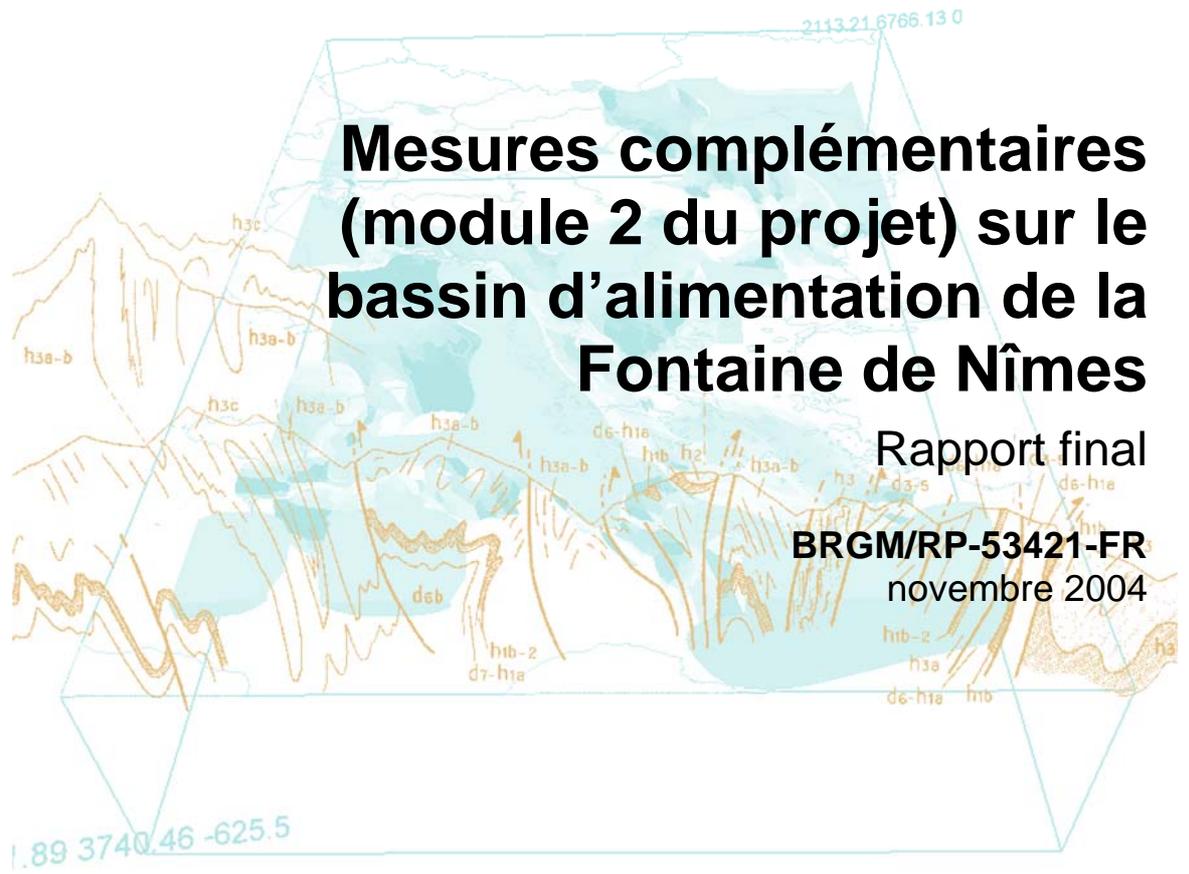
HAL Id: hal-03141374

<https://brgm.hal.science/hal-03141374>

Submitted on 15 Feb 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Mesures complémentaires (module 2 du projet) sur le bassin d'alimentation de la Fontaine de Nîmes

Rapport final
BRGM/RP-53421-FR
novembre 2004



Document public



Mesures complémentaires (module 2 du projet) sur le bassin d'alimentation de la Fontaine de Nîmes

Rapport final

BRGM/RP-53421-FR
novembre 2004

JC. Maréchal
Avec la collaboration de
N. Doerfliger, B. Ladouche

Mots clés : crue, inondations, aquifère karstique, Nîmes, eaux souterraines, hydrogéologie, hydrologie

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Maréchal JC. (2004) - Mesures complémentaires (module 2 du projet) sur le bassin d'alimentation de la Fontaine de Nîmes.- Rapport BRGM/RP-53421-FR, 41 p., 8 illustrations.

Synthèse

Dans le cadre du programme de recherche du BRGM 04EAU01 (KARSTEAU) et de la convention n° 2003.07.23 établie avec la Ville de Nîmes, le BRGM a pour objectif de caractériser la structure et le fonctionnement de l'hydrosystème karstique nîmois (Fontaine de Nîmes) et d'évaluer sa contribution à la genèse et à la propagation des crues éclair, en travaillant à deux échelles spatiales : celle de la totalité du bassin d'alimentation du karst nîmois et celle de sites pilotes liés à un ou deux bassins versants ou sous-bassins versants de cadereaux de ce karst.

L'approche spatiale à l'échelle de la totalité du bassin d'alimentation est réalisée au sein :

- du module 1 du projet dont l'objectif est la connaissance de la structure et du fonctionnement hydrologique du bassin d'alimentation de la Fontaine de Nîmes ;
- du module 2 du projet dont l'objectif est la connaissance du fonctionnement hydrogéologique de l'épikarst et de la zone noyée, en particulier au moyen de l'acquisition de données complémentaires à celles d'ores et déjà disponibles ou recueillies antérieurement.

Le présent rapport décrit les données complémentaires qui seront acquises dans le cadre du module 2 du projet ainsi que la localisation des sites de mesure et leur mode d'acquisition. Pour chaque données complémentaires, la tâche du module correspondant est mentionnée, conformément à la description effectuée dans le cahier des charges associé à la convention.

Les sites pilotes à retenir pour les modules 3 et 4 du projet seront définis sur la base des conclusions du module 2.

Sommaire

1. Introduction.....	7
2. Mesures complémentaires.....	9
2.1. CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES RÉGIONALES	9
2.2. RÉSEAU COMPLÉMENTAIRE DE SUIVI DES EAUX SOUTERRAINES	10
2.3. RÉSEAU DE SUIVI DES PLUIES.....	12
2.4. DONNÉES HYDROCHIMIQUES COMPLÉMENTAIRES.....	13
2.5. CARACTÉRISATION DE L'INFILTRATION	14
3. Synthèse.....	19
4. Bibliographie.....	21

Liste des illustrations

Illustration 1 : Liste des points de mesures du réseau piézométrique.....	10
Illustration 2 : Liste des points équipés d'un orphimède pour la surveillance en continu des niveaux d'eau.	11
Illustration 3 : Caractéristiques des points équipés d'un orphimède pour la surveillance en continu des niveaux d'eau.	12
Illustration 4 : Localisation des pluviomètres incrémenteurs.	12
Illustration 5 : Campagnes d'analyses du suivi de crue (¹ fonction de l'importance de la pluie : 1 échantillon /7 mm de pluie).	13
Illustration 6 : Liste des points du réseau hydrochimique.....	14
Illustration 7 : Quatre groupes de sols du bassin de capacité d'infiltration différente.....	15
Illustration 8 : Localisation des sites d'infiltration.	16

Liste des annexes

Annexe 1 Réseau piézométrique pour mesures basses et hautes eaux.....	23
Annexe 2 Réseau de suivi des eaux souterraines (mesures par orphimèdes).....	27
Annexe 3 Réseau de suivi hydrochimique	31
Annexe 4 Sites et résultats des essais d'infiltration (de Condappa, 2001)	35

1. Introduction

Dans le cadre du programme de recherche du BRGM 04EAU01 (KARSTEAU) et de la convention n° 2003.07.23 établie avec la Ville de Nîmes, le BRGM a pour objectif de caractériser la structure et le fonctionnement de l'hydrosystème karstique nîmois (Fontaine de Nîmes) et d'évaluer sa contribution à la genèse et à la propagation des crues éclair, en travaillant à deux échelles spatiales : celle de la totalité du bassin d'alimentation du karst nîmois et celle de sites pilotes liés à un ou deux bassins versants ou sous-bassins versants de cadereaux de ce karst.

L'approche spatiale à l'échelle de la totalité du bassin d'alimentation est réalisée au sein :

- du module 1 du projet dont l'objectif est la connaissance de la structure et du fonctionnement hydrologique du bassin d'alimentation de la Fontaine de Nîmes ;
- du module 2 du projet dont l'objectif est la connaissance du fonctionnement hydrogéologique de l'épikarst et de la zone noyée, en particulier au moyen de l'acquisition de données complémentaires à celles d'ores et déjà disponibles ou recueillies antérieurement.

La synthèse des données existantes et de la bibliographie réalisée au sein du module 1 du projet (Maréchal *et al.*, 2004) a mis en évidence la nécessité de réaliser un certain nombre de mesures complémentaires dont les objectifs et finalités sont définis au sein du présent rapport. Ces données complémentaires sont de natures hydrogéologique et hydrochimique principalement. Elles sont acquises dans le cadre du module 2 du projet.

L'objet du présent rapport est de décrire les mesures complémentaires qui seront nouvellement acquises au sein du module 2 du projet ainsi que leur localisation et leur mode d'acquisition. Pour chaque mesure complémentaire, la tâche du module correspondante est mentionnée, conformément à la description effectuée dans le cahier des charges associé à la convention.

2. Mesures complémentaires

2.1. CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES RÉGIONALES

Tâche 1 du module 2 – Etude géologique complémentaire

Les mesures complémentaires relatives à cette tâche concernent (i) la géologie, avec des précisions sur le développement vertical de la karstification ainsi que sur la géométrie des formations, et (ii) l'évaluation de la capacité de stockage, avec notamment l'interprétation des suivis piézométriques en continu et deux campagnes piézométriques régionales.

L'étude géologique complémentaire va être initiée dès novembre 2004 ; des éléments de réponse seront fournis dans le rapport géologique sur la mise en place de la karstification et de son développement vertical.

Deux campagnes piézométriques (basses et hautes eaux) sont programmées durant la durée du projet. La première d'entre elles (basses eaux) a eu lieu entre le 20 et le 22 septembre 2004, avant les pluies d'automne. Le réseau piézométrique obtenu est réparti de façon satisfaisante sur la zone d'étude (Annexe 1). Il est limité à 22 sites (Illustration 1), y compris les 10 points du réseau de suivi des eaux souterraines (voir § 2.2), suite à la difficulté de trouver des points mesurables dans la zone d'étude : puits abandonnés effondrés, forages équipés de pompes et en conséquence non mesurables, refus de collaboration des propriétaires d'ouvrages...

No	Type	Nom	Nature	X	Y	Suivi en continu (o/n)	Pompé (o/n)
PZ1	Piézo	Mas de Ponge	forage	757785	176295	o	n
PZ2	Piézo	Mas de Bruxelles	forage	755997	175817	o	n
PZ3	Piézo	Mas de Provence	forage	755876	174337	o	n
PZ4	Piézo	Moulin Daumier	forage	750675	176273	o	o
PZ5	Piézo	Font Aubarne (Tompo)	puits	766089	177557	o	n
PZ6	Piézo	Source Guigue	Puits	763646	175835	o	n
PZ7	Piézo	Puits des 9 Arcades	Puits	761610	174050	o	o
PZ8	Piézo	Aven Mazauric	Aven	761780	173130	o	n

PZ9	Piézo	F4 Puits Poubelle	Puits	761330	173420	o	n
PZ10	Piézo	Maison Carré	Puits	762399	172900	o	n
PZ11	Piézo	Mas de Vanel	forage	755075	174493	n	o
PZ12	Piézo	Centaure (Singe)	forage	754802	175301	n	n
PZ13	Piézo	Mas des Crottes	puits	752910	176070	n	n
PZ14	Piézo	Maire Parignargues	forage	750282	176721	n	n
PZ15	Piézo	Mas de Granon	forage	758915	176524	n	n
PZ16	Piézo	Mas Rouquette	puits	753738	174680	n	n
PZ17	Piézo	Monsieur Lecroart1	forage	753556	174114	n	pas encore
PZ18	Piézo	Monsieur Lecroart2	forage	753556	174114	n	pas encore
PZ19	Piézo	Grand Champ	forage	765099	175975	n	o
PZ20	Piézo	Chemin de Calvas	puits	763546	177308	n	o
PZ21	Piézo	Puits de Cabanis	puits	757411	172988	n	n
PZ22	Piézo	Petit Vacqueyrolles	puits	757071	173952	n	n

Illustration 1 : Liste des points de mesures du réseau piézométrique.

La piézométrie permettra d'apprécier le comportement de l'aquifère en différents secteurs du bassin d'alimentation ; elle donnera une indication générale sur la direction ou l'évolution des directions d'écoulement pour les différentes conditions hydrologiques. Au vu de l'hétérogénéité du milieu karstique, l'interprétation des données recueillies devra être réalisée avec prudence.

2.2. RÉSEAU COMPLÉMENTAIRE DE SUIVI DES EAUX SOUTERRAINES

Tâche 2 du module 2 – Réseau complémentaire de suivi des eaux souterraines

L'objectif est de suivre en continu, en complément des 4 points déjà suivis, les niveaux d'eau de 6 points supplémentaires de façon à obtenir un réseau de 10 points au total.

Le réseau final proposé et équipé depuis septembre 2004 est de quatre forages, cinq puits et un aven. Leur localisation est donnée à l'illustration 2 et à l'Annexe 2.

No	Nom	X	Y	Nature	No BSS
O1	Mas de Ponge	757785	176295	Forage	09644X0018/PONGE
O2	Mas de Bruxelles	755997	175817	Forage	09644X0048/BRUXELL
O3	Mas de Provence	755876	174337	Forage	09644X0020/PROVEN
O4	Moulin Daumier	750675	176273	Forage	09643X0007/S
O5	Tompo	766089	177557	Puits	09651X0123/TOMPO
O6	Source Guigue	763646	175835	Puits	09651X0122/GUIGU
O7	puits des 9 Arcades (Robert)	761610	174050	Puits	09651-X-0035
O8	Aven Mazauric	761780	173130	Aven	09651-X-0112
O9	F4 Puits Poubelle	761330	173420	Puits	09651-X-0121
O10	Maison Carré	762399	172900	Puits	09651-X-0112

Illustration 2 : Liste des points équipés d'un orphimède pour la surveillance en continu des niveaux d'eau.

Les points ont été choisis de façon à :

- obtenir une répartition géographique et géologique sur la zone d'étude,
- être, pour certains, localisés sur les cadereaux (Uzès et d'Alès) particulièrement sensibles et étudiés dans le cadre de la partie modélisation hydrologique et hydraulique du projet ESPADA, réalisé par BCEOM (Source Guigue, Puits Poubelle)
- être hydrogéologiquement pertinents : proches (Puits Poubelle, Neuf Arcades) ou éloignés (Mas de Bruxelles) du réseau karstique, présents dans les différentes formations géologiques, être localisés dans des contextes hydrogéologiques variés : synclinal de Vacqueyrolles (Mas de Provence), nappes superficielles (Mas de Ponge) et profondes

Leurs caractéristiques sont résumées à l'illustration 3.

No	Nom	Etage	Hydrogéologique	Géologie
O1	Mas de Ponge	n4aM	Nappe superficielle dans le Barrémien marneux	Marnes et calcaires argileux (Barrémien inférieur)
O2	Mas de Bruxelles	n3b	Hauterivien à distance du réseau karstique (blocs)	Calcaires en bancs épais (Hauterivien supérieur indifférencié)
O3	Mas de Provence	n3a	Synclinal de Vacqueyrolles	Calcaires et marnes (Hauterivien Inférieur indifférencié)
O4	Moulin Daumier	Fz sur n4aB	Barrémien à distance du réseau karstique (blocs)	Alluvions sur calcaires "Barutélien" (Barrémien inférieur)
O5	Tompo	AC sur n3b	Hauterivien supérieur à distance du réseau karstique (blocs)	Piedmont sur calcaires "cruasiens" (Hauterivien supérieur)
O6	Source Guigue	n3a	Source	Calcaires et marnes (Hauterivien Inférieur indifférencié)
O7	Puits des 9 Arcades (Robert)	n3a	Réseau karstique (bras est)	Calcaires et marnes (Hauterivien Inférieur indifférencié)

O8	Aven Mazauric	n3b	Exutoire de la Fontaine	Calcaires "cruasiens" (Hauterivien supérieur)
O9	F4 Puits Poubelle	n3b	Réseau karstique (bras ouest)	Calcaires "cruasiens" (Hauterivien supérieur)
O10	Maison Carré	AC	Plaine de la Vistrenque	Limons et débris calcaires de Piedmont

Illustration 3 : Caractéristiques des points équipés d'un orphimède pour la surveillance en continu des niveaux d'eau.

Le pas de temps de mesure est de 30 minutes ou une heure, selon la proximité des points par rapport au réseau karstique connu.

Parallèlement, la Fontaine de Nîmes fait l'objet d'un suivi complémentaire au moyen d'une sonde permettant de mesurer la conductivité électrique et la température de l'eau à un pas de temps de 30 minutes.

Le canal à l'aval de la Fontaine a été équipé d'un débitmètre à ultra sons (UF322 – Ultraflux) de façon à obtenir la courbe de jaugeage de la Fontaine de Nîmes et ainsi être en mesure de transformer les hauteurs d'eau mesurées à l'aven de Mazauric à la Fontaine de Nîmes en débit depuis 1998 par le BRGM. Cet équipement permettra, pour la première fois, de connaître le débit de la Fontaine durant plusieurs cycles hydrologiques.

2.3. RÉSEAU DE SUIVI DES PLUIES

Tâche 3 du module 2 – réseau de suivi des pluies

Deux pluviomètres incrémenteurs ont été installés en septembre 2004 de façon à compléter les données de pluie disponibles. Ils sont situés sur deux des cadereaux d'intérêt de l'étude, à savoir Uzès et d'Alès (Illustration 4).

No	Cadereau	Station	Capteur	MNEMO	X	Y
N8	Uzès	Terres de Rouvière (réservoir)	R	ROUVIERE	762573	176605
N13	Alès	Route d'Anduze	R+L	ANDUZE	760120	175662

Illustration 4 : Localisation des pluviomètres incrémenteurs.

Ces pluviomètres permettent d'échantillonner les pluies par pas de 7 mm de précipitation. Ils sont situés sur des sites équipés d'un pluviographe dont les données de pluviométrie totale permettent de reconstituer, dans le temps, l'évolution de la composition d'une pluie.

2.4. DONNÉES HYDROCHIMIQUES COMPLÉMENTAIRES

Tâche 4 du module 2 – Acquisition de données hydrochimiques complémentaires

Des données hydrochimiques temporelles seront acquises dans le cadre du projet, sous la forme d'un suivi de crue (Illustration 5) et d'un suivi mensuel des eaux souterraines de la Fontaine de Nîmes.

Suivi de crue

Type d'eau	Analyses	Echantillons/crue	Crues	Sites	Total
Pluie	Cl, ^{18}O , ^2H	15 – 20 ¹	2	2 (1 analysé)	30-40
Surface (2 cadereaux)	Cl, NO_3 , Alcalinité, Dureté, ^{18}O , ^2H	12	2	2	48
Souterraine (Fontaine de Nîmes)	Majeurs, traces (Sr, B, Br) + isotopes complémentaires (Sr, ^{18}O , ^2H)	5	3	1	15

Illustration 5 : Campagnes d'analyses du suivi de crue (¹ fonction de l'importance de la pluie : 1 échantillon /7 mm de pluie).

Les échantillons de pluie sont prélevés au moyen des pluviomètres incrémenteurs (voir § 2.3) de Terres de Rouvière et Route d'Anduze, respectivement dans les cadereaux d'Uzès et Alès.

Il est proposé de suivre les eaux de surface des cadereaux d'Uzès et Alès (au niveau du cadereau lui-même et de venues d'eau temporaire, sources – points jaillissants), avec la participation bénévole de Mme Robert (Alès 1 : cadereau d'Alès au niveau du Pont des 9 Arcades entre les limnimètres Espesses et Cimetière Protestant) et de M. Garelli (Uzès 1 : cadereau d'Uzès juste en aval du réservoir le long de la route d'Uzès et Uzès 2 : sur le cadereau le long de la rue Ambroise Croizat). L'échantillonnage des crues au niveau des cadereaux est effectué deux fois par jour (matin et soir) lors de ruissellements en période de crue aux points Alès 1 et Uzès 2, et une fois par jour (le matin) au point Uzès 1.

Un préleveur automatique d'échantillons a été installé à la Fontaine de Nîmes au mois d'octobre 2004, avec un pas d'échantillonnage de une journée pour y assurer le suivi de crues. Parallèlement, la Fontaine de Nîmes fait l'objet d'un suivi complémentaire au moyen d'une sonde permettant de mesurer la conductivité électrique et la température de l'eau à un pas de temps de 30 minutes

Suivi mensuel

Le suivi mensuel est effectué au niveau de la Fontaine de Nîmes pendant un cycle hydrologique minimum (12 échantillons). Ce suivi a débuté en mai 2004.

Deux campagnes de caractérisation géochimique des eaux souterraines seront réalisées en hautes eaux et basses eaux. Les prélèvements de la première campagne (en basses eaux) ont eu lieu en septembre 2004 sur le réseau décrit à Illustration 6 et sont localisés en Annexe 3.

No	Nom	X	Y	Orphi (O/N)	Etage	Géologie
C1	Mas de Provence	755876	174337	O	n3a (limite)	Calcaires et marnes (Hauterivien Inférieur indifférencié)
C2	Rey	758990	173420	N	n3b	Calcaires en bancs épais (Hauterivien supérieur indifférencié)
C3	Font Aubarne	766100	177510	N	AC sur n3b	Piedmont sur calcaires "cruasiens" (Hauterivien supérieur)
C4	Mas de Ponge	757785	176295	O	n4aM	Marnes et calcaires argileux (Barrémien inférieur)
C5	Mas de Bruxelles	755997	175817	O	n3b	Calcaires en bancs épais (Hauterivien supérieur indifférencié)
C6	Moulin Daumier	750675	176273	O	Fz sur n4aB	Alluvions sur calcaires "Barutélien"
C7	Guigue	763646	175835	O	n3a?	Calcaires et marnes (Hauterivien Inférieur indifférencié)?
C8	puits des 9 Arcades	761610	174050	O	n3a	Calcaires et marnes (Hauterivien Inférieur indifférencié)
C9	Source Aven Mazauric	761780	173130	O	n3b	Calcaires "cruasiens" (Hauterivien supérieur)
C10	F4 Puits Poubelle	761330	173420	O	n3b	Calcaires "cruasiens" (Hauterivien supérieur)
C11	source de Vaqueyroles	757120	173970	N	n3b	Calcaires en bancs épais (Hauterivien supérieur indifférencié)

Illustration 6 : Liste des points du réseau hydrochimique.

2.5. CARACTÉRISATION DE L'INFILTRATION

Tâche 5 du module 2 – Caractérisation de l'infiltration

Lors des travaux antérieurs du BRGM - rapport BRGM R40648 (Dörfliger et *al.*, 1999) et rapport de stage BRGM-LTHE (de Condappa, 2001) - une caractérisation de l'aptitude des sols à l'infiltration a été effectuée (i) à une échelle régionale, à partir d'une analyse multicritère sur la base d'images satellites, de l'occupation des sols, des pentes et de la géologie (approche qualitative) et (ii) à une échelle locale, à l'aide de 27

sites répartis sur la zone d'étude (Illustration 8) sur lesquels ont été réalisés des essais d'infiltration.

La méthode expérimentale de Beerkan a été mise en œuvre sur ces sites :

- Prise d'un échantillon de sol de volume connu, par le biais d'un petit cylindre que l'on enfonce totalement. L'échantillon séché à l'étuve nous donne ρ_d puis la porosité.
- Réalisation de deux essais d'infiltration avec des cylindres que l'on enfonce superficiellement (environ 1 cm) dans le sol.
- Prise d'un échantillon de sol d'environ 1 kg pour obtenir la courbe granulométrique afin d'accéder aux valeurs des paramètres de forme.
- Prélèvements des échantillons d'humidité initiales et finales (c'est à dire à l'endroit où l'on a fait infiltrer l'eau) du sol. Après séchage à l'étuve, le calcul des teneurs en eau massiques nous donne postérieurement les teneurs en eau volumiques.

Les principaux résultats des caractéristiques d'infiltration (Annexe 4) permettent de distinguer 4 groupes, correspondant à quatre intervalles de valeurs de K_3 . Ces 4 groupes sont les suivants tels que présentés à l'illustration 7 :

Groupe	Points	Green & Ampt		Talsma & Parlange	
		K_3 (cm/h)	h_g (cm)	K_3 (cm/h)	h_g (cm)
1	B1_2, B2_1, C2_1, E1_1, F1_1, F1_2, F2_1, G2_1, G2_2, H1_2, I2_2, L1_2_bis, K1_1, K1_2	[166,57]	[-9,-3]	[188,66]	[-15,-4]
2	A3_1, A3_2, B1_1, B2_2, B3_2, C1_1, C1_2, E1_2, E4_1, F2_2, G3_1, H1_1, I2_1, J3_2, K2_2_bis	[49,13]	[-71,-1]	[52,20]	[-53,-3]
3	B3_1, C2_2, D1_1, D1_2, D2_2, D3_1, D3_2, E2_1, E2_2, E3_1, E3_2, E4_2, G1_2	[20,4]	[-21,-3]	[21,7]	[-17,-1]
4	C3_1, C3_2, D2_1, G1_1, G3_2, J2_1, J2_2, J3_1, K2_1_bis, Roque	[5,0.3]	[-60,0]	[6,0.6]	[-31,0]

Illustration 7 : Quatre groupes de sols du bassin de capacité d'infiltration différente.

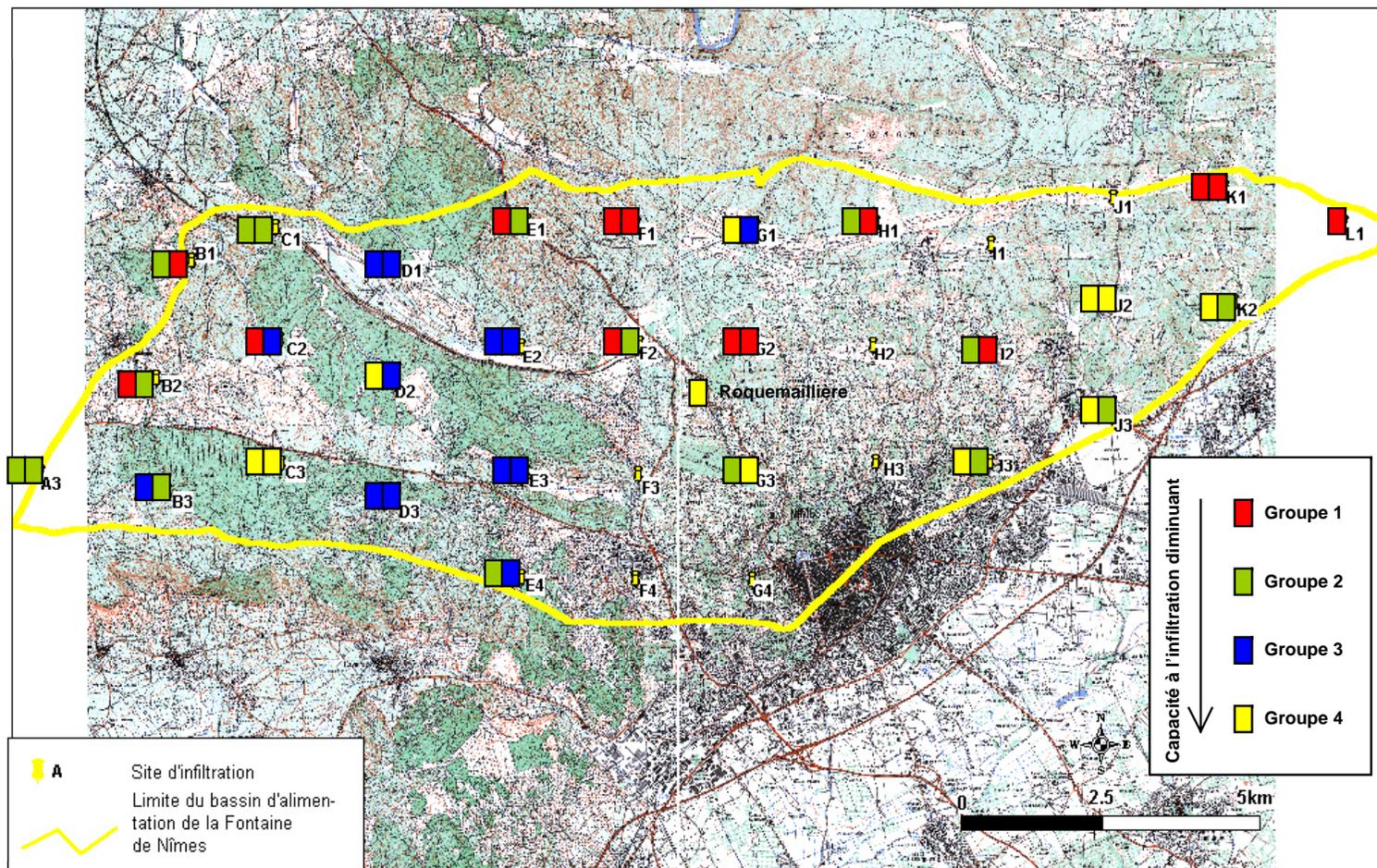


Illustration 8 : Localisation des sites d'infiltration.

Ces résultats indiquent d'une part la grande hétérogénéité intrinsèque des sols ; les valeurs d'infiltration pour les deux essais réalisés sur le même site diffèrent fréquemment.

Spatialement, on distingue une zone à infiltration plus importante sur la partie nord, nord-est du bassin, et une zone à infiltration plus faible sur la partie occidentale du bassin, au niveau des marnes et calcaires du Barrémien inférieur, notamment dans le secteur du vallon de Parignargues.

La capacité d'infiltration est à priori en partie influencée par la nature du sol mais aussi par celle du sous-sol. Les marnes et calcaires du Barrémien inférieur semblent ainsi générer des sols très peu perméables, caractérisés par les points du groupe 1, alors qu'au contraire les marno-calcaires de l'Hauterivien inférieur semblent générer des sols peu perméables, cf. points d'infiltration du groupe 4. Les points d'infiltration des Garrigues nîmoises situés au niveau des Calcaires massifs de l'Hauterivien supérieur sont globalement favorables à l'infiltration.

Une comparaison des valeurs ponctuelles de capacité d'infiltration obtenues expérimentalement avec la carte qualitative de sensibilité au ruissellement du bassin (Dörfliger et al. 1999), indique que l'analyse multicritère ne donne que des résultats très qualitatifs sur la partie occidentale de la zone d'étude, notamment au niveau du vallon de Parignargues. Il y a par contre une relativement bonne cohérence dans la partie orientale de la zone (Fig 3 de l'annexe 4).

Les terrains situés en amont de la Fontaine de Nîmes, à l'extrémité nord de la zone enveloppe, dans la partie orientale et à l'extrémité occidentale, sont favorables à l'infiltration au sein des sols, ailleurs les terrains sont favorables au ruissellement.

Sur la base de ces résultats et dans la perspective de choisir des sites pilotes (module 3), un examen plus détaillé de ces résultats ainsi que des données de perméabilité établies sur 13 points, à l'aide du perméamètre de Guelph, permettra de définir des secteurs et d'y effectuer des mesures d'infiltration complémentaires au cours du module 2 de la phase I du projet.

3. Synthèse

Les mesures complémentaires effectuées dans le cadre du module 2 du projet sont décrites et localisées. L'acquisition de données a déjà débuté. Le protocole de mesures proposé sera respecté dans la mesure où les conditions matérielles le permettent.

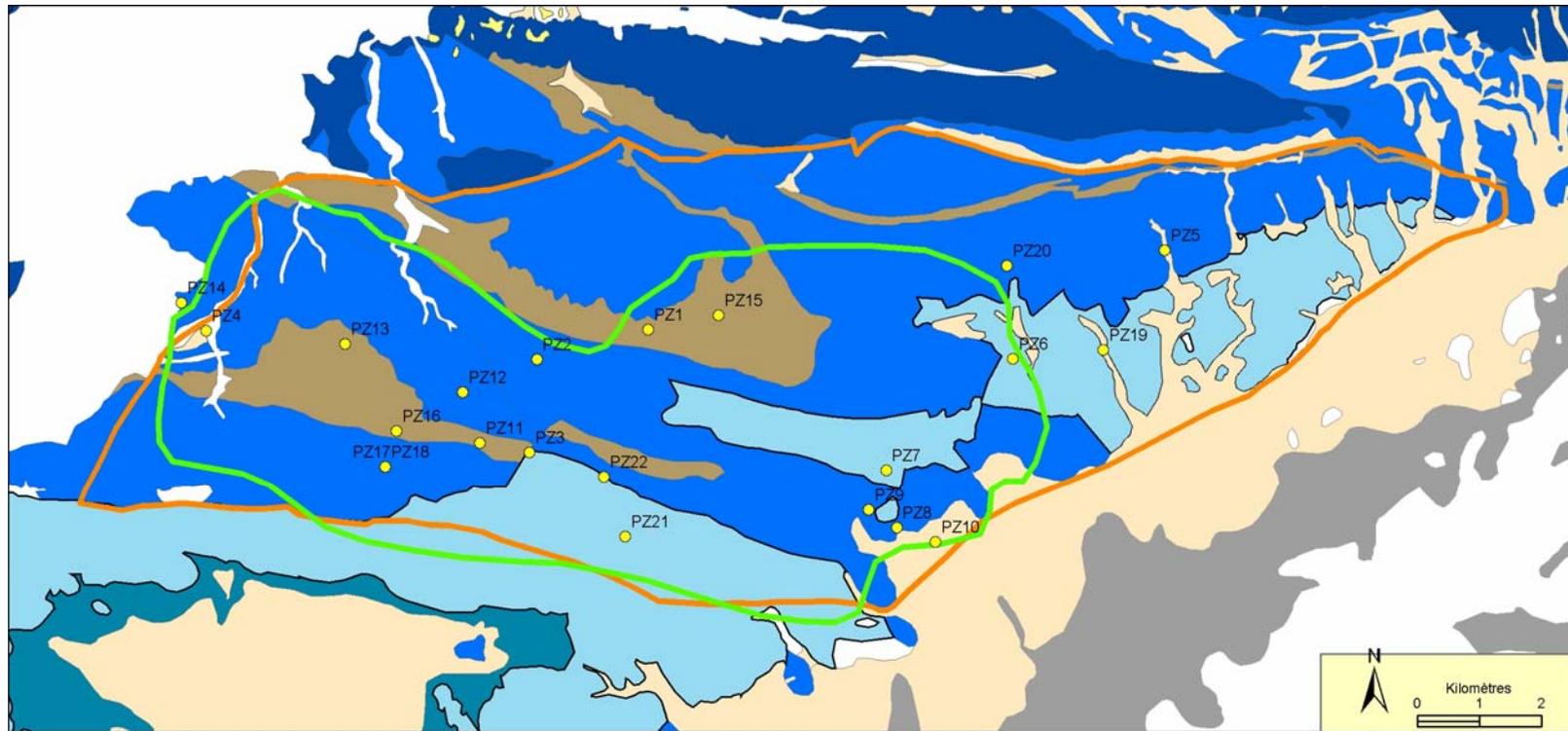
Les sites pilotes à retenir pour les modules 3 et 4 du projet seront définis ultérieurement sur la base des conclusions du module 2.

4. Bibliographie

- de Condappa, D. (2001).- Caractérisation de l'infiltration et des paramètres hydrodynamiques des sols à l'aide de la méthode de BEERKAN. Application au bassin d'alimentation de la source karstique de la Fontaine de Nîmes.- Rapport BRGM
- Dörfliger, N., Ladouche B., Desprats J., Schoen R., Wittwer C. (1999).- Eaux souterraines et inondations, bassin d'alimentation de la ville de Nîmes. Rapport d'activités 1998.- Rapport BRGM R 40648.
- Maréchal, J.C., Petit V., Ladouche B. (2004).- Synthèse des connaissances géologiques et hydrogéologiques sur le bassin d'alimentation de la Fontaine de Nîmes.- Rapport BRGM BRGM/RP-53422-FR.

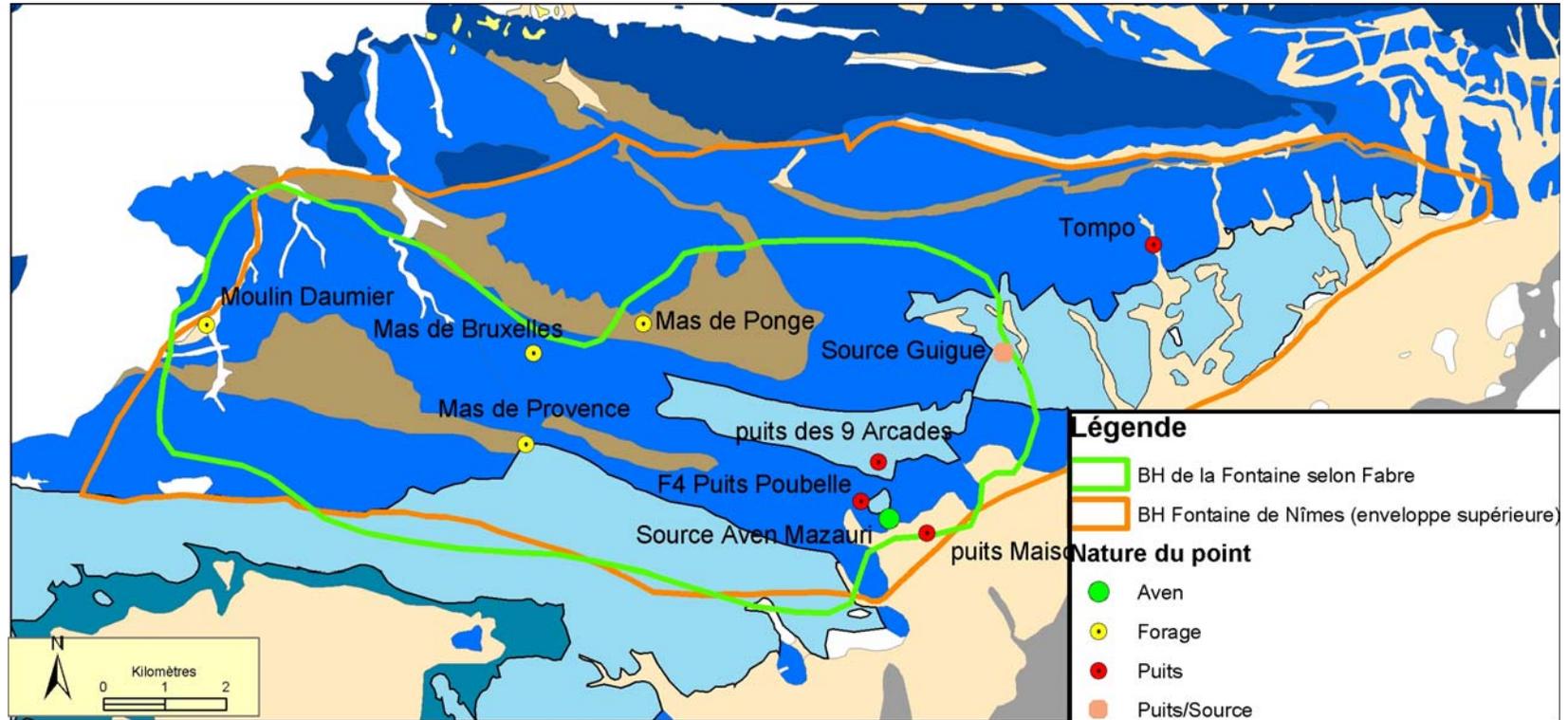
Annexe 1

Réseau piézométrique pour mesures basses et hautes eaux



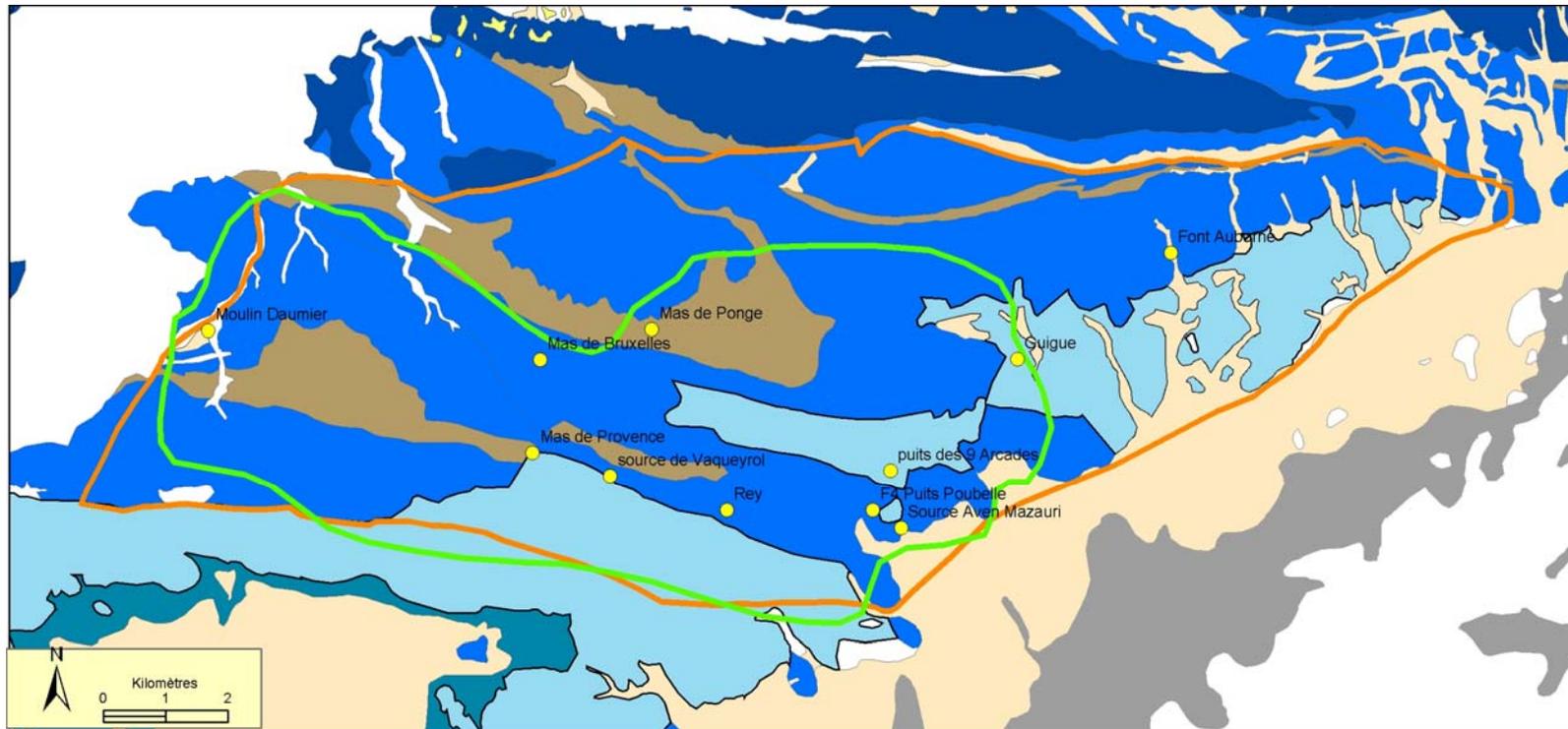
Annexe 2

Réseau de suivi des eaux souterraines (mesures par orphimèdes)



Annexe 3

Réseau de suivi hydrochimique



Légende

- Réseau hydrochimique
- ▭ BH de la Fontaine selon Fabre
- ▭ BH Fontaine de Nîmes (enveloppe supérieure)

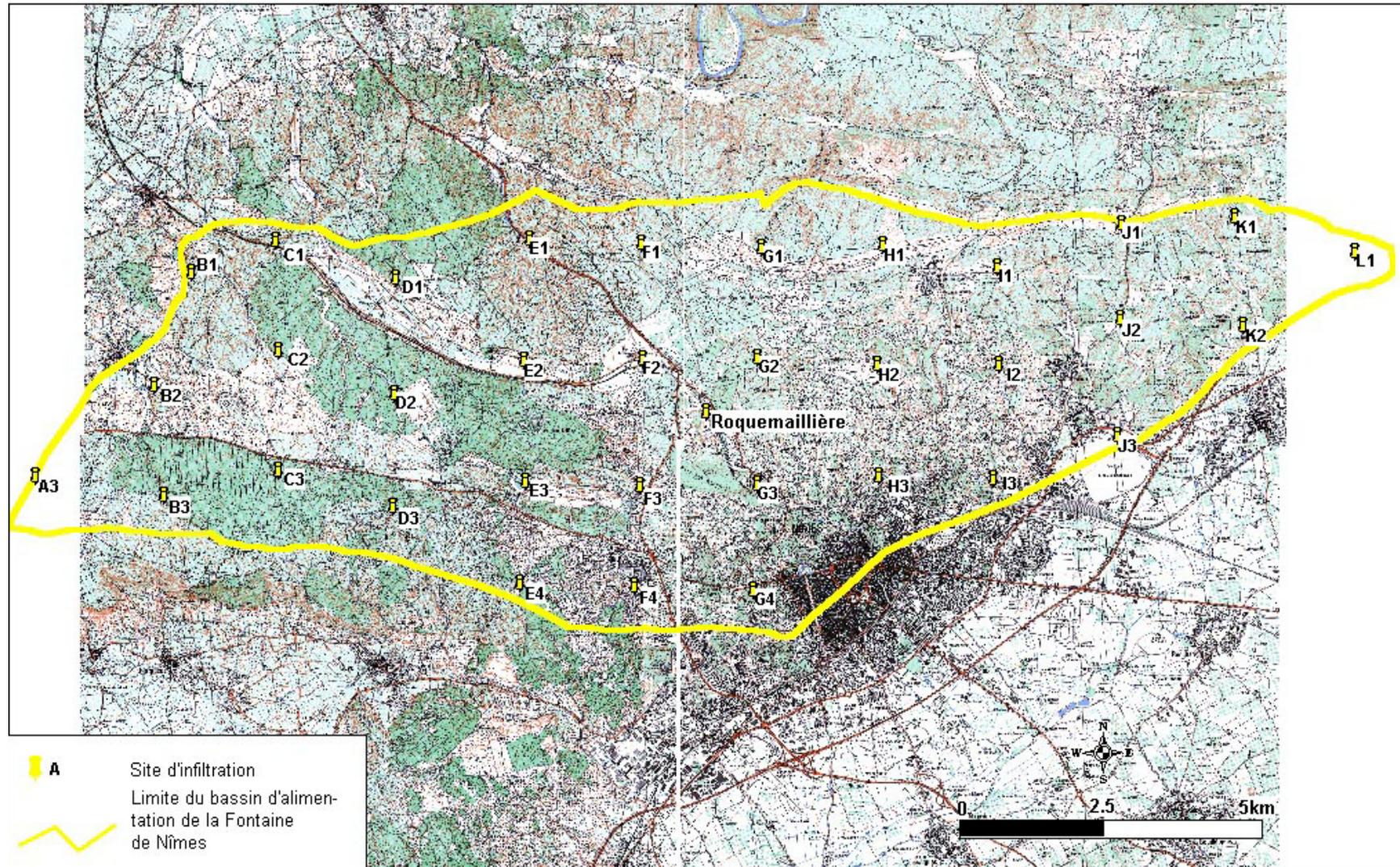
Géologie

- ▭ AC- Formation du Piedmont
- ▭ C - Colluvions
- ▭ CF
- ▭ CF/FC

- ▭ Fv - Alluvions
- ▭ n2 Marnes et calcaires (Valanginien)
- ▭ n3a Calcaires et marnes (Hauterivien inf.)
- ▭ n3a1 Calcaires et marnes (Hauterivien inf.)
- ▭ n3a2 Calcaires et marnes (Hauterivien inf.)
- ▭ n3b Calcaires (Hauterivien sup.)
- ▭ n3b1 Marno-calcaires (Hauterivien sup.)
- ▭ n3b2 Marnes et calcaires (Hauterivien sup.)
- ▭ n4a Calcaires argileux (Barrémien inf.)
- ▭ n4a1/n4aM Marnes et calcaires argileux (Barrémien inf.)
- ▭ n4a2/n4aB - Calcaires "barutéliens" (Barrémien inf.)
- ▭ n4a3 Calcaires et marnes (Barrémien inf.)
- ▭ n4aU Calcaires à silex de faciès urgonien (Barrémien inf.)
- ▭ n4bU - Calcaires à faciès Urgonien (Barrémien sup.)
- ▭ n5

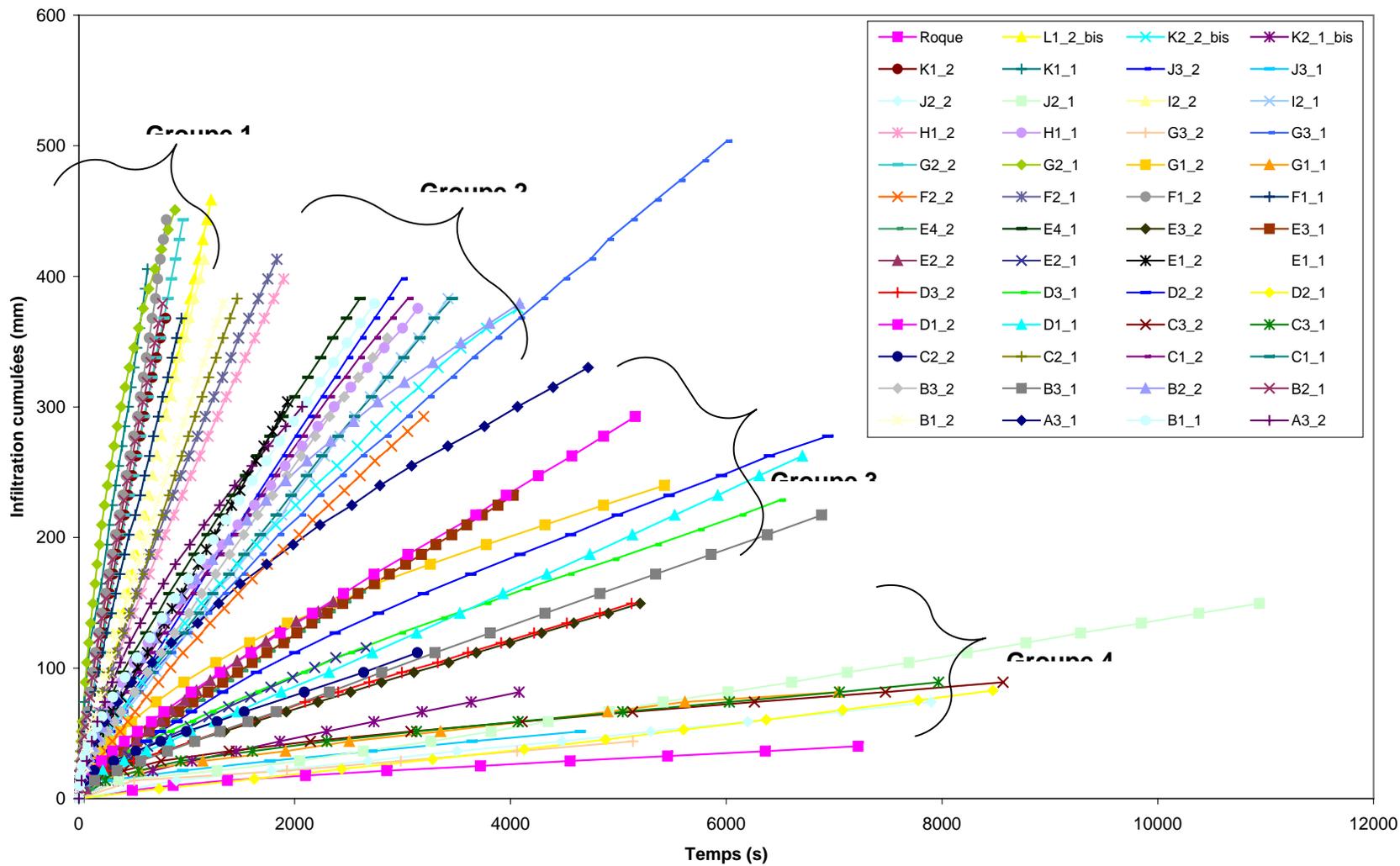
Annexe 4

Sites et résultats des essais d'infiltration (de Condappa, 2001)



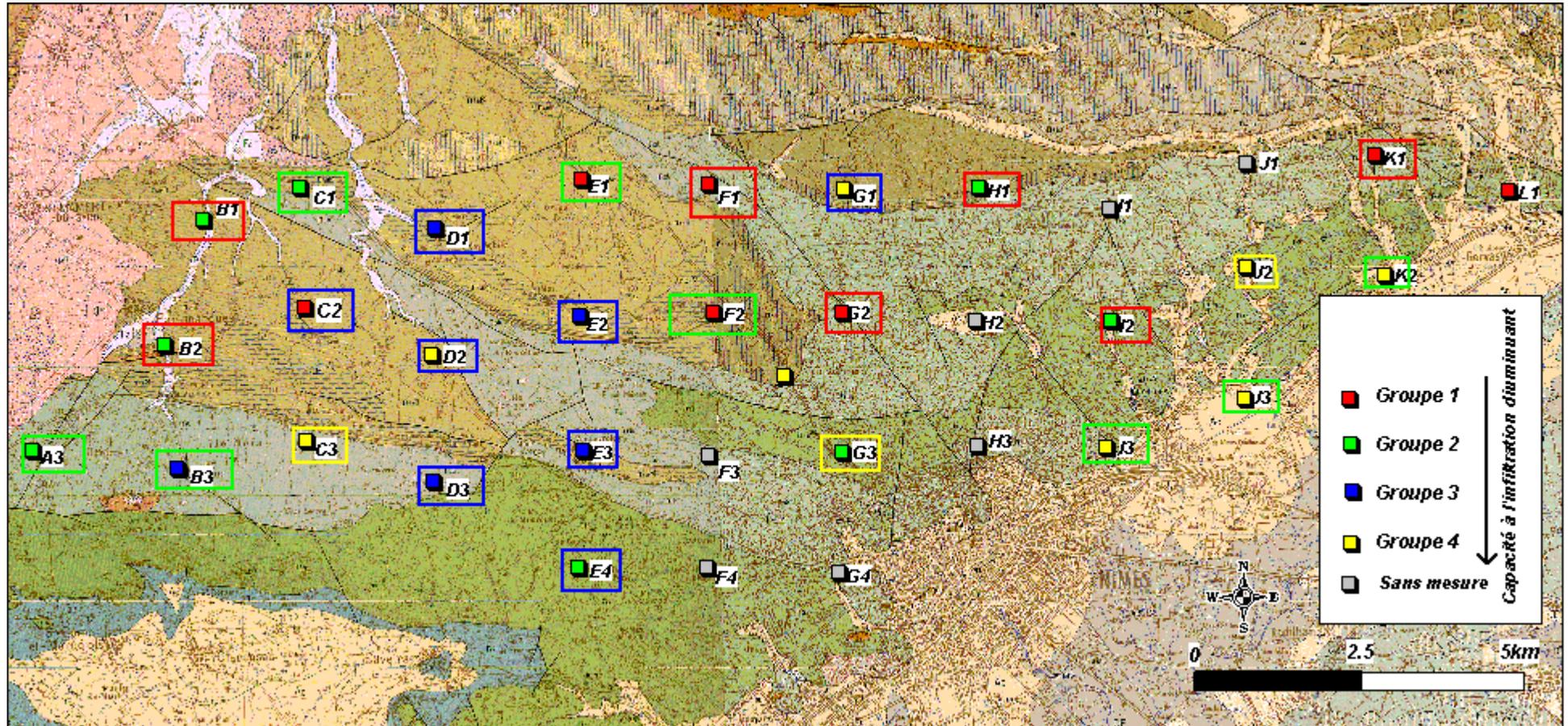
Localisation des sites d'infiltration

Courbes d'infiltration

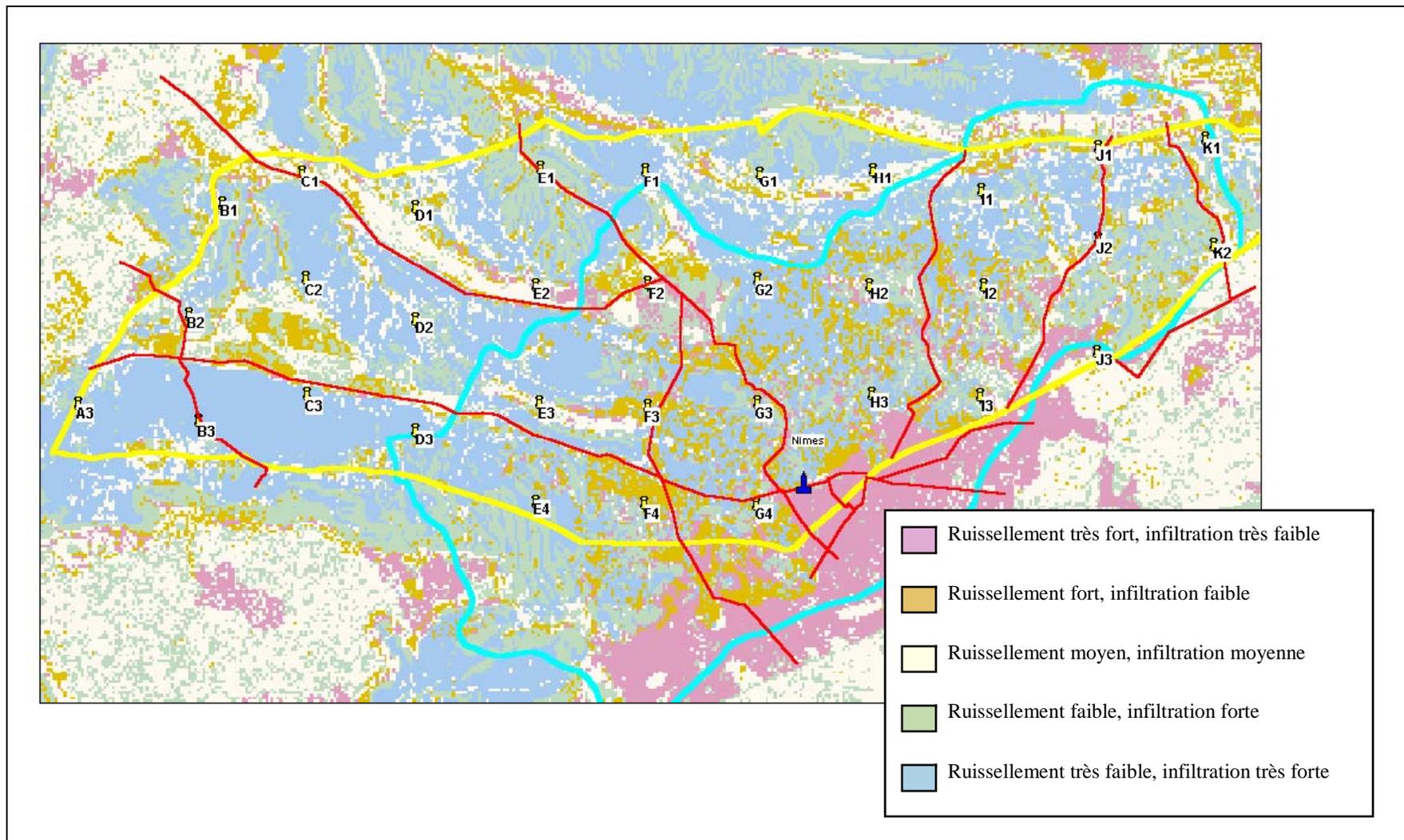


Courbes

d'infiltration



Classement en 4 groupes des données d'infiltration selon leur capacité d'infiltration (d'après de Condappa, 2001) ; les encadrés de couleur donnent une indication de l'hétérogénéité des sols localement, la couleur se rapportant à la couleur du groupe.



Carte de sensibilisation au ruissellement du bassin (analyse multicritère)

Essais de perméabilité réalisés au Nord de Nîmes : Synthèse des résultats
Système de coordonnées Lambert II

N° de forage	X (m)	Y (m)	Profondeur du forage (cm)	Perméabilité (m/s)	Couleur	Commentaires
1	767276,3	1877382,3	15	4,7E-06	verte	Forêt
2	767302,5	1877935,9	19	2,9E-07	verte	Forêt
3	767263,2	1878830,5	21	1,5E-06	verte	Forêt
4	767553,1	1878817,4	20	5,8E-07	Marron	
5	767389,6	1879009,1	24	5,2E-06	Blanche	(Horizon de 0 à 30 cm d'épaisseur par endroit reposant sur le calcaire)
6	765576,6	1876694,6	28,5	1,6E-06	Grise	Surface batie
7	765846,8	1876093,2	24	1,6E-06	Grise	Surface batie
8	756844,8	1879958,3	24	2,9E-06		Sols nus humide milieu très hétérogène
9	756801,3	1879919	23	2,9E-05		Sols nus humide milieu très hétérogène
10	751297,6	1873969,4	30	1,3E-05	verte	Forêt
11	755712,1	1874212,4	25	1,9E-05	Rouge brique	Sols nus (chaumes)
12	748865,6	1876202,8	24	1,3E-05	Rouge brique	Sols nus (chaumes)
13	746588,6	1876873,6	20	4,7E-05	vert claire	Forêt "Feuillus"

Données de perméabilité ponctuelle mesurées sur site à l'aide du perméamètre de Guelph

