

D 33517 / 1 - 11

DEPARTEMENT DU RHONE

DOMAINE SCIENTIFIQUE DE LA DOUA

agence
de l'eau

RHÔNE MÉDITERRANÉE
CORSE

24, allée de Loiz - 69383 LYON Cedex 07
04 72 71 26 00 - contact.ros@eauair.fr

ARRIVÉE SDU
28 OCT. 2003
AGENCE DE L'EAU RMG

DIAGNOSTIC DU RESEAU D'ASSAINISSEMENT

Phase 3 - RAPPORT ANNEXE - EAUX DE NAPPE

*Synthèse sur les rejets d'eaux claires
Mesures de température de nappe*

SAUNIER Environnement
Ingénieurs Conseils

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION.....	2
2 REJET AU RESEAU D'EAUX DE NAPPE INDUSTRIELLES.....	3
2.1 Principes globaux pour la réduction des rejets d'eaux parasites par bâtiment.....	3
2.2 Puits de captage et puits d'infiltration : situation actuelle	4
2.3 Localisation des enquêtes	7
2.4 Enquête sur les bâtiments de Lyon 1	8
2.5 Enquêtes sur les bâtiments de l'INSA.....	14
2.6 Enquête sur le bâtiment de l'IUT A - Département Chimie	16
2.7 Enquête sur les bâtiments de CPE.....	16
2.8 Enquête sur le bâtiment du CNRS.....	17
2.9 Enquête sur le bâtiment de l'IN2P3 - Centre de calcul	18
2.10 Enquête sur les bâtiments de l'IPNL.....	18
2.11 Enquête sur l'Espace Double Mixte.....	19
2.12 Synthèse sur les enquêtes	20
3 MESURES DE TEMPERATURE DE LA NAPPE PHREATIQUE.....	21
3.1 Présentation de la nappe phréatique sous de Domaine de la Doua.....	22
3.2 Les puits de captages et de rejets sur le Domaine de la Doua.....	24
3.3 Organisation de la campagne de mesures.....	25
3.4 Présentation des résultats	28
4 CONCLUSION - SUITE DE L'ETUDE	32

1

INTRODUCTION

Le présent document s'inscrit dans le cadre de l'étude générale du réseau d'assainissement du Domaine scientifique de la Doua à Villeurbanne, Rhône.

Cette étude doit permettre d'établir un état des lieux précis des réseaux afin de pouvoir proposer des travaux de réhabilitation en adéquation avec la faisabilité et les besoins du Maître d'Ouvrage.

Cette étude se déroule en quatre phases, à savoir :

- Phase 1 : Bilan et prédiagnostic de la situation actuelle de l'assainissement,
- Phase 2 : Diagnostic et mesures,
- Phase 3 : Recherche et étude des solutions,
- Phase 4 : Elaboration du programme d'assainissement.

Le présent document s'inscrit dans la phase 3 de l'étude, et conclut sur deux aspects annexes, avenants du marché.

Le rapport concerne les eaux de nappe sous le Domaine Scientifique de la Doua. Elles sont l'objet de deux points d'étude :

- une expertise des utilisations d'eau de nappe par bâtiment ; afin de réduire les consommations d'eau potable et les rejets d'eau propres au réseau, nous nous sommes penchés sur la possibilité de développer l'utilisation de circuits phréatiques (captages/rejets en nappe) pour des eaux industrielles de bâtiments choisis,
- une campagne de mesures de températures de la nappe, suite à l'idée d'un réchauffement possible de la nappe causé les activités du site.

REJET AU RESEAU D'EAUX DE NAPPE INDUSTRIELLES

Les débits d'eaux parasites mesurés lors de la campagne de mesures sont très importants. Dans l'optique de diminuer le volume d'eaux claires parasites dans le réseau d'assainissement, il est intéressant d'étudier l'une des origines majeures de ces eaux claires : le rejet d'eaux industrielles « propres ».

Les enquêtes réalisées auprès des bâtiments situés sur le Domaine de la Doua font apparaître de fortes consommations d'eau de nappe pour des utilisations industrielles, refroidissement, climatisation, etc... On y apprend également l'existence sur le domaine de puits d'infiltration des rejets de ces eaux industrielles. Lorsque que ces rejets ne sont pas infiltrés, ils sont évacués par le réseau d'assainissement.

Les quantités d'eaux parasites dans les réseaux pourraient être réduites moyennant une prise de conscience du « coût » de cette eau souterraine et une réinfiltration des eaux dans beaucoup de cas. Cela entraînerait à terme une dilution réduite des effluents et un gain financier sur la taxe d'assainissement.

Pour envisager ces problèmes, il a été décidé lors du comité de pilotage du 18 février 2003 de mener des expertises précises sur les systèmes d'alimentation et d'évacuation en eaux de nappe par bâtiment pour évaluer les possibilités de réduire les consommations en eau de nappe, et surtout les rejets au réseau.

2.1 Principes globaux pour la réduction des rejets d'eaux parasites par bâtiment

Le Domaine est couvert d'une vingtaine de puits de captage associés à 6 puits de rejet en activité. Cela s'explique par le grand nombre de machines fonctionnant dans les différents laboratoires et nécessitant du refroidissement, mais aussi par les diverses ventilations qui fonctionnent sur le Domaine.

Les puits de rejets présentent notamment l'avantage d'économiser les rejets en réseau, avec à cela deux bénéfices directs :

- une diminution de la taxe d'assainissement (basée sur les quantités rejetées au réseau)
- assurer à la station d'épuration de St Fons un effluent plus régulier, en débit et en flux de pollution, en se rapprochant d'un rejet de type domestique ; en effet, les eaux claires provoquent actuellement de grosses variations sur les rejets, risquant une saturation du réseau et une complexité inutile dans la gestion des effluents des stations d'épuration.

L'objectif de ces enquêtes est de trouver des solutions pour réduire les rejets d'eaux claires au réseau ; cela peut être réalisé de diverses manières : il faut d'abord sensibiliser les utilisateurs au fait que les systèmes de refroidissement ont un coût. Il ne s'agit donc pas de laisser des machines en marche en permanence lorsqu'elles ne servent que quelques heures par semaine. De même le circuit de refroidissement d'une machine éteinte doit être coupé. L'adoption de régulateurs sur les pompes des captages éviterait de pomper beaucoup plus d'eau qu'il n'est nécessaire.

Ensuite il serait favorable et économique à terme de réinjecter l'eau captée directement à la nappe, particulièrement quand elle est parfaitement propre, ce qui est le cas des eaux de refroidissement. Pour cela, il faut organiser une collecte séparée des eaux industrielles et les raccorder à des puits de rejet existants ou à construire.

Les recherches portent donc sur 2 points d'économie :

- Economie sur l'eau potable destinée à une utilisation industrielle (climatisation, refroidissement, eau de process...) ; il sera plutôt envisagé l'utilisation d'eau de nappe.
- Economie de rejets d'eaux industrielles dans le réseau d'assainissement ; il sera étudié la possibilité d'infiltrer l'effluent « propre » dans la nappe, par le biais de puits d'infiltration.

Les modifications seront examinées en considérant leur complexité et leur faisabilité à court, moyen et long termes.

2.2 Puits de captage et puits d'infiltration : situation actuelle

Les tableaux suivants listent les puits présents sur le Domaine. Ils sont 22 répertoriés pour le captage, et 6 pour l'infiltration.

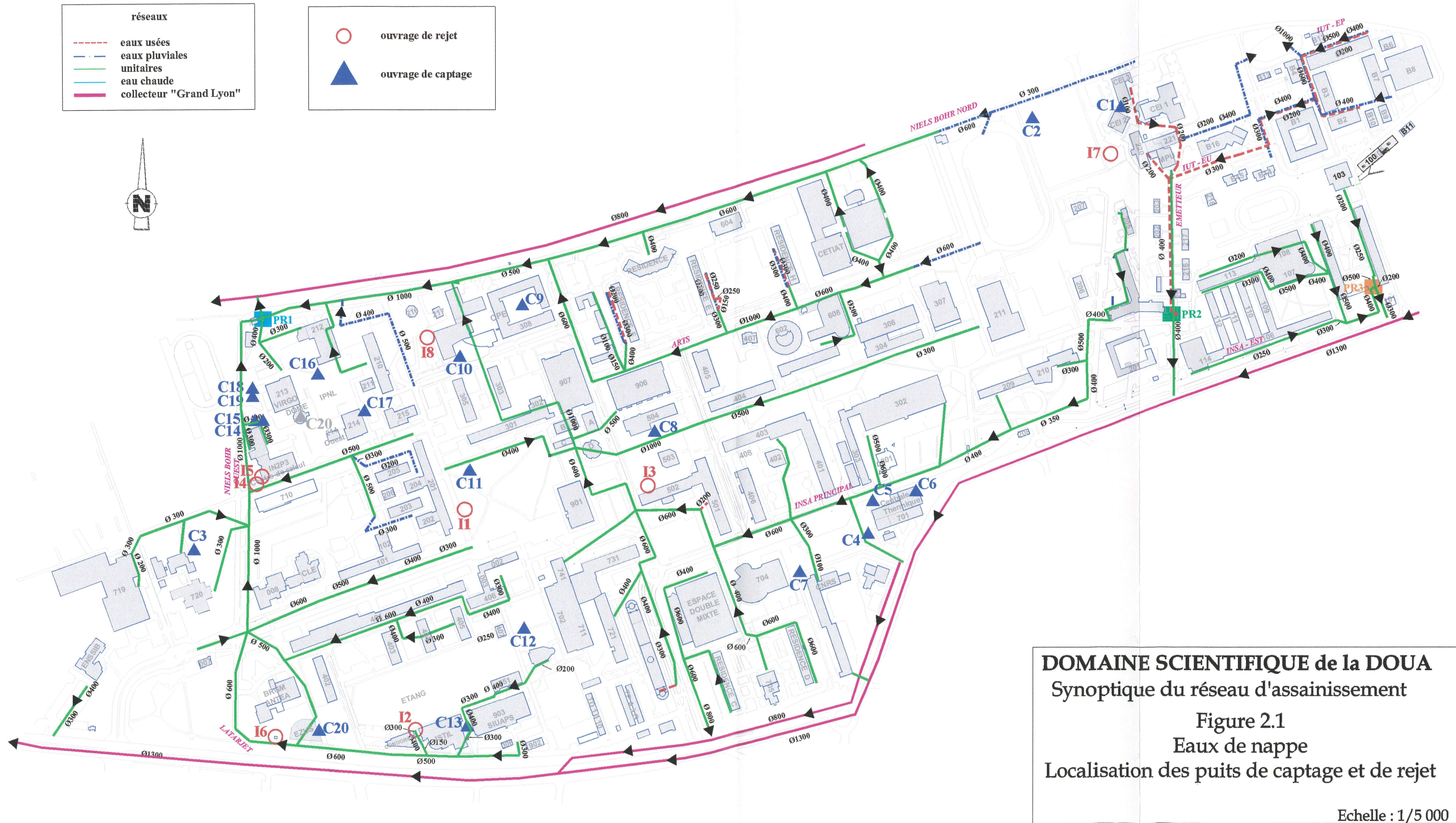
Tableau 2.1 : Liste des puits de captage sur la Doua

Puits	Exploitant	Localisation	Volume capté (estimation) m ³ /an	Capacité pompes m ³ /h	Rejet			Utilisation
					réseau	puits	autre infiltration	
C1	INSAVALOR	CEI	262 800	30		I7		refroidissement (PAC) chauffage
C2	SIUAPS	football rue des Sports	pas de compteur	inconnue			×	arrosage
C3		Gymnase de l'UFR-STAPS (bât. L 719)	pas de compteur	inconnue			×	arrosage
C4	Dalkia	centrale Cogénération	inconnu	104		puits non localisé		refroidissement (des moteurs de cogénération) - fonctionnement en quelques mois en automne/hiver
C5		Parking ouest de la Centrale Thermique	inconnu	104				
C6	STLD (C.Th.)	dans Centrale thermique	inconnu	inconnue	INSA Principal			refroidissement circuit chauffage (appoint)
C7	CNRS	bâtiment CNRS est	85 000	inconnue	INSA Principal			refroidissement par échangeurs puis groupes froids
C8	INSA	sud du bât I 504	inconnu	inconnue		I3		refroidissement
C9	CPE	inconnue	inconnu	inconnue	Niels Bohr Nord	I8		refroidissement ("eau glacée") transport, activité chimique
C10		cour sud CPE	150 000	inconnue	INSA Principal			
C11	Lyon 1	square Evariste Gallois	238 000	2*45	INSA Principal	I1		refroidissement climatisations pompes à chaleur
C12		sud-ouest du 406 L (puits des "400")	372 000	150	Niels Bohr Ouest			refroidissement alimentation marais
C13	ISTIL	est du bât ISTIL	30 000	inconnue	Latarjet	I2		climatisation eaux industrielles
C14	IN2P3	NE du bâtiment IN2P3	493 000	40		I4 et I5		GF : refroidissement climatisation traitement de l'air
C15		NE du bâtiment IN2P3		40				
C16	IPNL VIRGO	petit puits accélérateur L 212	71 064	9	Niels Bohr Nord			refroidissement accélérateur L 212
C17		petit puits accélérateur L 214	35 532	4.5	Niels Bohr Nord			refroidissement accélérateur L 214
C18		ouest du bâtiment VIRGO, dans le talus	263 000, dont 60% VIRGO 40% IPNL	30	Niels Bohr Nord			refroidissement par échangeur climatisation arrosage
C19		ouest du bâtiment VIRGO, dans le talus			Niels Bohr Nord			
C20	EZUS	est du bâtiment ; près tram rue F. Roman	inconnu	inconnue	Niels Bohr Ouest	I6		refroidissement

Tableau 2.2 : Liste des puits d'infiltration sur la Doua

Puits	Puits d'infiltration	Exploitant	localisation	Volume rejeté m ³ /an	Bâtiments rejetant dans le puits		
					numéro	nom	propriétaire
I1	Puits d'infiltration - Square Evariste	Lyon 1	sud du square Evariste Gallois	40 000	201L	Lipmann	Lyon I
				130 000	301L	Grignard	Lyon I
I2	Puits ISTIL	ISTIL	nord-ouest du bâtiment ISTIL	inconnu	ISTIL	ISTIL	Lyon I
					-	étang	Lyon I
I3	INSA bât I 502	INSA	nord-ouest du bât I 502	inconnu	I 501- I 502	Blaise Pascal	INSA
					I 504	-	INSA
I4	IN2P3	IN2P3	sud ouest du bâtiment IN2P3	493 000	IN2P3	IN2P3	IN2P3
I5							
I6	EZUS	EZUS	sud-ouest du bâtiment EZUS	inconnu	EZUS	EZUS	EZUS
I7	INSAVALOR	INSAVALOR	ouest du bâtiment CEI2	262 800	INSAVALOR	INSAVALOR	INSAVALOR
I8	CPE	CPE	parking ouest CPE	inconnu	CPE	CPE	CPE

La figure suivante présente la localisation des différents puits de captage et de rejet sur le campus.



2.3 Localisation des enquêtes

Les bâtiments listés dans le Tableau 2.4 sont ceux inclus dans l'enquête : ils sont classés par puits d'alimentation en eau de nappe. Le choix de ces bâtiments résulte de la localisation des rejets d'eaux claires au réseau, déclarée (Tableau 2.3) ou constatée lors des inspections nocturnes, de leur consommation et quantité rejetées au réseau, ainsi que d'une concertation en réunion pour certaines unités.

Tableau 2.3 : Liste des bâtiments qui rejettent des eaux de refroidissement au réseau

Puits	Exploitant	Localisation	Utilisation	Volume capté (estimation m ³ /an)	Capacité pompes m ³ /h	Rejet	
						réseau	puits
C4	Dalkia	centrale Cogénération	refroidissement (des moteurs de cogénération)	inconnu	104	INSA Principal	
C5		Parking ouest de la Centrale Thermique		inconnu	104	INSA Principal	
C6	STLD (C.Th.)	dans Centrale thermique	refroidissement circuit chauffage (appoint)	inconnu	inconnue	INSA Principal	
C7	CNRS	bâtiment CNRS est	refroidissement par échangeurs puis groupes froids	85 000	inconnue	INSA Principal	
C9	CPE	inconnue	refroidissement ("eau glacée")	inconnu	inconnue	Niels Bohr Nord	I 8
C10		cour sud CPE	transport, activité chimique	150 000	inconnue	INSA Principal	
C11	Lyon 1	square Evariste Gallois	refroidissement climatisations pompes à chaleur	238 000	2 × 45	INSA Principal	I 1
C12		sud-ouest du 406 L (puits des "400")	refroidissement alimentation marais	372 000	150	Niels Bohr Ouest	
C13	ISTIL	est du bât ISTIL	climatisation eaux industrielles	30 000	inconnue	Latarjet	I 2
C16	IPNL VIRGO	petit puits - accélérateur L 212	refroidissement accélérateur L 212	71 064	9	Niels Bohr Nord	
C17		petit puits - accélérateur L 214	refroidissement accélérateur L 214	35 532	4.5	Niels Bohr Nord	
C18		ouest du bâtiment VIRGO, dans le talus	refroidissement par échangeur	263 000, dont 60% VIRGO 40% IPNL	30	Niels Bohr Nord IPNL indépendant	
C19		ouest du bâtiment VIRGO, dans le talus	climatisation arrosage				

Tableau 2.4 : Liste des bâtiments sur la Doua inclus dans l'enquête

puits de captage	numéro bâtiment	bâtiment alimenté	exploitant
C5	CNRS	CNRS	CNRS
C8	I502	Blaise Pascal	INSA
	I107	Pierre de Fermat	
	I307	Eugène Freyssinet	
	I403	Jules Verne	
C9, C10	CPE	CPE	CPE
C11 Puits du square Evariste Gallois	L201	Lipmann	Lyon I
	L203	Brillouin	
	L205	Kastler	
	L301	Grignard	
	L303	Chevreur	
	L305	Raulin	
C12 Puits des 400	L741	Mendel	
	-	étang	
	L403	Alphonse Forel	
	L405 et serre	Lwoff	
	L404	Raphaël Dubois	
	L731	Claude Berthollet	
C13	ISTIL	ISTIL	
C14 et C15	IN2P3	IN2P3 ; centre de calcul	IN2P3
C16, C17, C18, C19	IPNL	L 210 à L 215	IPNL
	B5 ou B7	Biologie ou GC	IUT A
	B3	chimie	
	Espace Double Mixte	Espace Double Mixte	Espace Double Mixte

Les résultats des enquêtes sont présentés dans les paragraphes suivants.

Remarque : les infiltrations préconisées dans ces enquêtes ne donneront pas lieu à une localisation précise du puits de rejets associé ; en effet, il faut connaître de façon spécifique les paramètres de l'écoulement souterrain et caractériser les capacités des captages environnants pour éviter le recyclage thermique en particulier, qui aggrave localement l'impact des rejets sur la température de la nappe, et en pratique, réduit les possibilités d'utilisation (captage trop chaud pour le refroidissement, modification des propriétés physico-chimiques...).

Ce point est abordé dans la seconde partie de ce rapport, sous forme de préconisations sur la gestion de l'eau de nappe en conclusion des résultats.

2.4 Enquête sur les bâtiments de Lyon 1

De 4.4.1. à 4.4.6., les bâtiments sont tous alimentés par puits « des 400 » (puits C12 sur la figure 2.1) ; cela concerne les bâtiments de Lyon 1 : L 741 (Mendel), L 731 (Claude Berthollet), l'étang, L 403 (Alphonse Forel), L 405 et la serre (Lwoff) ; a été rajouté à l'enquête le bâtiment L 404 (Raphaël Dubois).

2.4.1 Bâtiment L 741 - Grégoire Mendel

Ce bâtiment consomme environ 9 000 m³/an d'eau potable et 195 000 m³/an d'eau de nappe, en provenance du puits de captage dit « des 400 » (puits C12) et utilisée pour le refroidissement. Cette grande quantité d'eau est entièrement rejetée au réseau d'assainissement, et est responsable des importants débits d'eaux permanentes du point P13.

Ce bâtiment contient un très grand nombre de petites unités de refroidissement installées de manière cohérente dans les deux dernières décennies. Ces unités sont actuellement toutes alimentées par de l'eau potable. Leurs rejets sont centralisés sur une colonne unique, qui reprend les effluents propres de toutes les installations, du 1^{er} au 5^{ème} étage. Au niveau du rez-de-chaussée, cette très grande quantité d'eau est rejetée dans un tampon commun avec les eaux usées.

Il serait donc assez aisé de réaliser un puits d'infiltration à proximité de ce bâtiment pour récupérer ces eaux de refroidissement. En outre, il pourrait drainer les eaux de toiture qui sont, pour la plupart, drainées par des gouttières séparées de la collecte des eaux usées.

Il semble intéressant d'alimenter ces pompes à chaleur à partir de l'eau de nappe du puits des 400, et non plus de l'eau potable de ville. A noter qu'il existe un puits de captage désaffecté en sous-sol du bâtiment Mendel ; celui-ci pourrait être aisément transformé en puits d'infiltration. Il faudra alors bien prendre en compte sa localisation en amont hydraulique du captage.

En outre un nouveau bâtiment est projeté prochainement au-dessus du bâtiment L 711, et dont les rejets en eaux de refroidissement pourront être directement infiltrés dans la nappe.

2.4.2 Bâtiment L 731 - Claude Berthollet

Ce bâtiment contient plusieurs groupes froids et pompes à chaleur fonctionnant avec l'eau potable ; il consomme plus de 50 000 m³/an d'eau potable, en grande partie pour alimenter ces systèmes de refroidissement.

Ce bâtiment n'est raccordé à aucun puits de captage actuellement. Il est ici question de le raccorder à l'eau de nappe du square Evariste Gallois. Un branchement est alors facilement transférable au sous-sol.

Le bâtiment rejette la totalité de ses eaux de refroidissement dans le réseau unitaire. La collecte de ces eaux industrielles dans le bâtiment n'est pas centralisée. Les effluents propres sont en général injectés dans les canalisations d'évacuation situées directement à proximité. La suppression des rejets propres dans le réseau nécessiterait la réorganisation du système d'assainissement, en installant des colonnes de collecte des eaux de refroidissement en parallèle des colonnes de collecte des eaux usées.

Il n'y a donc pas de solution immédiatement applicable pour le bâtiment Berthollet, mais à moyen terme on peut envisager ici aussi de collecter les eaux industrielles de manière séparée. Seulement alors, elles pourront être réinfiltrées.

2.4.3 Etang

L'étang est situé au sud des bâtiments L 403, L 404 et L 405. Il est un site d'expérimentations dans le cadre des recherches des laboratoires de l'université Claude Bernard. Il est alimenté en entrée par le puits de captage dit « des 400 » (puits C12) à hauteur de 45 000 m³/an, et rejette ses eaux dans le puits d'infiltration au nord-ouest de l'ISTIL.

Or, une enquête de terrain a montré que le puits d'infiltration est constamment colmaté. Ceci est dû à la grande quantité en matières en suspension des rejets de l'étang. Le puits n'infiltrer plus ; en fonctionnement normal, il déverse un débit permanent en trop-plein vers le réseau Niels Bohr Ouest. Un curage de ce puits a déjà été réalisé ; il s'est révélé insuffisant pour rétablir durablement le fonctionnement de l'infiltration.

Il serait judicieux d'équiper l'étang avec un matériel de filtration ou de décantation au rejet, permettant d'alléger l'effluent de sortie de sa MES qui colmate de puits d'infiltration. Nous pouvons également évoquer l'installation d'un ouvrage déversant permettant de ne rejeter dans le réseau que la part d'eau de surface, la moins chargée en particules en suspension. Toutes ces mesures devront quand même être accompagnées de curages réguliers du matériel installé ou de l'étang, ainsi que du puits d'infiltration.

2.4.4 Bâtiment L 403 - François Alphonse Forel

Ce bâtiment avait, jusqu'à récemment, une consommation importante de l'eau de nappe du puits « des 400 » (puits C12) due au fonctionnement d'un vivarium au rez-de-chaussée (environ 30 000 m³/an). Ce vivarium est en cours de remplacement par des bureaux.

La principale consommation d'eau de nappe restant en ce bâtiment se situe au deuxième étage pour des cultures végétales ou des nettoyages. Cela ne représente que des quantités modestes, et cette eau chargée en particules fines risquerait de colmater un éventuel puits d'infiltration. Il n'est donc pas adéquat de diriger actuellement ces eaux vers un puits d'infiltration. Toutefois, en cas de réimplantation future du vivarium (a priori au sous-sol), un système de collecte indépendant pourra être prévu pour permettre l'infiltration des eaux vers un puits d'infiltration voisin.

2.4.5 Bâtiment L 407 - Serre

L'eau utilisée par la serre est actuellement de l'eau potable. Il manque un petit raccord pour que la serre puisse utiliser de l'eau de nappe du puits « des 400 », ce qui serait nettement plus économique.

En revanche, en rejet, il y a un risque de pollution des eaux par des cultures transgéniques. Cela interdit le rejet de l'eau en l'état, que ce soit vers la nappe ou vers le réseau. L'eau en sortie de serre est actuellement traitée à l'eau de Javel avant d'être évacuée par le réseau. Il n'est pas non plus envisageable de raccorder les eaux de la serre sur un puits d'infiltration tant que ce traitement sera en place.

Il serait bon de raccorder rapidement la serre au réseau d'eau de nappe en entrée. En sortie, il faudrait utiliser un traitement non polluant, dont l'efficacité devra être étudiée et testée ; par exemple, un traitement aux ultra-violets, donnant d'excellents résultats biocides sur des eaux peu chargées en MES. Il pourra alors être envisagé de diriger les effluents traités vers un puits d'infiltration voisin.

2.4.6 Bâtiment L 404 - Raphaël Dubois

Ce bâtiment consomme, semble-t-il, environ 30 000 m³/an d'eau de nappe, en provenance du puits « des 400 » (puits C12).

Un système de climatisation supplémentaire est projeté à court terme. Le projet actuel ne contient pas la réalisation d'un puits d'infiltration, mais il devra déjà contenir la séparation des collectes eaux usées et eaux de climatisation. Ainsi un puits d'infiltration pourra être installé par la suite sur la pelouse proche, à l'est immédiat du bâtiment.

De 4.4.7. à 4.4.12., les bâtiments sont tous alimentés par puits du square Evariste Gallois (Puits C11). Cela concerne les bâtiments de Lyon 1 : : L 203 (Brillouin), L 205 (Kastler), L 303 (Chevreul), L 305 (Raulin) ; ont été rajoutés à l'enquête les bâtiments L 201 (Lipmann) et L 301 (Grignard).

2.4.7 Bâtiment L 203 - Brillouin

Le bâtiment Brillouin consomme de l'ordre de 20 000 m³/an d'eau potable et 10 000 m³/an d'eau de nappe en provenance du puits du square Evariste Gallois (Puits C11). Cette alimentation mixte concerne des eaux de refroidissement et de process dans le cadre des activités dans le bâtiment. Une partie du bâtiment n'est pas connectée à l'eau de nappe.

La totalité des rejets de ces eaux industrielles est évacuée par le réseau d'assainissement, Niels Bohr Ouest.

Il n'y a pas de possibilité de raccorder la partie restante du bâtiment à l'eau de nappe ; en effet, sa qualité ne convient pas aux manipulations auxquelles elle participerait.

En théorie, il est envisageable de raccorder les rejets d'eau propre de process du bâtiment au puits d'infiltration du square Evariste Gallois ; mais, cela nécessite la pose de canalisations de rejet d'eaux de refroidissement en parallèle des canalisations de rejet d'eaux usées existantes, pour se brancher sur la canalisation centrale Ø 110 de rejet vers le puits d'infiltration du square Evariste Gallois, dans le sous-sol du bâtiment L 201. Cette solution semble difficile à mettre en œuvre à court terme, car les points de rejets sont actuellement épars dans le bâtiment.

2.4.8 Bâtiment L 205 - Kastler

Le bâtiment utilise actuellement 35 000 m³/an d'eau potable et 50 000 m³/an d'eau de nappe en provenance du puits du square Evariste Gallois (puits C11) pour une utilisation industrielle. La totalité du bâtiment est raccordée au puits de captage, sauf le rez-de-chaussée Ouest. Les rejets d'eaux de refroidissement, climatisation et process sont intégralement déversés au réseau Niels Bohr Ouest.

De la même façon que pour le bâtiment L 203 traitée juste au-dessus, il n'y a pas de possibilité de raccorder la partie restante du bâtiment (rez-de-chaussée Ouest) à l'eau de nappe ; en effet, sa qualité ne convient pas aux manipulations auxquelles elle participerait.

En théorie, il également est envisageable de raccorder les rejets d'eau propre de process du bâtiment au puits d'infiltration du square Evariste Gallois ; mais, cela nécessite la pose de canalisations de rejet d'eaux de refroidissement en parallèle des canalisations de rejet d'eaux usées existantes, pour se brancher sur la canalisation centrale Ø 110 de rejet vers le puits d'infiltration du square Evariste Gallois, dans le sous-sol du bâtiment L 201. Cette solution semble difficile à mettre en œuvre à court terme, car les points de rejets sont actuellement épars dans le bâtiment.

2.4.9 Bâtiment L 303 - Chevreul

Le bâtiment utilise actuellement de l'ordre de 13 000 m³/an d'eau potable et 30 000 m³/an d'eau de nappe en provenance du puits du square Evariste Gallois (puits C11) pour une utilisation industrielle. La totalité du bâtiment est raccordée au puits de captage.

Les rejets d'eaux de refroidissement, climatisation et process sont intégralement déversés au réseau INSA Principal, puis Niels Bohr Nord.

Aucun changement n'est envisageable à court terme. En effet, tous les services ont un branchement à l'eau de nappe, disponible à l'utilisation.

Par ailleurs, certains rejets sont susceptibles d'être pollués. Il n'existe aucune canalisation de rejet par infiltration dans ce bâtiment vers le bâtiment L 301 et les rejets sont épartés dans le réseau d'eaux usées du bâtiment. La mise en place d'un réseau de rejets à la nappe nécessite la distinction préalable entre les rejets polluants ou non, puis le dédoublement des canalisations d'assainissement jusque dans le bâtiment L 301 où il existe une canalisation vers l'infiltration du puits au sud-est du square Evariste Gallois.

2.4.10 Bâtiment L 305 - Raulin

Le bâtiment utilise actuellement de l'ordre de 13 000 m³/an d'eau potable et 20 000 m³/an d'eau de nappe en provenance du puits du square Evariste Gallois (puits C11) pour une utilisation industrielle. La totalité du bâtiment est raccordée au puits de captage.

Les rejets d'eaux de refroidissement, climatisation et process sont intégralement déversés au réseau INSA Principal, puis Niels Bohr Nord.

De même que pour le bâtiment L 303 traité au-dessus, aucun changement est envisageable à court terme. En effet, tous les services ont un branchement à l'eau de nappe, disponible à l'utilisation.

Par ailleurs, certains rejets d'eaux industrielles sont susceptibles d'être pollués. Il n'existe aucune canalisation de rejet par infiltration dans ce bâtiment vers le bâtiment L 301 et les rejets sont épartés dans le réseau d'eaux usées du bâtiment. La mise en place d'un réseau de rejets à la nappe nécessite la distinction préalable entre les rejets polluants ou non, puis le dédoublement des canalisations d'assainissement jusque dans le bâtiment L 301 où il existe une canalisation vers l'infiltration du puits au sud-est du square Evariste Gallois.

2.4.11 Bâtiment L 201 – Lippman

Le bâtiment utilise actuellement de l'ordre de 23 000 m³/an d'eau potable et 50 000 m³/an d'eau de nappe en provenance du puits du square Evariste Gallois (puits C11) pour du refroidissement de matériel et la climatisation du bâtiment. Le bâtiment n'est pas totalement raccordé au puits de captage. Cela concerne le nord du bâtiment, hébergeant le LASIM ; la canalisation d'eau de nappe arrive à l'étage, mais n'est pas distribuée.

La destination des rejets est mixte ; le nord du bâtiment rejette son eau industrielle dans le réseau d'assainissement, alors que le reste est connecté au puits d'infiltration du square Evariste Gallois.

Il est possible de relier la partie non connectée à l'eau de nappe en alimentation en eau de refroidissement et de climatisation du LASIM. Le raccord se limite à un branchement à partir de l'armoire où arrive l'eau de nappe, vers le matériel du LASIM.

On peut également envisager le raccordement de la partie non connectée au rejet, au puits d'infiltration (nord du bâtiment) du square Evariste Gallois à moyen terme. Cela suppose de dédoubler les canalisations de rejets vers le réseau existantes jusqu'à la canalisation Ø 110 vers le puits d'infiltration du square Evariste Gallois, au sous-sol du bâtiment.

2.4.12 Bâtiment L 301 – Grignard

Le bâtiment utilise actuellement de l'ordre de 2 000 m³/an d'eau potable et 130 000 m³/an d'eau de nappe en provenance du puits du square Evariste Gallois (puits C11) pour le fonctionnement de la pompe à chaleur CIAT/Ets Blanc. Le 1^{er} étage n'est pas totalement raccordé au puits de captage. Son utilisation d'eau potable est largement minoritaire.

La destination des rejets est mixte ; les rejets de la pompe à chaleur sont connectés au puits d'infiltration du square Evariste Gallois, tandis que le 1^{er} étage rejette dans le réseau d'assainissement.

Il semble peu rentable de relier le 1^{er} étage à de l'alimentation en eau de nappe au regard des quantités d'eau utilisées (peu d'utilisation pour de gros travaux).

Par ailleurs ; le 1^{er} étage semble rejeter des eaux de process susceptibles d'être polluées ; il ne doit pas être raccordé aux rejets par infiltration.

2.4.13 Bâtiment de l'ISTIL

La consommation de l'ISTIL en eau potable est de l'ordre de 6 000 m³/an ; elle est de l'ordre de 30 000 m³/an en eau phréatique.

L'Institut est propriétaire d'un puits de captage à l'est du bâtiment, renfermant 2 pompes d'exhaure vers une bache située dans le sous-sol. Leur fonctionnement est alternatif, et asservi sur des niveaux hauts et des niveaux bas de la bache. Un groupe de trois autres pompes à vitesse variable refoule alors l'eau de la bache dans un circuit phréatique surpressé, en s'ajustant au débit demandé avec une consigne de pression fixe (7 bars lors de notre visite). L'eau de nappe a deux utilisations : l'alimentation des climatiseurs à eau du bâtiment, et les eaux industrielles pour le refroidissement du matériel utilisé en manipulation. Le matériel à refroidir est alors connecté manuellement à l'eau phréatique.

L'Institut est également propriétaire d'un puits d'infiltration au nord-ouest du bâtiment. Les circuits d'eau potable et phréatique sont dédoublés, tant en alimentation qu'au rejet. Ainsi, les climatiseurs à eau rejettent dans le circuit d'infiltration (rejet phréatique), de même que l'eau industrielle, là-aussi connectée manuellement à l'infiltration ; de par la conception de la bonde de rejet, aucun effluent pollué ne peut être envoyé à l'infiltration. Le puits de rejet recueille par ailleurs les eaux pluviales du bâtiment.

Les réseaux d'eaux dans le bâtiment de l'ISTIL semblent avoir été conçus de façon cohérente, en prenant en compte cette contrainte d'économie de rejets d'eaux claires au réseau. Aucune intervention n'est préconisée, si ce n'est la réhabilitation du puits d'infiltration déjà évoquée au paragraphe 2.4.3.

2.5 Enquêtes sur les bâtiments de l'INSA

Les enquêtes concernent les bâtiments de l'INSA suivants : I 501-502 (Blaise Pascal), I 107 (Pierre de Fermat), I 307 (Eugène Freyssinet), I 403 (Jules Verne).

2.5.1 Bâtiment I 502 - Blaise Pascal

Ce bâtiment est le principal consommateur d'eau de nappe de l'INSA (environ 135 000 m³/an), et il en rejette une large part au réseau. Le raccord aveugle des eaux sur le réseau de l'avenue Gaston Berger a été repéré grâce à l'inspection caméra.

Nous avons pu recueillir d'anciens plans d'évacuation des eaux. Il semble que l'évacuation des eaux industrielles soit indépendante de celle des eaux usées. Il serait donc assez facile de raccorder les eaux industrielles du bâtiment sur le puits d'infiltration du bâtiment I 504 (Gustave Ferrié), qui se trouve très proche au nord-ouest du bâtiment Blaise Pascal. Cela nécessite de vérifier la capacité d'infiltration de ce puits.

Les autres bâtiments de l'INSA inclus dans l'enquête ne semblent pas nécessiter d'intervention ; les circuits d'eau de refroidissement repérés sont tous en circuit fermé, et donc peu consommateurs.

Cependant, il peut être intéressant d'envisager le besoin en eau de nappe, avec la possibilité de se raccorder aux puits désaffectés A1 et A2 (cf. Tableau 2.2).

2.6 Enquête sur le bâtiment de l'IUT A - Département Chimie

L'IUT ne consomme pas d'eau de nappe (30 000 m³/an d'eau potable pour l'ensemble des bâtiments), et rejette tous ses effluents usés dans ses réseaux séparatifs IUT-EP ou IUT-EU.

Un débit permanent avait été observé au niveau du regard 6 144 du réseau IUT-EU. Celui-ci provient du bâtiment B3 - Département de Chimie. En effet, ces locaux sont dotés d'une chaudière à vapeur qui fonctionne sans interruption, alimentée par le réseau d'eau potable et connectée au réseau d'eaux usées pour ses rejets.

Il serait certainement intéressant de raccorder cette chaudière sur le réseau pluvial afin que cette eau propre soit infiltrée et non pas acheminée vers la station d'épuration. Afin de ne pas infiltrer de l'eau chlorée, il serait préférable d'accompagner ce raccordement de la mise en place d'un puits de captage d'eau de nappe.

Cette solution demanderait un investissement immédiat pour une rentabilité à moyen terme.

2.7 Enquête sur les bâtiments de CPE

Les bâtiments de CPE utilisent de l'ordre de 150 000 m³/an d'eau phréatique pour une utilisation de process, transport et refroidissement. D'une part, l'eau de nappe est transformée en eau glacée pour les climatiseurs de la totalité des bâtiments ; d'autre part, elle est utilisée en eau de process pour CPE.

L'eau provient de ses deux puits de captage (cf. C9 et C10) au sud et au nord-ouest du bâtiment F. Ces eaux industrielles sont en totalité rejetées dans le réseau unitaire. Cependant, il reste des incertitudes sur la localisation et l'utilisation du puits C9. De plus, le puits I8 serait susceptible d'infiltrer une partie des eaux de nappe.

Du fait de la construction récente des bâtiments E, F et G, toutes les unités de refroidissement à l'eau phréatique ont été connectées à l'eau de nappe.

Les rejets d'eaux de nappe sont soit propres (« eau glacée »), soit pollués ; la part polluée ne doit pas être rejetée à la nappe ; par contre, les rejets propres peuvent être infiltrés.

Il faut localiser précisément les branchements aux canalisations de rejets, et profiter d'une éventuelle collecte séparée de ces eaux glacées. Selon leur localisation, un puits d'infiltration pourra être implanté à une distance suffisante. (voir la capacité de la pompe).

Ceci nécessite d'avoir une connaissance totale des rejets existants,

- en localisation : pour l'instant, 2 points sont repérés : des rejets directs des eaux industrielles au réseau Niels Bohr Nord par le bâtiment G, et à l'ouest du bât E
- en qualité des rejets (pollution aux produits chimiques)

2.8 Enquête sur le bâtiment du CNRS

La consommation d'eau de nappe du CNRS, doté de son propre puits de captage est d'au moins 85 000 m³/an, que l'on retrouve dans la campagne de mesures entre les points de mesure P25 et P12. Les effluents sont intégralement évacués dans le réseau d'assainissement.

Le circuit d'eau phréatique du bâtiment est assez complet, puisque chaque évier est doté de deux robinets, l'un d'eau potable et l'autre d'eau de nappe.

Par ailleurs, les lavages et rinçages peuvent introduire dans l'eau des produits chimiques type solvants ou autres en petites quantités. Cette eau de nappe est utilisée pour un grand nombre de petits systèmes de refroidissement disséminés dans tous les bâtiments sans uniformité.

Il apparaît donc techniquement très difficile de collecter les eaux de nappe à part, à moins de revoir entièrement tout le système d'évacuation. De plus les eaux ne seraient pas nécessairement suffisamment propres pour être infiltrées, sauf à séparer la collecte des eaux de refroidissement de celles des eaux de lavage.

Nous ne recommandons donc aucune intervention sur les bâtiments CNRS.

2.9 Enquête sur le bâtiment de l'IN2P3 - Centre de calcul

Le bâtiment de l'IN2P3, abritant un Centre de Calcul, consomme près de 500 000 m³/an d'eau de nappe pour le refroidissement des calculateurs du centre par échangeurs (groupes froids), la climatisation et l'assainissement de l'air, l'arrosage automatique en été ; l'eau est issue des deux puits de captage au nord-est de l'IN2P3 (puits C14 et C15), qui fonctionnent toute l'année, par demi-journée, l'alternance étant automatisée. L'utilisation d'eau de nappe est exploitée au maximum, ainsi que suivie de manière rigoureuse (relevés hebdomadaire de température et niveau de nappe).

Ses rejets phréatiques sont intégralement renvoyés dans la nappe, via deux puits d'infiltration au sud-ouest du bâtiment (puits I4). Ceux-ci fonctionnent par alternance (tous les 2-3 mois).

La consommation d'eau potable pour le bâtiment est négligeable par rapport à la quantité évoquée au-dessus (de l'ordre de 1 000 m³/an). La campagne de mesures n'a pas révélé de rejets d'eaux claires à cet endroit. C'est pourquoi nous ne préconisons aucune intervention pour ce bâtiment.

Par ailleurs, l'IN2P3 projette d'améliorer le fonctionnement d'un de ses puits, captant actuellement de l'eau à une température trop élevée.

2.10 Enquête sur les bâtiments de l'IPNL

L'IPNL est propriétaire de 4 puits de captage sur le Domaine de la Doua (puits C16, C17, C18 et C19) ; un cinquième puits a été récemment découvert dans le dôme ; il est désaffecté, mais a la particularité d'être de très grandes dimensions (diamètre supérieur à 2 m, profondeur environ 10 m). L'Institut abrite dans le bâtiment L 213 le programme VIRGO.

La consommation en eau phréatique s'élève à près de 370 000 m³/an, et la consommation en eau potable à 800 m³/an environ. Les puits C16 et C17 sont de relative faible capacité, et sont dédiés au refroidissement des deux accélérateurs de particules situés chacun dans L 212 et L 214. Nous évaluons à plus de 105 000 m³/an la quantité utilisée pour ce process. Les puits C18 et C19, fonctionnant par alternance, alimentent la totalité des bâtiments de l'IPNL en eau pour les climatiseurs, certains process de refroidissement, et en majeure partie l'échangeur de VIRGO. Ainsi, sur les 30 m³/h produits par ces puits, 18 m³/h sont utilisés par VIRGO (60%), et 12 m³/h par le reste de l'IPNL (40%), ce qui porte à 158 000 m³/an l'eau phréatique pour VIRGO, et 212 000 m³/an pour l'IPNL (toutes ces valeurs sont des projections à partir des débits instantanés déclarés et les plages de fonctionnement).

L'IPNL (VIRGO compris) rejette actuellement la totalité de ses effluents, eaux de refroidissement et eaux usées, dans le réseau (point de mesure P3 et P24).

Une optimisation de l'utilisation d'eaux de nappe pour les process de refroidissement n'est pas considérée, le nécessaire ayant été fait.

Par contre, de grandes économies sur les rejets d'eaux claires sont envisageables.

D'une part, la totalité des eaux de refroidissement, non polluées, issues des accélérateurs de particules des bâtiments L 212 et L 214 sont collectées séparément des eaux usées ; celles du bâtiment L 212 en particulier ont pu être repérées dans une salle en travaux au sous-sol du même bâtiment. Les eaux de refroidissement de l'accélérateur de particules et les eaux pluviales aboutissent dans un tabouret à découvert, qui rejoint ensuite les eaux usées de l'IPNL dans le couloir à proximité. Il est possible que le bâtiment L 214 suive le même schéma. Par ailleurs, le réchauffement produit par le process est évalué à $\Delta T \leq 2 \text{ °C}$ (d'après les chercheurs utilisateurs des machines). Il est totalement envisageable d'infiltrer ces volumes, au niveau les nombreux espaces verts du site.

D'autre part, les rejets d'eaux claires issues de l'échangeur de VIRGO sont collectés séparément des eaux usées et pluviales jusqu'au regard immédiatement en sortie de L 213. Là aussi, une infiltration est relativement simple à mettre en œuvre. Au vu des grands volumes d'eau à infiltrer, pour VIRGO et l'IPNL, le problème majeur résidera certainement dans le dimensionnement des ouvrages à déterminer.

2.11 Enquête sur l'Espace Double Mixte

L'Espace Double Mixte consomme de l'ordre de 2 500 m³/an d'eau potable, en utilisation domestique et eaux de refroidissement. En effet, le bâtiment est équipé d'un système de chauffage et climatisation, avec circuit d'eau fermé. Celui-ci peut être ponctuellement complété par de l'eau potable. Le circuit est utilisé comme eau de process pour moteur de chauffage, ou les groupes froids de climatisation. Toute l'eau consommée est actuellement rejetée au réseau. Il n'y a aucun recours à l'eau phréatique.

Etant donné la faible consommation d'eau potable et de rejet d'eaux claires au réseau, il ne semble pas utile de modifier le fonctionnement actuel du refroidissement. De plus, le rejet d'eaux claires identifié au point P7 ne semble pas provenir de ce bâtiment.

2.12 Synthèse sur les enquêtes

Nous avons choisi d'échelonner la faisabilité des travaux à mettre en œuvre pour réaliser les puits et raccords préconisés, selon les dénominations court, moyen, et long terme. Les économies réalisées sont détaillées, puis résumées selon ce classement, dans les tableaux suivants.

Tableau 2.5 : Economies prévisionnelles estimatives

Economies estimées	en eau potable	en rejets réseau
	en m ³ /an	
court terme	9 000	260 000
moyen terme	60 000	96 000
long terme	49 000	236 000
TOTAL	118 000	593 000

Tableau 2.6 : Synthèse des enquêtes sur les rejets d'eaux de refroidissement

numéro bâtiment	nom bâtiment alimenté	propriétaire	puits de captage	localisation du rejet	volumes		estimation de l'économie		faisabilité
					Eau potable	eau nappe	eau potable	rejet réseau	
L201	Lipmann	Lyon I	C11	réseau INSA Principal puits d'infiltration I1	3 233	50 191	3 233	10 000	à moyen terme
L203	Brillouin	Lyon I	C11	réseau Niels Bohr Ouest	1 624	14 837			à long terme
L205	Kastler	Lyon I	C11	réseau Niels Bohr Ouest	33 135	50 000			à long terme
L301	Grignard	Lyon I	C11	réseau INSA Principal puits d'infiltration I1	60	131 400			à long terme
L303	Chevreur	Lyon I	C11	réseau INSA Principal	12 778	30 000			à long terme
L305	Raulin	Lyon I	C11	réseau INSA Principal	1 752	10 212			à long terme
L741	Mendel	Lyon I	C12	réseau INSA Principal (P13)	8 844	195 000	8 844	195 000	à court terme
L731	Claude Berthollet	Lyon I		réseau INSA Principal	51 579	0	51 579	51 579	à moyen terme
-	étang	Lyon I	C12	puits d'infiltration I2 réseau Latarjet (si TP)	0	45 000		45 000	à court terme
L403	Alphonse Forel	Lyon I	C12	réseau Niels Bohr Ouest	5 000	35 000			
L405 et serre	Lwoff	Lyon I	C12	réseau Niels Bohr Ouest	2 780	40 000	2 780	2 780	à moyen terme
L404	Raphaël Dubois	Lyon I	C12	réseau Niels Bohr Ouest	3 250	30 000		30 000	à moyen terme
CPE	CPE	CPE	C9 C10	réseau Niels Bohr Nord	5 000	150 000			à moyen terme
ISTIL	ISTIL	Lyon I	C13	puits d'infiltration I2 réseau Latarjet (si TP)	6 200	30 000		20 000	à court terme
IPNL	L 210 à L 215	IPNL	C16 C17 C18 C19	réseau indépendant IPNL réseau Niels Bohr Nord	800	212 000		105 000	à court terme
VIRGO	L 213	IPNI	C18 C19	réseau indépendant IPNL	inconnu	158 000		156 500	à court terme
B5 ou B7	Biologie ou GC	IUT A		réseau IUT-EU bassin EP	30 000 pour la totalité de l'IUT	0			
B3	chimie		-	réseau IUT-EU (regard 6144)			2 000	2 000	à moyen terme
I502	Blaise Pascal		C8	réseau INSA Principal puits d'infiltration I3	208 000	136 000		100 000	à court terme
I107	Pierre de Fermat	INSA	-	réseau INSA Est	inconnu	0			
I307	Eugène Freyssinet		-	réseau INSA Principal	700	0			
I403	Jules Verne		-	réseau INSA Principal	7 500	0			
IN2P3	IN2P3 ; centre de calcul	IN2P3	C14 et C15	I4 et I5	1 000	493 000			
CNRS	CNRS	CNRS	C5	réseau CNRS (P25 et P12)	3 800	85 000			
Double Mixte	Double Mixte	Double Mixte		réseau double mixte	2 500	0			

Les bâtiments L 203, L 205, L 301, L 303 et L 305 ont été considérés comme susceptibles d'économies à long terme en eau potable ou rejets au réseau.

Les rejets d'eaux de refroidissement, et plus généralement d'eaux industrielles claires par infiltration dans l'aquifère doivent être conditionnés par la maîtrise totale des impacts pour la nappe, et en particulier pour les puits de captage environnants. C'est cette thématique qui est abordé dans la partie suivante.

MESURES DE TEMPERATURE DE LA NAPPE PHREATIQUE

L'agglomération lyonnaise est installée au confluent du Rhône et de la Saône, et s'est développée vers l'est du Rhône, au-dessus d'un important système alluvial. Celui-ci renferme une nappe libre peu profonde à forte perméabilité, bien réalimentée par le Rhône et la Saône. Ces caractéristiques sont très favorables à l'exploitation thermique des eaux souterraines, résultant en l'implantation de captages alimentant des circuits de chauffage (pompes à chaleur...), de refroidissement (matériels, climatisation...), et en général assortis de puits de rejets. Ceux-ci rejettent une eau plus chaude ou plus froide qu'au captage, selon l'extraction de frigories ou de calories respectivement.

La présence de plus d'une vingtaine de puits de captage dans la nappe phréatique du Domaine Scientifique de la Doua, ainsi que des puits de rejet par infiltration associés dans cette même nappe, n'est donc pas sans impacts pour le milieu naturel. Ceux-ci peuvent être de différentes natures, mais c'est ici l'impact thermique que nous allons considérer.

A la suite de la multiplication de ces installations, a émergé l'idée d'un réchauffement possible de la nappe phréatique. Ainsi, le site a déjà fait l'objet dans le passé d'études envisageant cette même problématique, à l'échelle de l'agglomération lyonnaise. Il est intéressant à ce jour de dresser un état des lieux pour le campus de la Doua, et c'est l'objet de cette partie de l'étude, avenant au marché du diagnostic du réseau d'assainissement de la Doua.

Nous avons procédé à une campagne de mesures ponctuelles de la température de la nappe phréatique au niveau des différents puits de captage du Domaine. Celle-ci sera précédée d'un rappel bibliographique des écoulements souterrains du Domaine de la Doua, afin d'appréhender et de préparer au mieux la campagne de mesures.

Les points de mesure ont été choisis selon leur faisabilité et la disponibilité des responsables au sein des différentes organisations sur le campus. La date de la campagne a été conditionnée par l'activité sur le site, et a eu lieu le 25 septembre 2003.

Nous appuierons notre réflexion sur une synthèse hydrogéologique et thermique réalisée par le bureau d'études HORIZONS CENTRE-EST en 2000, à propos des forages et pompes à chaleur dans le périmètre Lyon - Villeurbanne, ainsi que sur des résultats du bureau d'étude ARCHAMBAULT CONSEILS, qui a effectué une étude géothermique sur le site aux même périodes.

3.1 Présentation de la nappe phréatique sous de Domaine de la Doua

3.1.1 Géologie du Domaine

Le Domaine Scientifique de la Doua, d'une superficie d'environ 99 hectares, s'étend au nord de la commune de Villeurbanne, sur la rive gauche du Rhône, en pleine agglomération lyonnaise. Il n'est pas inclus dans la zone du SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) de la nappe de l'Est lyonnais.

Dans cette zone se succèdent des formations glaciaires, fluvio-glaciaires et fluviales (cf. carte géologique Annexe 1).

Les premières forment des zones de relief liées directement aux anciens glaciers würmiens. Elles sont constituées de moraines argileuses hétérométriques ou de moraines caillouteuses en lits réguliers, dont les éléments sont calibrés et orientés.

Les alluvions fluvio-glaciaires ont rempli toutes les anciennes vallées ou dépressions de la région. Elles sont composées, de leur base à leur toit, par des dépôts glaciaires à faciès argileux dominant avec blocs erratiques, par des moraines de tous faciès et des alluvions fluvio-glaciaires développées par les eaux de fusion en surface de la plaine. Les couloirs fluvio-glaciaires de l'Est Lyonnais constituent un immense réservoir essentiellement alimenté par les précipitations atmosphériques. Les nappes qu'ils renferment sont drainées par les alluvions modernes du Rhône.

Les alluvions fluviales modernes du Rhône occupent la majeure partie de la zone étudiée. Elles sont composées de matériaux sablo-graveleux de granulométrie moyenne à grossière qui, dans le détail, forment un enchevêtrement de formations lenticulaires sableuses à micro-sableuses, à galets plus ou moins abondants. Ces paléochenaux créent des variations locales de perméabilité mais cet aquifère peut être considéré comme relativement homogène.

L'épaisseur des sédiments varie entre 13 et 20 m en moyenne. Ils reposent sur une forte épaisseur de molasse, datant du Miocène inférieur, et considérée comme imperméable. Il existe entre 10 et 15 m du sol un niveau sableux fin intermédiaire, épais de 3 à 4 m, et très peu perméable. Cet horizon constitue un écran horizontal semi-étanche qui compartimente l'aquifère en deux.

3.1.2 Ecoulements souterrains

Suivant cette division de l'aquifère, la nappe est partagée :

- une nappe supérieure s'écoulant entre 5 et 20 m de profondeur
- une nappe inférieure au-delà de 20 m.

La nappe superficielle est directement liée à l'aquifère du Rhône, sa profondeur varie rapidement en fonction des précipitations et des crues du Rhône. Elle est aussi influencée par l'activité humaine, spécialement par les nombreux systèmes de refroidissement implantés à Villeurbanne.

La nappe profonde est plus inerte thermiquement, l'eau y reste donc plus froide.

La surface des eaux contenues dans les alluvions suit les variations du Rhône ; on parle de nappe d'accompagnement. Le niveau piézométrique statique moyen se situe entre 4 et 6 m de profondeur. Cette nappe est alimentée latéralement par le plateau des Dombes et par tous les couloirs fluvio-glaciaires de l'Est Lyonnais en plus de sa propre alimentation par le Rhône en période d'étiage. Compte tenu du fort taux d'imperméabilisation de la surface lié aux nombreux bâtiments du campus, l'alimentation directe par les pluies est relativement réduite.

Le sens d'écoulement général de la nappe sur le domaine de la Doua est proche d'est/nord-est vers ouest/sud-ouest (cf. carte en annexe 2). Le Rhône draine toute la nappe. L'écoulement souterrain semble être hétérogène dans l'espace et le temps sous le Domaine.

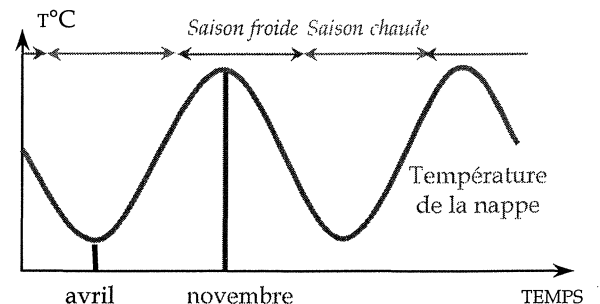
Le gradient hydraulique de la nappe (pente de la surface piézométrique) est proche de 1‰. La perméabilité de l'aquifère est comprise entre 3 mm/s et 9 cm/s.

La nappe alluviale est caractérisée par sa grande variabilité sur les paramètres qui la définissent. Les données que contient ce rapport semblent représentatives d'un état moyen, mais sont soumises à d'importantes variations dans le temps et l'espace.

3.1.3 Variations naturelles de la température de la nappe

La nappe sous l'agglomération lyonnaise subit l'influence thermique saisonnière. Ses variations naturelles sont schématisées dans la figure ci-contre.

La température suit les moyennes saisonnières de surface avec un retard (2 mois) lié à l'effet capacitif de l'aquifère.



Le pic froid est atteint début avril, et le pic chaud en novembre. La température semble varier entre 10°C et 20°C.

3.1.4 Propagation de la température dans une nappe

« L'injection d'eau dans une nappe à une température différente de celle de l'aquifère crée une perturbation thermique qui se propage dans le sens de l'écoulement [...], une part importante des calories ou frigories étant captée par la roche en place (effet capacitif). La perturbation thermique s'atténue d'une part par échange conductif avec les formations voisines (épontes), d'autre part par dispersion au sein de l'aquifère.

C'est ainsi qu'un front thermique abrupt évolue au fur et à mesure qu'il se déplace dans l'aquifère, en une zone de transition d'extension croissante appelée panache. Dans le cas d'une nappe peu profonde, les températures imposées par les échanges entre l'atmosphère et le sol sont prépondérantes et effacent rapidement les perturbations thermiques »*.

* Crochet Ph. « Etude des potentialités thermiques de la nappe de l'agglomération lyonnaise »

Nous pouvons donc nous attendre à détecter des pics de température, froids ou chauds, dans la nappe à proximité des rejets, entourés de panaches de diffusion et conduction thermiques.

3.2 Les puits de captages et de rejets sur le Domaine de la Doua

3.2.1 Puits de captage

Les occupants du Domaine de la Doua, c'est-à-dire les industriels, les établissements de recherche et d'enseignement, sont de gros consommateurs d'eau, notamment à des fins de refroidissement.

Nous avons pu dénombrer sur le campus 20 puits de captage en service.

L'eau captée est utilisée pour une finalité industrielle : eau de refroidissement (matériel de recherche), eau de chauffage (pompes à chaleur), eau de process, mais aussi climatisation et l'arrosage ; il faut y ajouter l'alimentation d'un étang.

Ces puits sont très nettement concentrés vers le nord-ouest du domaine, avec l'IPNL (4 puits), l'IN2P3 (2 puits), et CPE (2 puits). On a aussi une assez grande concentration de puits au centre du campus, avec ceux de Lyon 1 (3 puits), de la Centrale thermique (1 puits) et de la Cogénération (1 puits), du CNRS (1 puits) et de l'INSA (1 puits certainement en service). La nappe est en revanche beaucoup moins exploitée à l'est du domaine, avec le seul puits de captage de la pépinière d'entreprises INSAVALOR. SIUAPS gère 3 trois captages répartis sur le Domaine.

La localisation des puits de captage est symbolisée sur la figure 2.1 précédente. La numérotation correspond à celle adoptée dans le tableau ci-dessus.

La quantité totale d'eau phréatique pompée est un peu supérieure à 2 millions de m³ par an. Les captages ont tous lieu dans la nappe alluviale.

Une liste des puits de captage est détaillée dans le Tableau 2.1.

3.2.2 Puits de rejet

Les captages sont, pour certains, accompagnés de puits de rejet, également dans la nappe superficielle. On en dénombre au moins 6 sur le domaine : INSA (bâtiment I502), Lyon I (square Evariste Gallois), ISTIL, EZUS, IN2P3 et la Centrale Thermique.

Une liste des puits de rejet est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 3.1 : Liste des puits de rejet sur la Doua

puits d'infiltration	Exploitant	localisation	Volume rejeté	Bâtiments rejetant dans le puits			
			m ³ /an	numéro	nom	propriétaire	
I1	Puits d'infiltration - Square Evariste	Lyon 1	sud du square Evariste Gallois	40 000	201L	Lipmann	Lyon I
				130 000	301L	Grignard	Lyon I
I2	Puits ISTIL	ISTIL	nord-ouest du bâtiment ISTIL	inconnu	ISTIL	ISTIL	Lyon I
					-	étang	Lyon I
I3	INSA bât I 502	INSA	nord-ouest du bât I 502	inconnu	I 501- I 502	Blaise Pascal	INSA
					I 504	-	INSA
I4	IN2P3	IN2P3	sud ouest du bâtiment IN2P3	493 000	IN2P3	IN2P3	IN2P3
I5							
I6	EZUS	EZUS	sud-ouest du bâtiment EZUS	inconnu	EZUS	EZUS	EZUS
I7	INSAVALOR	INSAVALOR	ouest du bâtiment CEI2	262 800	INSAVALOR	INSAVALOR	INSAVALOR
I8	CPE	CPE	parking ouest CPE	inconnu	CPE	CPE	CPE

La localisation des puits de rejet est symbolisée sur la figure 2.1. La totalité des puits d'infiltration rejettent dans la nappe superficielle.

L'impact thermique sur l'eau rejetée résulte de l'utilisation qui en est faite, et du bâtiment dans lequel elle est utilisée. Nous utiliserons cette donnée pour interpréter les résultats.

3.3 Organisation de la campagne de mesures

3.3.1 Localisation géographique

Les puits retenus pour cette campagne sont listés dans le tableau suivant :

Tableau 3.2 : Liste des puits mesurés en température pour la nappe alluviale

Puits	Exploitant	Localisation	sélectionné	raison de la non-sélection	
PUITS DE CAPTAGE	C1	INSAVALOR	CEI	×	-
	C2	SIUAPS	football rue des Sports	×	-
	C3		Gymnase de l'UFR-STAPS (bât. L 719)	×	-
	C4	Dalkia	centrale Cogénération		non accessible
	C5		Parking ouest de la Centrale Thermique	×	-
	C6	STLD (C.Th.)	dans Centrale thermique		non accessible
	C7	CNRS	bâtiment CNRS est	×	-
	C8	INSA	sud du bât I 504		non accessible
	C9	CPE	inconnue		non localisé
	C10		cour sud CPE	×	-
	C11	Lyon 1	square Evariste Gallois	×	-
	C12		sud-ouest du 406 L (puits des "400")	×	-
	C13	ISTIL	est du bât ISTIL	×	-
	C14	IN2P3	NE du bâtiment IN2P3	×	mesure sur équipement
	C15		NE du bâtiment IN2P3		
	C16	IPNL VIRGO	petit puits accélérateur L 212	×	-
	C17		petit puits accélérateur L 214	×	-
	C18		ouest du bâtiment VIRGO, dans le talus	×	mesure sur équipement
	C19		ouest du bâtiment VIRGO, dans le talus		
	C20	EZUS	est du bâtiment ; près tram rue F. Roman	×	-
PUITS D'INFILTRATION					
I8	CPE	parking ouest CPE	×	fonction mal connue (captage ou infiltration ?)	
PUITS D'ACCES					
A1	INSA	sous-sol du 3021			
A2		vide sanitaire du 406 I			
A3	BRGM	est de l'ancien bâtiment BRGM		non autorisé	
A4	CETIAT	puits d'infiltration d'eaux pluviales, ouest des bâtiments du CETIAT	×		
A5			×		
A6			×		
A7			×		
A8			×		
A9	Piézomètres Lyon 1	3 piézomètres en amont hydraulique de l'étang - bâtiment Forel 403	×		
A10			×		
A11			×		
A12	IUT	bassin d'infiltration d'eau pluviale de l'IUT A		non représentatif de la nappe alluviale (nappe perchée, avec plume en aval)	
A13					
A14					
A15					
A16	IPNL	sous plaque acier dans le Dôme IPNL		puits mal connu	

Tous les puits présents sur le campus ne peuvent être utilisés pour la campagne de température ; il faut distinguer les paramètres suivants :

- la nappe concernée : le puits considéré peut être relié à la nappe superficielle ou profonde ; il faudra distinguer les résultats dans les deux cas. Les données collectées (coupes géotechniques des forages) indiquent qu'aucun puits n'atteint la nappe molassique.

- le type de puits : les puits de captage subissent une modification de surface piézométrique, due au rabattement provoqué par le pompage ; cela n'a aucun impact pour la mesure de température ; les puits de rejets voient une modification de surface piézométrique, cône de rejet, ainsi qu'une température, celle du rejet, non représentative de celle de la nappe ; enfin, les points d'accès à la nappe (piézomètres, puits désaffectés) sont garants à la fois du niveau et de la température de la nappe,
- l'accessibilité : il faut pouvoir descendre une sonde de température dans le puits ; il arrive que le puits soit équipé d'un matériel de mesure de température (IN2P3).

La carte Figure 3.1 localise ces points de mesure de température.

3.3.2 Choix de la date

La campagne de mesure aura lieu courant septembre 2003 ; c'est une période tout particulièrement intéressante, car la nappe continue à se réchauffer de façon globale sous l'influence saisonnière ; de plus, l'activité a repris sur le campus après la période estivale ; les résultats seront alors représentatifs de l'impact thermique chaud réel du matériel utilisant les eaux de nappe ; enfin, la saison chaude peut s'attarder en cette période et prolonger l'utilisation des climatisations. C'est une phase propice à l'identification d'un réchauffement conséquent.

Il faudra également prendre en compte la problématique de temps de transfert dans la nappe, notamment en cas de pluie récente. A titre indicatif, la nappe alluviale met entre quelques heures et 1 semaine pour traverser le campus dans sa longueur (du nord-est au sud-ouest).

C'est pourquoi, dans un souci de cohérence des valeurs, qui nous avons effectué les mesures sur une journée.

3.3.3 Matériel utilisé

Nous avons utilisé une sonde portable de température, équipée d'un cordon d'une longueur totale de 20 m, de type Conductimètre WTW (LF323B/SET3).

Nous avons considéré a posteriori que l'influence de la profondeur du lieu de la mesure sur la température était négligeable ; en effet, les mesures effectuées par le cabinet Archambault et nous-mêmes aboutissent à cette conclusion expérimentale dès lors que la mesure est effectuée sur des puits de captage.

3.4 Présentation des résultats

3.4.1 Tableau de résultats

Tableau 3.3 : Valeurs de température mesurées le 25 septembre 2003

Puits	Exploitant	Localisation	Prof puits en m	mesure température	
				éqpmt T°C	mesure
PUITS DE CAPTAGE					
C1	INSAVALOR	nord-est du bât CEI2, le long d'une allée	16		15.4
C2	SIUAPS	à côté du terrain de football (rue des Sports)	10		15.4
C3		Gymnase de l'UFR-STAPS (bât. L 719)	inconnue		23.3
C4	Dalkia	centrale Cogénération	26		inaccessible
C5		à une centaine de m de l'autre puits	24.3		14.6
C7	CNRS	bâtiment CNRS est	10		14.7
C10	CPE	cour sud CPE	19.5		17.8
C11	Lyon 1	square Evariste Gallois	22.4		17.4
C12		puits des "400", au sud-ouest du 406 L	22		15.8
C13	ISTIL	est du bât ISTIL	12		15.8
C14	IN2P3	NE du bâtiment IN2P3	10	×	26
C15		NE du bâtiment IN2P3	10	×	
C16	IPNL	"petit" puits sud ouest du bât L 212	inconnue		17
C17		"petit" puits ouest du bât L 214	inconnue		16.9
C18		Ouest du bât Virgo --> puits Virgo + IPNL - forage	20.45	×	12.35
C19		Ouest du bât Virgo --> puits Virgo + IPNL - forage	26.77	×	
C20	EZUS	est du bâtiment ; près tram rue F. Roman	15-18		15.4
PUITS D'INFILTRATION					
I8	CPE	parking ouest CPE	inconnue		19.7
PUITS D'ACCES					
A4	CETIAT	puits d'infiltration d'eaux pluviales, ouest des bâtiments du CETIAT	8		sec
A5					
A6					
A7					
A8	Piézomètres Lyon 1	3 piézomètres en amont hydraulique de l'étang - bâtiment Forel 403	13		15.2
A9			inconnue		-
A10			inconnue		-
A11					

La température minimale mesurée est 12,35°C, mesurée à l'IPNL, en particulier en entrée des échangeurs VIRGO.

La température maximale mesurée est 26°C, mesurée à l'IN2P3, à l'entrée des échangeurs en amont des groupes froids.

La température moyenne (sans les extrêmes) est de 16,7°C.

3.4.2 Incertitudes sur la mesure

Les résultats produits sont soumis aux incertitudes liées à :

- la mesure via le conductimètre,
- la mesure via un autre équipement que le conductimètre,
- à l'approximation sur les profils en profondeur de température.

mais aussi :

- aux hétérogénéités liées à l'écoulement hydraulique de la nappe alluviale,
- à l'approximation de cohérence des mesures entre les puits, malgré le décalage temporel de la mesure.

Une comparaison a pu être effectuée entre nos résultats et ceux d'une campagne réalisée à la même période ; sur les puits en commun, les températures sont en moyenne différentes de 0,6°C. Elles peuvent être considérées homogènes.

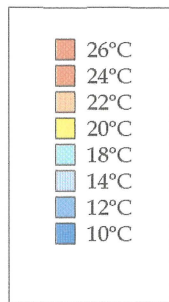
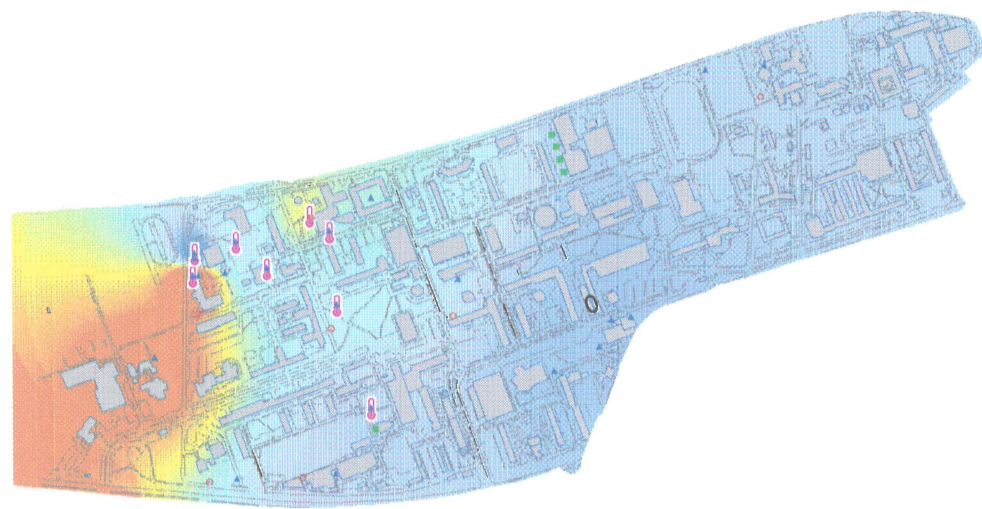
La campagne reflète l'état thermique localisé de la nappe à un instant donné, et dépendant de l'activité sur le site aux moments précédents. Elle ne saurait représenter complètement la température de la nappe, d'autant plus que les mesures ne couvraient pas tout le Domaine.

3.4.3 Carte des températures

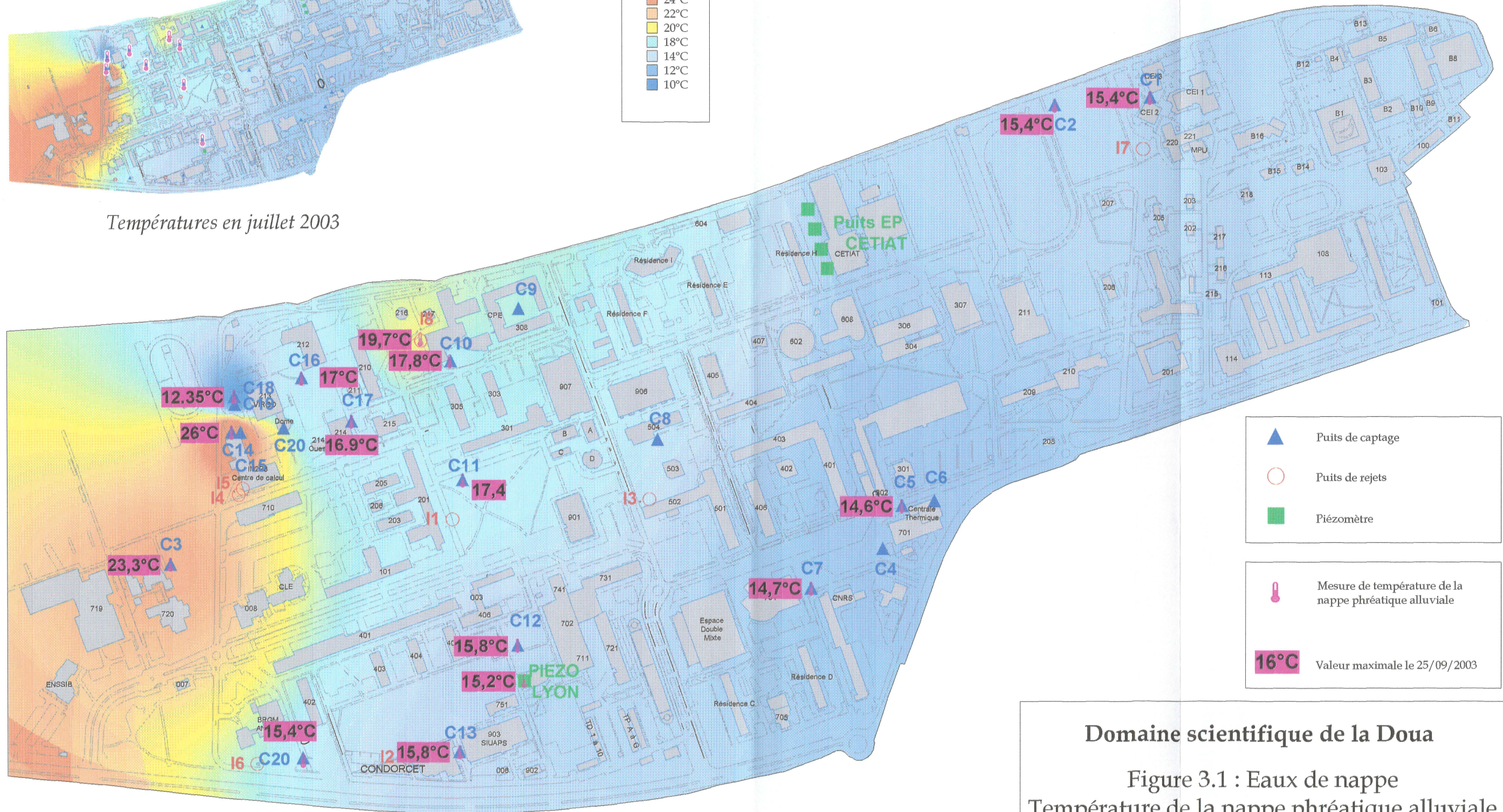
La figure suivante présente une carte avec des coloris dégradés de température de la nappe alluviale mesurée le 25 septembre 2003.

La visualisation présentée ne tient aucun compte de l'écoulement hydraulique et de l'orientation réelle des panaches chauds conséquents aux rejets. Il s'agit d'une interpolation linéaire entre les températures selon l'espace. Elle présente de façon immédiate les régions chaudes et froides du Domaine.

La nappe du Domaine semble subir localement les impacts thermiques des rejets d'eaux industrielles claires. Ceux-ci sont concentrés à l'extrémité ouest de la Doua. Un panache chaud a été détecté entre l'IN2P3 (C14, C15) et un puits du SIUAPS (C3). Ailleurs, la température est relativement homogène.



Températures en juillet 2003



- Puits de captage
- Puits de rejets
- Piézomètre
- Mesure de température de la nappe phréatique alluviale
- 16°C** Valeur maximale le 25/09/2003

Domaine scientifique de la Doua
 Figure 3.1 : Eaux de nappe
 Température de la nappe phréatique alluviale
 (mesures du 25/09/2003)

3.4.4 Conclusion sur les résultats

Cette campagne de mesures de la température de la nappe alluviale de la Doua réalise un état des lieux dans ce domaine. Elle ne peut aboutir à une interprétation poussée des résultats sans une étude hydrogéologique et hydraulique de l'écoulement, et d'un suivi long dans le temps des paramètres de température.

Il semble intéressant de mettre en œuvre ces connaissances pour aboutir à une gestion concertée sur la Doua des équipements de captage et de rejet d'eaux de nappe, respectueuse des contraintes environnementales. Nous pouvons ainsi citer une maîtrise des débits captés ou rejetés pour chaque puits, des températures de captage ou rejet, de leur localisation relative aux autres puits...

4

CONCLUSION - SUITE DE L'ETUDE

Les différentes démarches effectuées dans le cadre de l'étude diagnostic du réseau d'assainissement de la Doua (analyse du réseau, inspections nocturnes, inspections télévisées) ont permis d'identifier l'origine des importants débits d'eaux claires parasites présents dans le réseau d'assainissement ainsi que les intrusions directes d'eaux parasites.

D'autre part, l'enquête bâtiment par bâtiment présentée ici permet de déterminer quels sont les gros consommateurs d'eau, et ceux qui rejettent de grandes quantités d'eau propre au réseau. Les visites particulières ont permis d'étudier les solutions envisageables pour réduire les quantités d'eaux claires rejetées au réseau, en les infiltrant à la nappe.

En opposition avec cette démarche, la campagne de température de la nappe a eu pour but de réaliser un état des lieux du réchauffement (ou refroidissement) de la nappe, et par extension, de l'impact des rejets chauds ou froids des différents organismes sur le Domaine. En effet, augmenter les infiltrations d'eaux claires utilisées pour le refroidissement à la place d'un rejet en réseau, aura pour conséquence inévitable de réchauffer la nappe.

En fonction de ces éléments et des décisions prises par le Maître d'Ouvrage, le programme d'assainissement devra inclure des travaux visant à alléger la proportion d'eaux parasites dans le réseau et des recommandations pour que les constructions futures respectent certaines normes dans ce domaine.

ANNEXES

ANNEXE 1 : CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION LYONNAISE (SOURCE : BRGM)

**ANNEXE 2 : CARTE PIEZOMETRIQUE ET D'ECOULEMENT DE LA NAPPE (SOURCE :
ETUDE HORIZONS, 2000)**

ANNEXE 1

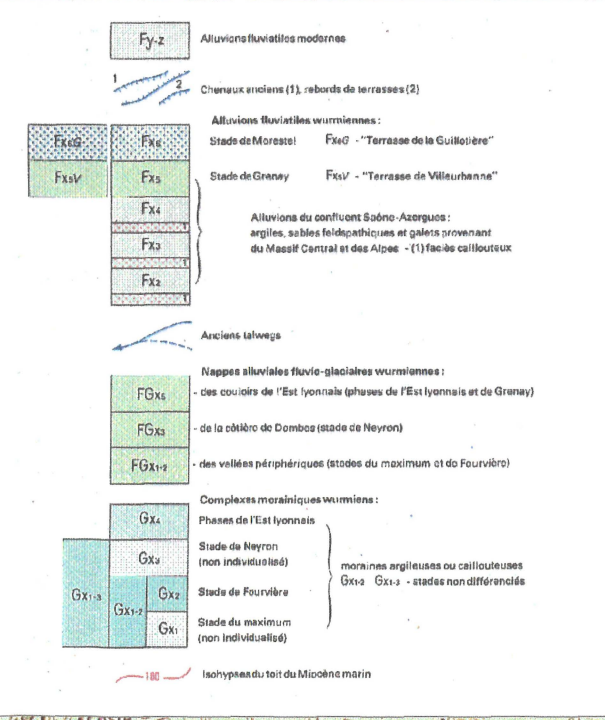
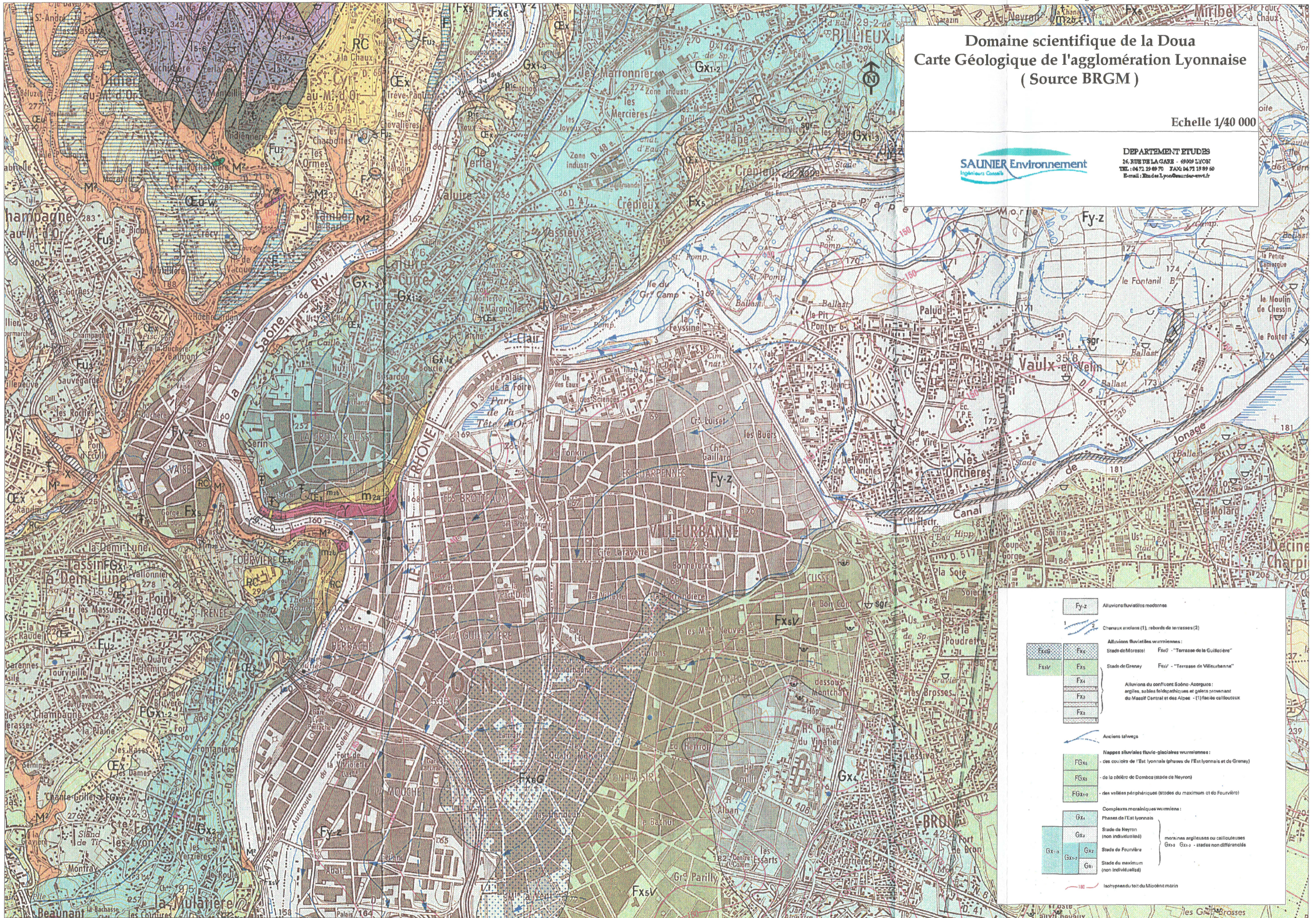
CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION LYONNAISE (SOURCE : BRGM)

Domaine scientifique de la Doua Carte Géologique de l'agglomération Lyonnaise (Source BRGM)

Echelle 1/40 000

SAUNIER Environnement
Ingénieurs Conseils

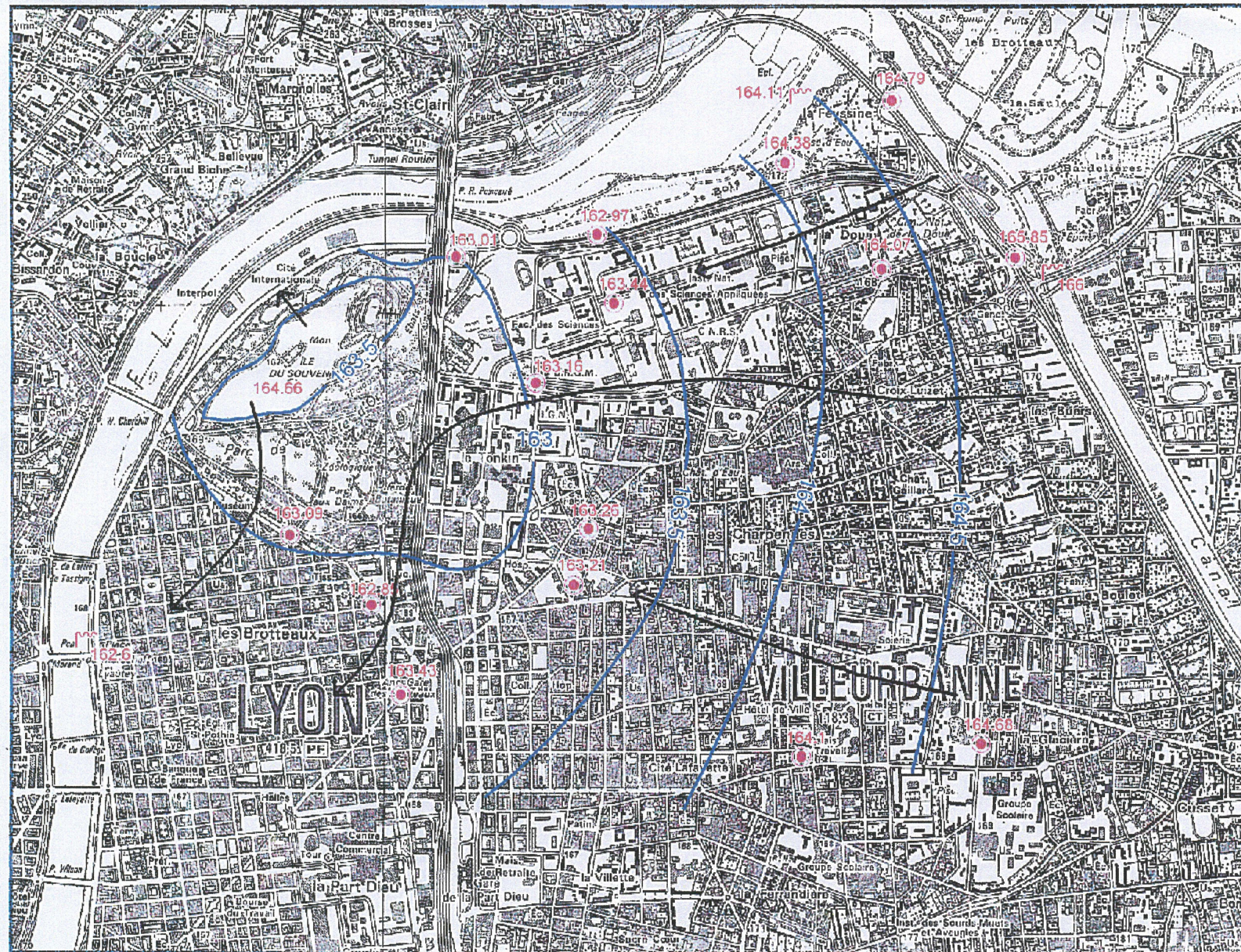
DEPARTEMENT ETUDES
26, RUE DE LA GARE - 69009 LYON
TEL. 04 72 59 69 70 FAX 04 72 59 89 60
E-mail : Etudes.Lyon@saunier-envt.fr



ANNEXE 2

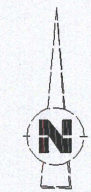
CARTE PIEZOMETRIQUE ET D'ÉCOULEMENT DE LA NAPPE

(SOURCE : ETUDE HORIZONS, 2000)



Légende:

- piézomètre
- isohypse
- ← sens d'écoulement
- 162,5 côte piézométrique (en m NGF)



Carte Piézométrique

Relevé du 02/05/95

Echelle : 1/25 000

D'après Etude du fonctionnement de la nappe alluviale du RHONE à LYON et de ses relations avec le parc de la Tête d'Or - Rapport ANTEA 1995
 "Synthèse hydrogéologique et thermique des forages pompes à chaleur" Rapport HORIZON centre-est