

LE GRAND LYON

Direction de l'Eau

CHAMP CAPTANT DE CREPIEUX-CHARMY OUTIL D'AIDE A LA DECISION EN CAS DE CRISE

*Calage des modèles
et diagnostic de fonctionnement des bassins*

Rapport R3

R/Ly.150/A.3331
Novembre 1994

SOMMAIRE

LISTES DES TABLEAUX, PLANCHES ET ANNEXES	4
1. PREAMBULE	5
2. CALAGE DU MODELE DYNAMIQUE	6
2.1. RAPPEL DE LA METHODOLOGIE	6
2.1.1. Les conditions aux limites	6
2.1.2. Procédure des mises en eau expérimentales	7
2.1.3. Méthodologie de calage	7
2.2. TRAITEMENT DES DONNEES "POMPAGES"	8
2.3. RESULTATS	8
2.3.1. Les cartes piézométriques	9
2.3.2. Les courbes d'évolution piézométrique	9
2.3.3. Modifications de fond du modèle	9
2.4. MODIFICATIONS OPERATIONNELLES DU MODELE	10
3. MODELISATION DE L'EFFICACITE DE LA BARRIERE HYDRAULIQUE	11
3.1. EFFICACITE GLOBALE THEORIQUE	12
3.2. SIMULATION DU FONCTIONNEMENT SIMULTANE DES BASSINS	12
3.2.1. Choix des conditions aux limites et de l'intensité des pompages	12

3.2.2. Régime permanent, bassins non colmatés	13
3.2.2.1. Simulation S1 : Réalimentation artificielle	13
3.2.2.2. Simulation S1 : Carte des zones d'influences	13
3.2.2.3. Simulation S1 : Bilan de débits	15
3.2.2.4. Simulation S1 : Carte des temps de transfert	16
3.2.2.5. Simulation S1 : Transects	16
3.2.3. Régime transitoire bassins non colmatés : alerte à la pollution dans le Rhône	17
3.2.3.1. Comportement de l'aquifère après arrêt des bassins	17
3.2.3.2. Courbes de tarissement des bassins	17
3.2.3.3. Etat piézométrique et zones d'influence après 1 jour d'arrêt	18
3.2.3.4. Suivi du bilan des débits d'alimentation	19
3.2.3.5. Inertie du dôme hydraulique	19
3.3. SENSIBILITE AU COLMATAGE DES BASSINS	20
3.3.1. Le phénomène de colmatage	20
3.3.2. Régime permanent bassins colmatés	20
3.3.2.1. Simulation S2 : Débits d'infiltration des bassins colmatés en régime permanent	20
3.3.2.2. Simulation S2 : Carte des zones d'influences	21
3.3.2.3. Simulation S2 : Bilan de débits	22
3.3.2.4. Simulation S2 : Transects	23
3.3.3. Régime transitoire bassins colmatés : alerte à la pollution dans le Rhône	23
3.3.3.1. Courbes de tarissement	23
3.3.3.2. Inertie du dôme piézométrique	23
3.3.3.3. Suivi du bilan des débits d'alimentation	24
4. CONSEQUENCES OPERATIONNELLES	25

PLANCHES

ANNEXES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Piézomètres suivis pour le calage en transitoire du modèle

Tableau 2 : Equations approchées $Q = f(h)$ des bassins dans leur état initial non colmaté

Tableau 3 : Bilans hydrauliques pour les simulations S1 et S2.

Tableau 4 : Courbes de tarissement simplifiées des bassins

Tableau 5 : Débits d'infiltration (maxima et minima) des bassins colmatés

LISTE DES PLANCHES

(en fin de rapport)

Planche 1 : Carte des zones d'influences - Barrière hydraulique en place - Bassins non colmatés -

Planche 2 : Carte de l'inertie de la barrière hydraulique

Planche 3 : Carte des zones d'influences - Barrière hydraulique en place - Bassins colmatés -

Planche 4 : Carte des durées maximales tolérables, sans mise en eau des bassins

Planche 5 : Carte des durées minimales tolérables d'une pollution du Rhône - Barrière hydraulique en place à l'état initial -

LISTE DES ANNEXES

Annexe A : Calage du modèle

A1 : exemple de carte de calage

A2 : exemples de suivis piézométriques durant les phases de réalimentation des bassins

Annexe B : Carte de l'efficacité globale théorique

Annexe C : Carte des temps de transfert - Simulation 1 (état permanent - bassins non colmatés) -

Annexe D : Transects NW-SE

D1 : carte de situation

D2 : états permanents : S1 et S2

D3 : évolutions de la piézométrie après arrêt général de l'alimentation des bassins (transitoires) : bassins non colmatés et bassins colmatés

Annexe E : Courbes de tarissement des bassins : $Q = f[t]$ - bassins à l'état initial, non colmatés -

Annexe F : Suivi du bilan des débits d'alimentation après alerte et arrêt de l'alimentation des bassins (bassins non colmatés et bassins colmatés)

1. PREAMBULE

Ce rapport d'étape R3 correspond à une phase importante de l'avancement du marché liant la Direction de l'Eau et BURGÉAP dans le cadre général de la protection des captages de Crépieux-Charmy.

Les éléments qui suivent démontrent le bien-fondé de la démarche initiale qui a consisté à dimensionner la barrière de réalimentation artificielle grâce au modèle mathématique MOSAIC. C'est en effet la première occasion de calage en vraie grandeur qui nous est donnée après la réalisation concrète des bassins d'infiltration. Le test "*vérité*", en quelque sorte.

Après la démarche théorique et la mise en place du dispositif, les rapports précédents, R1 et R2, ont permis de recalibrer le modèle mathématique sur la base des protocoles d'observation sur le site. Nous donnons ici le diagnostic de fonctionnement de la première tranche de la barrière hydraulique (bassins 1.1 à 4.2) dont disposent désormais la Communauté Urbaine et l'exploitant des captages.

2. CALAGE DU MODELE DYNAMIQUE

Le calage du modèle mathématique du champ captant de Crépieux-Charmy en régime permanent (situation stabilisée dans le temps) a été effectué dans un premier temps sur une piézométrie relevée le 6 août 1987 (rapport R.178-A.2167 de Février 88 pour la CNR).

Les mises en eau expérimentales de la première tranche des bassins ont permis de caler le modèle en régime transitoire (intervention de la durée, donc de l'inertie des différents compartiments du système simulé).

2.1. RAPPEL DE LA METHODOLOGIE

La construction de la première tranche de bassins de la protection hydrodynamique du champ captant étant terminée, des mises en eau expérimentales ont été effectuées durant la période Printemps-Eté 1993. Les observations, les résultats et les conclusions de cette première phase ont été notifiées dans le rapport R1 (NT/Ly.173/A.3331 de Septembre 93).

2.1.1. Les conditions aux limites

Lors de ces mises en eau, certaines **conditions environnantes**, autres que le niveau de l'eau dans les bassins, ont varié, parfois nettement. Elles concernent les conditions dites "aux limites" (correspondant aux bordures du domaine souterrain modélisé), les conditions anthropiques (pompages par exemple), les conditions météorologiques (température, pluviométrie en particulier).

① Les **conditions aux limites** sont liées aux caractéristiques et au comportement des agents alimentants ou drainants suivants :

- ♦ Le niveau du Rhône dans les 3 bras intéressant le champ captant :
 - le canal de Miribel au Nord,
 - le canal de Jonage à l'Est,
 - le Vieux-Rhône séparant l'île de Crépieux de la zone de captage de Charmy.

Rq.: Le canal de l'autoroute A42, limitant le champ captant au Sud, n'est actuellement pas ouvert, non relié au Vieux-Rhône en amont, et n'a un rôle que mineur dans la réalimentation du champ de captage, totalement dépendant du niveau de la nappe de l'Est lyonnais. Il est cependant pris en compte, en prévision de son recalibrage.

- ♦ La nappe de l'Est-lyonnais dont le rôle n'est pas négligeable dans la réalimentation actuelle de la zone de captage de Charmy.

Rq : Les apports des formations fluvio-glaciaires peu perméables du plateau des Dombes, en provenance du Nord, sont négligeables devant la réalimentation induite par le Canal de Miribel.

② Les *conditions de pompages* sont très variables, tant en ce qui concerne les fluctuations journalières que les variations hebdomadaires (week-ends), que la température moyenne extérieure, très vite différente d'une journée à l'autre (arrosage, ...), ou le taux de présence de la population consommatrice (périodes de vacances).

D'autres conditions anthropiques concernent les caractéristiques du Rhône, son niveau mais surtout sa *turbidité*, pouvant être reliés à des lâchers de barrages (chasses annuelles par exemple) ou à des travaux ou déchargements de matériaux en amont.

③ Les *conditions météorologiques* ont une influence directe sur les 3 bras du Rhône (température, niveau, turbidité). L'effet de la température sur le débit d'infiltration a été démontré au chapitre 3.3.4.2-bassin 4.1 du rapport R1. Une étude actuellement en cours, qui concerne l'estimation du colmatage des bassins de réalimentation et l'évolution des courbes d'infiltrations durant la première année, contribue à préciser cette influence.

2.1.2. Procédure des mises en eau expérimentales

La procédure de mise en eau des bassins a consisté en 5 étapes successives, avec utilisation de couples de bassins. Le calendrier et les couples utilisés pour chaque étape sont présentés en annexe D1 du rapport R1.

2.1.3. Méthodologie de calage

Le principe du calage d'un modèle en permanent consiste à reproduire par le calcul un état piézométrique réellement observé et mesuré. En transitoire, le calage consiste à simuler par le calcul l'évolution réelle du niveau piézométrique en tout point du modèle en fonction du temps, et à reproduire des états piézométriques à certains instants t_i lorsque les conditions aux limites ne sont pas stabilisées.

La **méthodologie** consiste donc en la reconstitution :

- ♦ de *cartes piézométriques calculées* superposables aux cartes piézométriques mesurées pour chaque étape de réalimentation par couple de bassins ;
- ♦ de *courbes d'évolution piézométrique calculées* en divers points du champ captant superposables aux courbes d'évolution piézométrique mesurées tout au long de chaque période transitoire de réalimentation par les bassins.

Les paramètres de calage sont la *perméabilité* et les *coefficients de colmatage* des bras du Rhône.

Le suivi du transitoire tient compte des variations des **conditions aux limites** réelles, relevées tout au long du suivi expérimental. Elle concernent :

- ♦ les *potentiels dits "voisins"*, correspondant aux niveaux dans les 3 bras du Rhône,
- ♦ la *température* de l'eau du Rhône,
- ♦ le niveau de la *nappe de l'Est lyonnais*,
- ♦ la configuration exacte de la répartition des *pompages* sur le champ captant tout au long de chaque transitoire (Cf. § 2.2),
- ♦ les courbes mesurées de remplissage et de tarissement des bassins.

Le pas de temps utilisé pour le suivi des transitoires est de 1 jour.

2.2. TRAITEMENT DES DONNEES "POMPAGES"

Nous avons pu constater que les variations temporelles dans les pompages sont très importantes. De plus, si l'intensité de l'exhaure est dictée par la demande des consommateurs, le choix de la répartition spatiale des pompages est actuellement laissé à l'appréciation des conducteurs. Outre ceci, les arrêts occasionnels ou dûs à des interventions d'entretien sont fréquents.

Il s'est donc avéré indispensable de reconstituer l'historique exact des pompages. Pour ce faire, les données horodatées enregistrées par le logiciel de supervision de l'usine de Croix-Luizet (WIZCON) ont été transférées et traitées par un logiciel conçu par BURGÉAP permettant de transformer un listing d'enregistrements des instants d'arrêts et de démarrages des pompes en un tableau restituant les débits journaliers pour chaque pompe, pour chaque poste ainsi que le volume global pompé par jour. A terme, ce logiciel sera complété de façon à transférer les données relatives à un pas de temps quelconque, suivant les besoins de l'utilisateur.

2.3. RESULTATS

La qualité du calage obtenu se traduit par la capacité du modèle à reproduire différents états piézométriques et en particulier ceux présentés dans le rapport R1 de septembre 1993. Ces derniers correspondent aux états piézométriques initiaux et aux états pseudo-permanents de chaque étape de la réalimentation artificielle partielle.

Le comportement de l'aquifère durant les phases de réalimentation par les bassins a été suivi en comparant l'évolution du niveau piézométrique calculé et mesuré dans 7 ou 8 piézomètres plus ou moins éloignés des bassins utilisés.

Les résultats sont présentés en annexe A.

2.3.1. Les cartes piézométriques

L'étude des cartes piézométriques calculées montre une variation maximale de 50 cm environ par rapport aux représentations des états réellement observés. Ceci correspond à une erreur maximale relative de 17 %. La différence peut atteindre 20 % à 30 % au Nord-Est, sous l'influence directe du canal de Miribel et de la nappe de l'Est-lyonnais.

L'allure cartographique des courbes piézométriques présente une nette homothétie avec les courbes mesurées, comme ceci peut être observé sur les exemples présentés en annexe. Ces écarts sont donc tout à fait admissibles car ils doivent de plus être relativisés du fait que les piézomètres de contrôle ne se situe jamais parfaitement au centre des mailles de calcul ; or, les gradients de la nappe sont très marqués.

2.3.2. Les courbes d'évolution piézométrique

Les piézomètres choisis sont les suivants :

Bassins en eau	Piézomètres observés							
ETAPE 1 B21 & B41	B6	S2	M3	M12	B8	B7	M7	
ETAPE 2 B12 & B32	M18	B6	M14	S11	M12	B5	M7	
ETAPE 3 B11 & B42	M18	M16	M14	S2	M12	B8	B7	M7
ETAPE 4 B31 & B42	M18	S2	M3	M12	B1	B8	B7	M7
ETAPE 5 B11 & B22	M16	M14	B6	S2	M3	M12	B8	M7

Tableau 1 : Piézomètres suivis pour le calage en transitoire du modèle

On observe une réponse quasi-instantanée du modèle aux modifications des conditions aux limites, de pompage ou de débit de réalimentation artificielle, réponse généralement très bien calée sur les réactions réelles de l'aquifère.

2.3.3. Modifications de fond du modèle

Suite au calage du modèle sur les 5 étapes, les opérations d'adaptation ont consisté en :

- un ajustement des perméabilités, bien que leur répartition reste sensiblement équivalente à celle d'origine (affinage de la répartition spatiale),
- une modification assez générale des coefficients d'échange des cours d'eau vers la nappe, tenant compte des traçages effectués et des reconnaissances biologiques,
- des corrections localisées de la porosité.

2.4. MODIFICATIONS OPERATIONNELLES DU MODELE

Le modèle sera mis à la disposition du Maître d'Ouvrage ainsi qu'à celle de l'exploitant. Il comporte plusieurs modules permettant de modifier de manière conviviale chacune de ces conditions aux limites :

- ♦ répartition du potentiel dans les différents biefs des 3 bras du Rhône définis pour le modèle, en fonction du débit mesuré en amont la séparation des canaux de Jonage et de Miribel au Pont de Jons ;
- ♦ état de la nappe de l'Est lyonnais (basses, moyennes, ou hautes eaux) ;
- ♦ débit de réalimentation par demi-bassin ;
- ♦ répartition automatique des pompes sur chacun des deux champs captants de Crépieux et de Charmy. Le pompage total est réparti aléatoirement sur les divers points d'exhaure pour les simulations "longues", une répartition volontaire reste possible en période de crise, mais ce point reste à améliorer.

3. MODELISATION DE L'EFFICACITE DE LA BARRIERE HYDRAULIQUE

Après une visualisation de l'efficacité globale théorique obtenue par simple cumul des efficacités des réalimentations de chaque étape des mises en eau expérimentales de 1993, ce chapitre utilise le modèle hydrodynamique de Crépieux-Charmy nouvellement calé pour visualiser la barrière protectrice du champ captant :

- en situation de réalimentation artificielle maximale avec les bassins dans leur état initial non colmaté ;
- en situation de réalimentation artificielle maximale avec les bassins colmatés ;
- en situation d'alerte à la pollution dans le Rhône.

Il pourra être ainsi apprécié :

- l'effet de la réalimentation par la barrière hydrodynamique, et en particulier ses zone d'influence lors des différents scénarii ;
- la répartition des apports et de leur cheminement hydraulique dans l'espace et dans le temps ;
- la sensibilité de la protection hydrodynamique au colmatage des bassins ;
- l'historique du comportement de celle-ci lors d'un arrêt total de la réalimentation artificielle ;
- la définition du rôle de la barrière par l'estimation :
 - de la durée maximale tolérable du non-fonctionnement des bassins,
 - de la durée minimale tolérable du passage d'une pollution dans le Rhône.

3.1. EFFICACITE GLOBALE THEORIQUE

Les résultats des mises en eau de l'été 93 ont permis de visualiser l'efficacité globale théorique de la barrière hydraulique.

Les effets de chaque réalimentation par les 8 demi-bassins mesurés durant les étapes 1, 2, 4 et 5 des mises en eau 93, ont été superposés (en tenant compte de l'effet à imputer directement au Rhône, comme dans l'étape 4 par exemple).

La carte présentée en annexe B rend compte des zones où la réalimentation artificielle devrait avoir ses résultats optimaux. La comparaison de cette carte avec la représentation de l'état permanent de la simulation S1 (réalimentation artificielle généralisée, avec bassins non colmatés), permet de constater que la formation du dôme hydraulique est due aux effets conjugués des bassins 2 et 3 d'une part et à ceux des bassins 1, proches du Vieux-Rhône, d'autre part. La zone protégée se calque parfaitement sur la zone d'efficacité maximale.

On constate d'ores et déjà que la zone d'efficacité minimale se trouve logiquement dans la partie Nord-Est de Crépieux (efficacité moindre du bassin 4) et sur l'île de Charmy. Cette lacune prévue sera comblée par la mise en oeuvre de la deuxième tranche de protection.

3.2. SIMULATION DU FONCTIONNEMENT SIMULTANE DES BASSINS

Le modèle MOSAIC du champ captant de Crépieux-Charmy, calé en transitoire, a été utilisé afin de simuler des conditions de réalimentation globale par tous les bassins artificiels dans leur état initial. Un scénario d'alerte à la pollution simulé dans le Rhône a permis de suivre l'évolution du dôme piézométrique et la persistance de la réalité de la barrière hydraulique.

3.2.1. Choix des conditions aux limites et de l'intensité des pompages

Les conditions aux limites pour cette simulation sont les suivantes :

- niveau des bras du **Rhône** correspondant à un débit moyen estival au pont de Jons de **400 m³/s** (tel que mesuré lors des mises en eau des bassins durant l'été 93),
- état de la **nappe de l'Est-lyonnais** correspondant aux *moyennes eaux*,
- la **pluviométrie** a été laissée *nulle* durant les simulations afin de rester dans des conditions plus pénalisantes à la formation du dôme piézométrique, sans ajout de ressources supplémentaires.

Les conditions de **pompages** correspondent également au débit moyen pompé en période estivale : **280 000 m³/j** (moyenne des débits journaliers sur Juin, Juillet, Août 93). Ces pompages sont répartis 68 % (190 000 m³/j) sur Crépieux et 32 % (90 000 m³/h) sur Charmy.

3.2.2. Régime permanent, bassins non colmatés

3.2.2.1. Simulation S1 : Réalimentation artificielle

La réalimentation artificielle maximale avec les bassins non colmatés a été chiffrée dans le rapport R1 à 220 000 m³/j (avec 1,8 m de charge dans tous les bassins). Les bassins peuvent même être utilisés avec des charges d'eau dépassant 2 mètres.

En fait, le débit total journalier est limité par le débit maximal possible des 4 groupes électropompes qui les alimentent (4 x 2000 m³/h), c'est à dire 192 000 m³/j.

Ce débit d'infiltration global correspond à une charge approximative de 1,50 m dans tous les bassins.

Les débits pour chaque bassin ont été déterminés grâce aux courbes d'infiltration en fonction de la charge $Q = f(h)$, présentées en annexe H du rapport R1, et aux équations *approchées* reproduites ci-dessous :

	Equation $Q \text{ (m}^3/\text{j)} = f [h(\text{m})]$	$Q \text{ (h=1,50m)}$
B 11	$Q = (7 h + 3,5) 10^3$	14 000 m ³ /j
B 12	$Q = (11,5 h + 5,75) 10^3$	23 000 m ³ /j
B 21	$Q = (26 h + 16) 10^3$	55 000 m ³ /j
B 22	$Q = (11,2 h + 1,7) 10^3$	18 500 m ³ /j
B 31	$Q = (13,5 h + 7,75) 10^3$	28 000 m ³ /j
B 32	$Q = (26 h + 3) 10^3$	42 000 m ³ /j
B 41	$Q = (1,4 h + 3,1) 10^3$	5 200 m ³ /j
B 42	$Q = (1,9 h + 3,25) 10^3$	6 100 m ³ /j
Total		≈ 192 000 m ³ /j

Tableau 2 : Equations approchées $Q = f(h)$ des bassins dans leur état initial non colmaté

3.2.2.2. Simulation S1 : Carte des zones d'influences

Cette carte (**planche 1**, en fin de rapport) représente les zones d'influence des bassins et des 3 bras du Rhône en situation de réalimentation maximale par la barrière hydrodynamique dans son état initial indemne de colmatage.

On constate :

- l'existence d'un dôme piézométrique installé, centré sur les postes 2 et 6 ;
- la protection seulement partielle des postes 4 et 8 au Nord-Est (influence jumelée du Canal de Miribel et des demis-bassins 4), et des postes 9 ainsi que 10 en partie au Sud (influence Canal de Jonage) ;

- l'influence du bassin B1.2 sur l'alimentation du poste 11 de Charmy, jumelée à l'alimentation par le Vieux-Rhône d'Ouest en Est, donc inversée. On peut en effet noter dans le rapport R5 (opérations de traçage) que l'alimentation de Charmy par cette portion aval du vieux-Rhône est nulle en conditions normales sans réalimentation artificielle ;
- l'alimentation des puits de Charmy se fait en majeure partie par la nappe de l'est lyonnais. L'influence de cette nappe est nulle sur Crépieux ;
- on note le rôle important du bassin 1 dans la protection du poste 10 mais également le rôle majeur du bassin B2.1 dans la protection des autres postes de la zone sud.

En conclusion, dans des conditions pouvant être qualifiées de "normales", un débit journalier de pompage moyen et une réalimentation dans des bassins non colmatés, **la barrière hydraulique est opérante. Elle protège complètement 60 % des puits de captage et 10 % partiellement (postes 4, 8 et 11).**

Les points de pompage ne bénéficiant pas totalement de la protection par les bassins (≈ 40 %) se répartissent ainsi :

Sur l'île de Crépieux :

- 5 puits (2 pompes) au Nord-Est (apports du C. de Miribel seul), (6 %)
- 12 forages (1 pompe) au Sud (apports du C. de Jonage seul), (7,5 %)

et partiellement 5 puits avec apports couplés B4 + Canal de Miribel (6 %)

Sur l'île de Charmy :

- 5 forages à l'Est (apports jumelés Vieux-Rhône + nappe de l'Est-lyonnais) (3 %)
- 11 forages au Nord (apports du Vieux-Rhône + C. de Miribel), (6,5 %)
- 8 forages à l'Ouest (apports de la nappe de l'Est-lyonnais seule) (5 %)

et partiellement 8 forages avec apports provenant de B1 + Vieux-Rhône + Nappe Est lyonnais (5 %)

Dans le cas d'une alerte à la pollution, il ressort de cette première partie d'étude que les **postes les plus vulnérables** (et donc qu'il sera préférable d'arrêter les premiers) sont :

- les postes 4, 8 et 9 sur Crépieux,
- les postes 12 et 13 sur Charmy, éventuellement le 11.

Remarque : un module pourrait être adapté au modèle MOSAIC du champ captant de Crépieux-Charmy permettant de choisir les postes à arrêter ou à imposer lors de prochaines simulations. Par exemple, arrêter ceux correspondant aux puits les plus vite menacés et/ou en imposer d'autres pour leur *rôle fixateur* de la pollution (cas du poste 9 en bordure du canal de Jonage, Cf. § 3.2.2.4). Cependant, l'effet de ces arrêts ou persistance de pompages locaux ne pourra être correctement apprécié que par de nouvelles simulations. On notera ici encore l'intérêt de la disponibilité d'un outil de gestion incluant une aide à la décision en cas de crise réagissant en temps réel.

3.2.2.3. Simulation S1 : Bilan de débits

Le tableau suivant présente le bilan des débits pour la simulation S1. Pour plus de commodité, le bilan de la simulation S2 (bassins colmatés à ~ 50 %) lui est directement comparé (Cf. §3.3.2 & 3.3.2.3). La variation du débit entre ces 2 états est également présentée en pourcentages des débits issus de la simulation S1.

Au débit amené par le canal de Miribel doit être soustraite la partie que draine le canal de Jonage à l'aval du champ captant (au Nord-Ouest sur la carte). L'apport par le canal de Miribel à la zone de captage proprement dite est donc plus faible que la valeur indiquée. Cette sortie vers le canal de Jonage est difficilement séparable des volumes en provenance de B21 (15300 m³/j pour les 2 origines) dont une partie se dirige aussi vers ce canal. De même, une part du volume journalier réintroduit par le bassin 1.2 repart au Vieux-Rhône au Sud-Est (barrière hydraulique parfaite).

CHAMP CAPTANT DE CREPIEUX-CHARMY BILANS HYDRAULIQUES

	Bassins non colmatés (simulation S1)		Bassins colmatés (simulation S2)		ΔQ par rapport à S1
	m ³ /j	%	m ³ /j	%	
ENTREES					
Canal de MIRIBEL	59400	18,2	76550	24,1	+ 29 %
Canal de JONAGE	5050	1,5	21800	6,9	+ 320 %
VIEUX-RHONE	30600	9,4	58350	18,4	+ 91 %
Nappe de l'Est-lyonnais	39400	12	39400	12,4	-
Canal de l'A42	25	0	290	0,1	-
BASSINS Nord	155000	47,5	97500	30,7	- 37 %
BASSINS Sud	37000	11,4	23300	7,3	- 37 %
SORTIES					
Canal de MIRIBEL	0	0	0	0	-
Canal de JONAGE	15250	5,1	3590	1,3	- 76,5 %
VIEUX-RHONE	4200	1,4	2190	0,8	-48 %
Nappe de l'Est-lyonnais	0	0	0	0	-
Canal de l'A42	34	0	0	0	-
BASSINS Nord	0	0	0	0	-
BASSINS Sud	0	0	0	0	-
POMPAGES Crépieux	190000	63,4	190000	66,5	-
POMPAGES Charmy	90000	30,1	90000	31,5	-

BURGÉAP

LE GRAND LYON

Tableau 3 : Bilans hydrauliques pour les simulations S1 et S2.

3.2.2.4. Simulation S1 : Carte des temps de transfert

Sur la carte correspondant à l'état permanent de la simulation S1 (bassins non colmatés), les sens d'alimentation et les isochrones de transfert en jours ont été dessinés (Cf annexe C), au départ des bras du Rhône et/ou des bassins. La vitesse convective a été calculée selon la carte des perméabilités du modèle MOSAIC du champ captant et un coefficient d'emmagasinement de 7 %.

Constatations :

- ① Les temps de transfert à partir des bassins sont assez faibles car tous les pompages concernés sont atteints en moins de 3,5 jours.
- ② L'alimentation des puits de Charmy par le Vieux-Rhône est également rapide : 2 jours environ.
- ③ Le temps de transfert pour atteindre les premiers puits au Nord-Est à partir du canal de Miribel serait entre 7 (puits 08-07) et 15 jours (puits 04-06 et 08-05).
- ④ A partir du canal de Jonage, le temps de transfert aux forages de bordure (poste 9) est inférieur à 3 jours.

3.2.2.5. Simulation S1 : Transects

Trois transects NW-SE (Cf. annexe D), permettent de visualiser la réalité de la protection hydraulique sur l'île de Crépieux. Pour plus de clarté, le profil correspondant à l'état permanent de la simulation S2 (bassins colmatés) est surimposé (annexe D2, à *comparer à la planche 1*).

Transect A : Le dôme existe. Même si la nappe sous les bassins nord n'atteint pas le niveau du canal de Miribel, l'eau infiltrée à partir de ce dernier ne peut rejoindre la zone de captage du fait de l'inversion du gradient. Elle se dirigera soit vers le canal de Jonage amont soit vers la zone à l'Est des bassins 4.

Le drainage du Vieux-Rhône est effectif : la nappe au droit du bassin 1 est de 20 cm plus haute que le Rhône. On note également la permanence des écoulements du bassin 2.1 en direction de Charmy (alimentation simultanée de Charmy par ce bassin et le Vieux-Rhône).

Transect B : Sous le bassin 2, le dôme hydraulique est encore plus net.

Le Vieux-Rhône draine à l'Ouest la nappe de Crépieux et à l'Est la nappe de l'Est-lyonnais.

Transect C : La barrière n'existe plus à l'Est : le Vieux-Rhône (aidé de la nappe de l'Est-lyonnais) alimente les forages du Sud-Est de la pointe de l'île de Crépieux. La zone centrale est encore protégée bien que le niveau du canal de Jonage soit plus haut.

En effet, la persistance d'une ligne de pompage en bordure immédiate du canal de Jonage a pour effet d'y fixer la pollution. Les puits en retrait sont alors plus longuement alimentés par les apports internes (bassins). Sur la carte, l'arrêt immédiat du poste 9 se traduirait probablement par une rapide extension vers le Nord-Est de la zone d'alimentation "canal de Jonage".

3.2.3. Régime transitoire bassins non colmatés : alerte à la pollution dans le Rhône

3.2.3.1 Comportement de l'aquifère après arrêt des bassins

L'objectif de ce chapitre est de quantifier l'inertie de la barrière hydraulique. Un scénario transitoire correspondant à un arrêt complet de l'alimentation des bassins (ce qui se produirait après une alerte à la pollution dans le Rhône) a été simulé.

L'arrêt de l'alimentation par les bassins sera suivi de deux phases qui se chevauchent plus ou moins dans le temps, selon les capacités d'infiltration des bassins :

- ① une phase de *vidange des bassins* où l'effet de leur réalimentation va se poursuivre plus ou moins longtemps. A noter que cette phase se caractérise par une proportionnalité inverse entre la vitesse d'infiltration (V_{inf}) et sa durée totale (D_{inf}), c'est à dire que plus la vitesse d'infiltration est faible, plus cette phase se poursuit. Les facteurs entrant en jeu sont le volume d'eau initial (donc la charge initiale h) à l'arrêt et le colmatage des bassins. On conçoit a priori que l'inertie de la barrière hydrodynamique du champ captant (et donc son efficacité) est d'autant plus importante que la charge dans les bassins est plus haute à l'origine, mais ce n'est pas forcément vrai pour ce qui concerne les effets du colmatage qui prolongent également le temps de vidange. La simulation S2, faite avec les bassins colmatés, permet de préciser ce point ;
- ② une phase de *descente du dôme piézométrique* jusqu'à l'inversion des gradients. Là-aussi, on conçoit que l'inertie de la barrière hydraulique dépend du niveau de constitution du dôme piézométrique à l'instant de l'arrêt général.

Un moyen de lutte supplémentaire à l'apparition d'une pollution sur le Rhône est la *diminution des pompages sur le champ captant* et la compensation du manque de ressources par l'usine de traitement des eaux de la Pape et le captage du lac de Miribel-Jonage. Ainsi, lors des simulations en transitoire de cette étude, l'exhaure a été baissée d'environ 45 % sur la totalité du champ captant, diminution échelonnée sur les 4 premières heures. Les pompages correspondant à 280 000 m³/j (190 000 m³/j sur Crépieux et 90 000 m³/j sur Charmy) sont ramenés à 150 000 m³/j (102 000 m³/j sur Crépieux et 48 000 m³/j sur Charmy).

3.2.3.2. Courbes de tarissement des bassins

Avec les données relevées lors des mises en eau expérimentales 93, c'est à dire alors que les bassins étaient considérés comme indemne de colmatage, les courbes de tarissement $Q = f(t)$ peuvent être reconstituées. Ce sont ces courbes qui sont introduites dans le suivi du transitoire de MOSAIC (Cf. annexe E).

Dans le cas où les courbes réelles de tarissement ne seraient pas disponibles, le principe de reconstruction de ces courbes est donné au § 3.3.3.

Les débits et les temps de vidange des bassins varient avec leur colmatage. Le tableau suivant présente les courbes de tarissement simplifiées et les durées du tarissement pour chaque bassin (*débits exprimés en m³/j*).

	B1.1	B1.2	B2.1	B2.2	B3.1	B3.2	B4.1	B4.2
Bassins non colmatés								
Origine	14000	23000	55000	18500	28000	42000	5200	6100
0,5 jours	9360	15600		8160	16800	15600	4700	5470
1 jour	7320	9600			9700		4320	4870
2 jours							3840	3840
3 jours							3560	3360
Durée tarissement (j)	1,50	1,42	0,32	0,96	1,0	0,72	3,34	3,43
Bassins colmatés								
Origine	8800	14500	34000	12000	17500	27500	3000	3500
0,5 jours	7270	11860	13500	8070	13450	16480	2850	3370
1 jour	5820	9430		4990	9900	8870	2740	3190
2 jours	3740	5960		1900	5360		2530	2862
3 jours	2640	3890					2350	2590
5 jours							2050	2160
7 jours							1740	1730
Durée tarissement (j)	3,47	3,46	0,64	2,60	2,42	1,90	7,92	7,06

Tableau 4 : Courbes de tarissement simplifiées des bassins

3.2.3.3. Etat piézométrique et zones d'influence après 1 jour d'arrêt

Après 1 jour d'arrêt, les constatations suivantes peuvent être faites.

- Bien que le gradient soit inversé et que les écoulements se fassent dorénavant en pente continue du canal de Miribel vers les captages, la protection est encore effective pour tous les puits situés au Sud-Est des demi-bassins 2.1, 2.2 et 3.1. On constate en effet que le tube de courant en provenance du canal est encore très étroit, les débits d'apport sont donc encore très faibles.
- Ce n'est plus le cas pour les puits à l'Est des demi-bassins 3.2, 4.1 et 4.2, donc au Nord des puits 03-04, 03-03 et 07-06. Les temps de transfert de l'eau du canal pour rejoindre le bassin 4 est de 15 jours, tandis que le temps nécessaire pour atteindre le bassin 2 est de 75 jours (dans le cas où la piézométrie subsisterait dans la configuration représentée, qui n'est en fait pas stabilisée).
- Le bassin 1.1 n'assure plus qu'une protection partielle vers le Sud, les zones d'influence du canal de Jonage et du Vieux-Rhône progressent : les puits sud du poste 10 sont menacés.

3.2.3.4. Suivi du bilan des débits d'alimentation

Lors de la phase d'alerte, phase transitoire correspondant à la vidange puis à la descente de la piézométrie, le modèle MOSAIC nous a permis de suivre l'évolution des débits d'apport à partir des différents agents qui alimentent la nappe du champ captant (Cf. annexe F).

Cette évolution des débits d'alimentation peut être illustrée par des courbes "débit entré en fonction du temps" exprimées :

- en pourcentages relatifs du volume entrant global à un instant donné (permet de voir l'évolution d'une origine par rapport à une autre),
- en valeurs absolues (m³/h) (permet de voir l'évolution de la même origine au cours du transitoire).

Constatations :

- ⇒ L'alimentation par la barrière nord, qui correspond à plus de 50 % de la réalimentation globale chute assez brusquement (1 jour), seule se poursuit la vidange des bassins 4 (3,5 jours).
- ⇒ La réponse immédiate est donnée par le canal de Miribel et la nappe de l'Est lyonnais (dont en fait l'alimentation reste constante en volume), puis ces derniers sont aidés par le Vieux-Rhône et encore plus tardivement (≈ 2 jours) par le canal de Jonage.
- ⇒ Le Vieux-Rhône, et d'une moindre mesure le canal de Jonage, réagissent négativement dans un premier temps car les pompages sont fortement diminués (en particulier sur Charmy en ce qui concerne le Vieux-Rhône) tandis que l'alimentation par le bassin 1 se poursuit 1,5 jour (et donc l'existence du "dôme piézométrique sud").

3.2.3.5. Inertie du dôme hydraulique

La situation du niveau piézométrique selon les transects A et B tout au long de la phase transitoire d'arrêt des bassins permet de quantifier l'inertie du dôme piézométrique constitué (voir annexe D3).

On constate que :

- du côté ouest, la pente du niveau piézométrique s'inverse vers l'Est après **4 heures** (profil A) (mais ceci ne signifie pas l'arrivée du polluant : Cf. § 3.2.3.3), tandis qu'elle demeure inversée **14 heures** au niveau du bassin 2 sur le profil B ;
- du côté Sud-Est, l'inversion ne se produit qu'après **32 heures** au droit des bassins 1.2 et 1.1 (transects A et B).

N.B. : Ces résultats se retrouvent sur la **planche 2** en fin de rapport (carte de l'inertie de la barrière hydraulique).

3.3. SENSIBILITE AU COLMATAGE DES BASSINS

3.3.1. Le phénomène de colmatage

Le mode d'alimentation des bassins à partir d'un prélèvement sur le Vieux-Rhône entraîne nécessairement un vieillissement de la couche de finition par filtration de matières en suspension. Ce phénomène provoque un colmatage progressif des premiers centimètres du fond. A la demande de l'exploitant, nous avons analysé l'évolution de ce phénomène, bassin par bassin, sur une phase d'une année de fonctionnement réel. L'objectif est double :

- ① quantifier la vitesse de ce phénomène et adapter le rythme des interventions mécaniques sur la couche de finition ;
- ② tenter d'optimiser le seuil de turbidité du Vieux-Rhône autorisant les prélèvements.

3.3.2. Régime permanent bassins colmatés

3.3.2.1. Simulation S2 : Débits d'infiltration des bassins colmatés en régime permanent

Selon les courbes approchées présentées au § 3.2.2.1, du débit en fonction de la charge dans chaque bassin, le débit permanent pour chaque bassin colmaté a été reconstitué. Ce débit a été pris arbitrairement comme correspondant à une perte de perméabilité de 50 %, mais avec, cette fois-ci, la charge maximale admissible de 2 m.

Les débits introduits sont les suivants :

	B1.1	B1.2	B2.1	B2.2	B3.1	B3.2	B4.1	B4.2
h_{eau} (m)	2	2	2	2	2	2	2	2
① Q_{inf} (m ³ /j) MAX (non colm.)	17500	29000	68000	24000	35000	55000	5900	7000
② Q_{inf} (m ³ /j) MAX (colm.)	8800	14500	34000	12000	17500	27500	3000	3500
Débit total bassins colmatés :							120800 m ³ /j	
③ Q_{inf} (m ³ /j) MIN (colm.)	2640	3360	10000	1550	4800	5750	1680	1560

Tableau 5 : Débits d'infiltration (maxima et minima) des bassins colmatés

3.3.2.2. Simulation S2 : Carte des zones d'influences

Cette carte (planche 3, en fin de rapport) représente les zones d'influence des bassins et des 3 bras du Rhône en situation de réalimentation maximale par la barrière hydrodynamique colmatée (perte de perméabilité avoisinant 50%).

On constate :

- la constance de la protection hydraulique dans une zone alimentée par les bassins 1 et 2 et donc la pérennité de la barrière sur les postes 1, 3 (excepté 0307), 5 et 6 (excepté 0606) ;
- la persistance d'une protection partielle des postes 2, 7, 8 et 10 ;
- la non-protection totale des puits des postes 4 et 9, et de ceux sur l'île de Charmy (postes 11,12,13,14) ;
- au Nord-Est, l'extension de la zone protégée seulement partiellement par les bassins 4, et l'apparition d'une langue centrale au droit du bassin 3.1 où les eaux de la barrière sont mélangées à celles du canal de Miribel ;

En conclusion, après colmatage des bassins, la barrière hydraulique reste complètement efficace sur 40 % des puits de captage et partiellement sur 16 %.

Les points de pompage ne bénéficiant pas totalement de la protection par les bassins (≈ 60 %) se répartissent ainsi :

Sur l'île de Crépieux :

- 7 puits (2 pompes) au Nord-Est (apports du C. de Miribel seul), (8,5 %)
- 20 forages (1 pompe) au Sud (Vieux-Rhône et nappe de l'E-Ly.), (13,5 %)

et partiellement 13 puits avec apports couplés B4 ou B3 + Canal de Miribel (16 %)

Sur l'île de Charmy :

- 7 forages à l'Est (apports jumelés Vieux-Rhône + nappe de l'Est-lyonnais)(4,5 %)
- 9 forages au Nord (apports du Vieux-Rhône + C. de Miribel), (5,5 %)
- 8 forages à l'Ouest (apports de la nappe de l'Est-lyonnais seule) (5 %)
- 4 forages au N-Ouest (apports du Vieux-Rhône uniquement) (2,5 %)

et partiellement 4 forages avec apports provenant de B1 + Vieux-Rhône + Nappe Est lyonnais (2,5 %)

Il ressort de cette seconde partie de l'étude que lorsque les bassins sont colmatés, les **postes les plus vulnérables** restent :

- les postes **4, 8 et 9** sur Crépieux, auxquels s'ajoutent une partie des puits du poste **10** et, si la durée du passage de la pollution dans le Rhône se prolonge, une partie des postes **2 et 7** ;
- les postes **11, 12 et 13** sur Charmy.

A noter que le poste 14 de Charmy, bien que ne bénéficiant pas directement de la protection hydraulique, reste alimenté entièrement par la nappe de l'Est-lyonnais et est donc considéré, dans les limites de ce modèle, comme indemne de pollution.

3.3.2.3. Simulation S2 : Bilan de débits

Le *tableau 3* présenté au § 3.2.2.3 montre les bilans des deux états permanents correspondant à la simulation S1 (bassins non colmatés) et la simulation S2 (bassins colmatés).

Il a paru intéressant de visualiser l'effet du colmatage des bassins en analysant les variations de débits en provenance de la barrière, de la nappe de l'Est-lyonnais et en provenance ou en direction des 3 bras du Rhône.

Les *principales constatations* sont les suivantes :

- reprise de l'alimentation à partir du canal de Jonage (quasiment nulle lors de S1) ;
- doublement des apports en provenance du Vieux-Rhône (et en particulier la reprise de cette alimentation vers Crépieux : Cf. planche 2) ;
- près d'1/4 des apports proviennent du canal de Miribel. Et ceci d'autant plus que la partie infiltrée détournée vers le canal de Jonage par la barrière hydraulique dans les conditions de S1 (Cf. § 3.2.2.3), participe désormais à l'alimentation des puits du champ captant (baisse de 76,5 % du drainage par le canal de Jonage).

En conclusion, la perte de débit de 37 % ($\approx 72\,000\text{ m}^3/\text{j}$) pour la réalimentation artificielle est compensée par :

- ❶ le Vieux-Rhône ($28\,000\text{ m}^3/\text{j}$),
- ❷ le canal de Miribel et le canal de Jonage ($17\,000\text{ m}^3/\text{j}$ chacun),
- ❸ la baisse du drainage par le canal de Jonage et, à un degré moindre, par le Vieux-Rhône ($13\,000\text{ m}^3/\text{j}$ globalement).

Remarque : Si la barrière hydraulique due au bassin 2 est moins évidente en terme de remontée piézométrique, elle est plus efficace en terme de débit infiltré (et donc en terme énergétique) puisqu'une plus faible partie sera détournée et perdue dans le canal de Jonage.

3.3.2.4. Simulation S2 : Transects

(Voir annexe D2, et comparer à la planche 3)

Transect A : La réalité d'un dôme piézométrique n'est plus visible au Nord-Ouest, mais la protection existe toujours car le volume distribué par le bassin 3.2 repousse les eaux arrivant du canal de Miribel plus au Nord (mélange avec les eaux des bassins 4), et plus au Sud-Ouest (mélange avec les eaux du bassin 3.1 moins puissant).

La protection reste opérante au Sud-Est (influence du bassin 1.2) malgré la position surélevée du niveau du Rhône (dont les eaux sont repoussées vers Charmy).

Transect B : Mêmes remarques qu'au droit du transect A (avec les bassins 2 et 1.1).

Transect C : La barrière n'existe plus.

3.3.3. Régime transitoire bassins colmatés : alerte à la pollution dans le Rhône

3.3.3.1 Courbes de tarissement

Les courbes de tarissement des bassins colmatés ont été reconstituées pour chaque bassin sur tableur EXCEL. La durée nécessaire au tarissement de chaque bassin peut être vue au chapitre 3.2.3.2 (tableau 4).

Le principe : La hauteur d'eau moyenne pendant le premier pas de temps donne le débit d'infiltration moyen et donc le ΔV . On recalcule ensuite la hauteur d'eau moyenne du pas de temps suivant (grâce à la formule des bassins $V = f(h)$ données en annexe A4 du rapport R1). On part du débit maximal en permanent pour les bassins colmatés (Cf. tableau § 3.3.2, ②) et il existe un débit minimal (③) extrapolé (comme on le constate sur les courbes d'infiltration décrites au § 3.2.3.2 et présentées en annexe E). On vérifie enfin que le volume total infiltré durant tout le transitoire est égal au volume initial dans le bassin plein.

3.3.3.2. Inertie du dôme piézométrique

Le comportement de la surface piézométrique a été observé selon les 2 transects A et B (Voir annexe D3) tout au long du transitoire succédant à l'arrêt de l'alimentation des bassins. Nous pouvons ainsi chiffrer l'inertie de la protection hydraulique constituée avec les bassins colmatés.

On constate principalement que :

- ***Transect A :***
l'influence très progressive du Vieux-Rhône à l'Est face à celle du bassin 1.2. La protection disparaît après 24 h tant au Sud qu'au Nord (*notons qu'il n'est pas tenu compte dans ces réflexions du temps de transfert nécessaire à un volume élémentaire d'eau polluée pour atteindre un endroit donné : Cf. § 4 et planches 2, 4 et 5*) ;
- ***Transect B :***
du côté du Vieux-Rhône, la protection hydrodynamique est encore bien visible 18 h après arrêt, mais n'est plus effective 30 h après.

On notera l'effet quasi-instantané de remontée de la nappe au Sud-Est de Crépieux due à la diminution des pompages dans les premières 4 heures après alerte.

3.3.3.3. Suivi du bilan des débits d'alimentation

Comme au § 3.2.3.4, l'évolution des débits d'apport à partir des différentes origines d'alimentation du champ captant (Cf. annexe F) a été observée durant la phase transitoire après arrêt de l'alimentation des bassins colmatés.

Constatations :

- ⇒ Une prolongation de la durée de tarissement des bassins (> 2 jours pour les bassins 2, > 7 jours pour les bassins 4, > 3 jours pour les bassins 1), ce qui aurait un effet plutôt positif si les débits infiltrés étaient suffisants pour maintenir une piézométrie haute.
- ⇒ Le comportement du canal de Jonage reste très comparable à celui observé avec les bassins non-colmatés, avec cependant un facteur multiplicatif de 5 par rapport à ce dernier.
- ⇒ La forte influence de la barrière hydraulique dans l'alimentation de Charmy a pu être constatée à l'état permanent avec les bassins non-colmatés (simulation 1). Lorsque ces bassins se colmatent, le Vieux-Rhône reprend un rôle prépondérant (mais donc jamais interrompu) sur cette partie du champ captant.
- ⇒ Par ailleurs, ce dernier point permet de mieux comprendre le comportement de la nappe de l'Est-lyonnais lors de l'arrêt de l'alimentation dans les bassins non-colmatés (courbe "débit entré en fonction du temps" présentée en pourcentages). En effet, à l'état permanent de S1, elle ne participait pratiquement plus à l'alimentation des postes 11 et 12 sur Charmy. En interrompant les bassins, à l'instar du canal de Miribel au Nord, la nappe rattrape rapidement son déficit et compense la première la déficience de la barrière. Le moindre rôle de la barrière au Sud-Est à l'état permanent de S2 fait que ce comportement est bien moins prononcé lors du transitoire qui suit.

4. CONSEQUENCES OPERATIONNELLES

Les résultats de la démarche d'affinage de MOSAIC nous ont permis de confirmer les hypothèses de fonctionnement de la barrière hydraulique, après une année d'exploitation de la première tranche de bassins. Les confirmations obtenues concernent :

- la zone d'efficacité des bassins réels et l'inertie actuelle de la barrière hydraulique,
- la fréquence de restauration de la couche de finition des bassins,
- le seuil de turbidité admissible pour l'alimentation de la barrière à partir de l'eau du fleuve.

La première tranche de bassin protège correctement la zone de CREPIEUX, à l'exception de neuf puits situés à l'Est du site. Le diagnostic que nous avons effectué à la demande de l'exploitant, après une année de fonctionnement (Septembre 1993 - Octobre 1994) démontre clairement une distinction entre deux catégories de bassins : ceux qui présentent une forte capacité d'infiltration, et ceux qui présentent des caractéristiques moins performantes.

L'analyse granulométrique de la couche actuelle du fond, et les mesures des vitesses d'infiltration montrent que la restauration de la couche devrait intervenir après 6 à 8 mois de fonctionnement effectif (ou permanent) pour les premiers, et après environ 18 mois pour les autres. Une fréquence opérationnelle tenant compte des contraintes d'exploitation et des épisodes de crues pourrait donc être d'un an pour les premiers et de deux ans pour les autres. La réflexion entreprise sur l'optimisation du seuil de turbidité du Rhône à partir duquel l'alimentation des bassins devrait être coupée confirme le choix de 50 NTU, déjà réajusté en remplacement du seuil de 35 NTU initialement proposé.

Le calage réalisé du modèle MOSAIC permet d'aborder aujourd'hui l'élaboration des scénario-tests qui seront simulés en concertation avec l'exploitant et la Direction de l'Eau, Maître d'Ouvrage. L'inertie de la barrière hydraulique disponible a été quantifiée en terme de dynamique ainsi qu'en terme d'isochrones de transfert, ces dernières fournissant des indications opérationnelles de gestion des captages en cas de crise, c'est-à-dire en cas de pollution accidentelle du fleuve. Cette "ébauche" sera largement complétée dans les phases ultérieures, en permettant à l'exploitant de choisir et d'adapter en temps quasi réel la stratégie de riposte à un épisode de pollution.

Les *planches 4* et *5* résument l'application de MOSAIC affiné en régime transitoire.

La *planche 4* fait intervenir les temps de transfert d'une pollution dans la nappe dans le cas où la barrière aurait été arrêtée après une alerte. Il s'agit de la distribution des durées maximales tolérables avant une remise en eau des bassins qui aurait pour effet de repousser la pollution à l'extérieur du champ captant.

La *planche 5*, sur le même principe, présente la distribution des durées minimales tolérables d'une pollution dans le Rhône en considérant que la barrière hydraulique et "active" à l'état initial. Les plages de temps indiquent donc localement la limite à partir de laquelle la barrière devrait être réalimentée pour assurer la protection des captages.

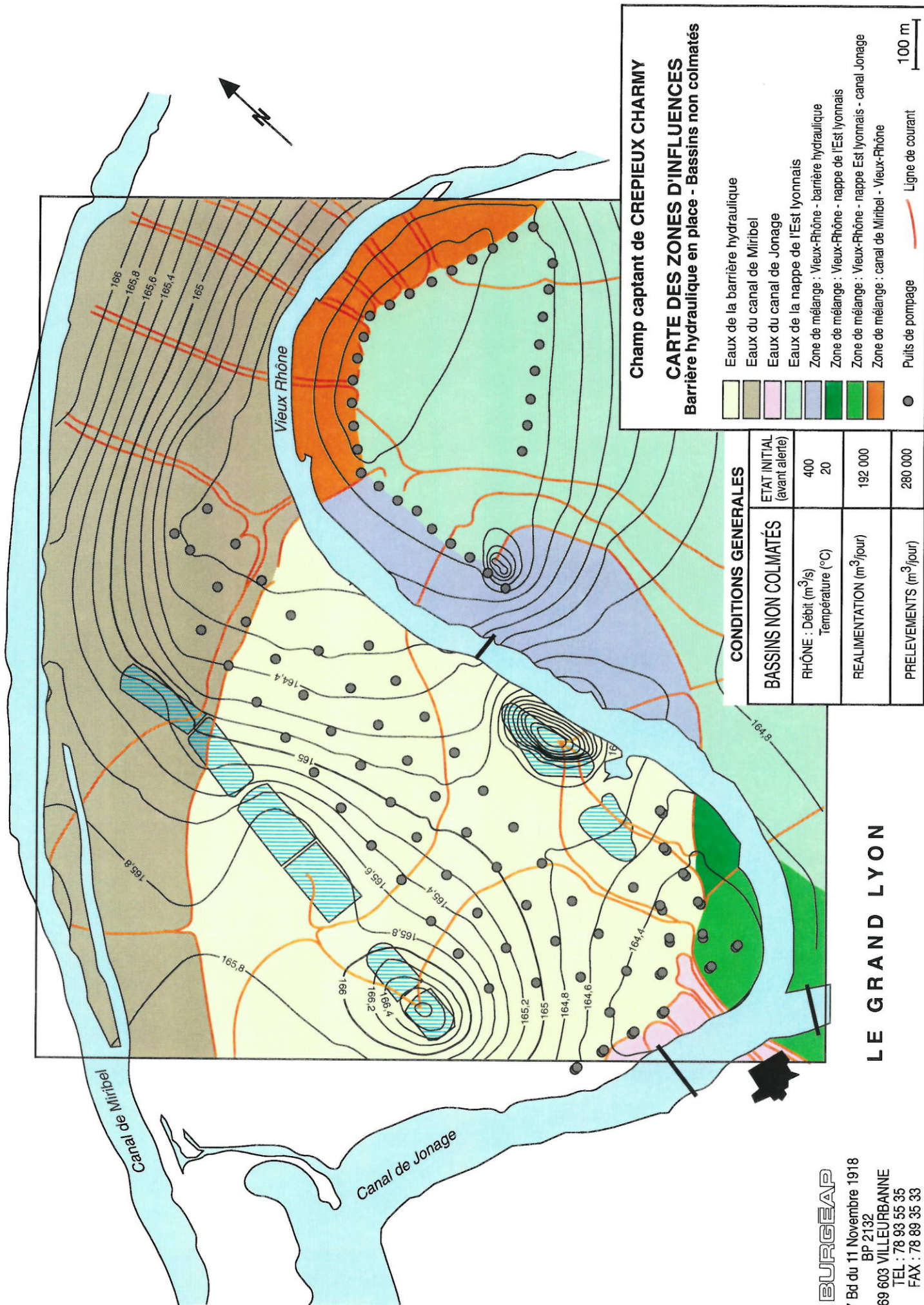
L'analyse du risque de pollution conduite aux soins du Maître d'Ouvrage indique une durée maximale de 72 heures pour un événement polluant. Seuls quelques ouvrages périphériques pourraient donc être touchés, or, il s'agit principalement de ceux qui sont équipés en barrière de fixation.

Les résultats obtenus confirment pleinement le bien-fondé du système de protection préconisé dont la réalisation a été entamée par Le Grand Lyon. La deuxième tranche de bassins s'avère indispensable pour assurer le complément de protection de l'Est de CREPIEUX et de la zone de CHARMY. Par ailleurs, la barrière de fixation d'ores et déjà opérationnelle au Sud-Ouest de CREPIEUX, et au Nord et au Sud de CHARMY, avec rejet direct au fleuve, correspondait à une démarche urgente, également indispensable.

PLANCHE 1

Carte des zones d'influences

Barrière hydraulique en place - Bassins non colmatés



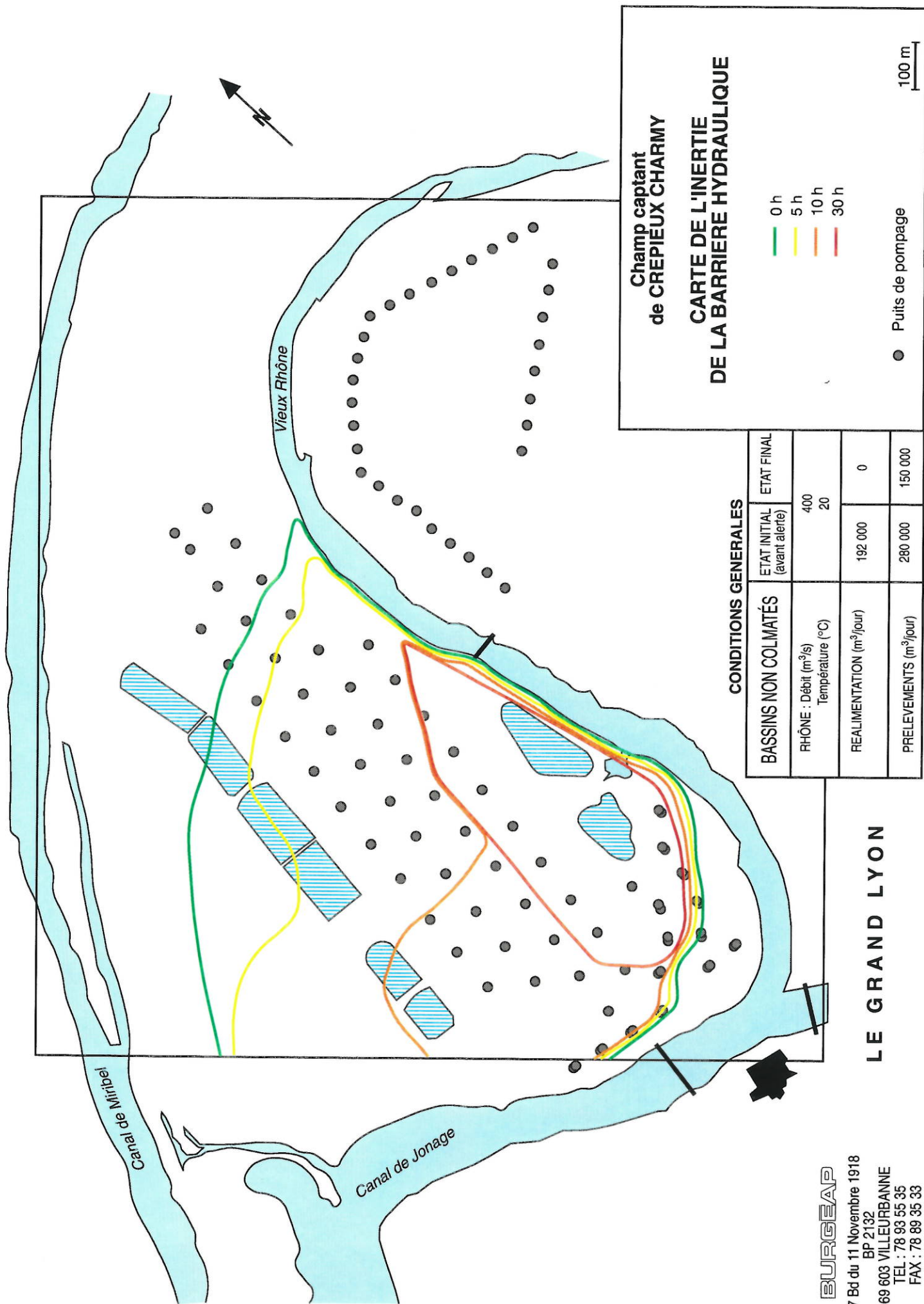
BURGEAP

27 Bd du 11 Novembre 1918
BP 2132
69 603 VILLEURBANNE
TEL : 78 93 55 35
FAX : 78 89 35 33

LE GRAND LYON

PLANCHE 2

Carte de l'inertie de la barrière hydraulique



CONDITIONS GENERALES

BASSINS NON COLMATÉS	ETAT INITIAL (avant alerte)	ETAT FINAL
RHÔNE : Débit (m³/s) Température (°C)	400 20	
REALIMENTATION (m³/jour)	192 000	0
PRELEVEMENTS (m³/jour)	280 000	150 000

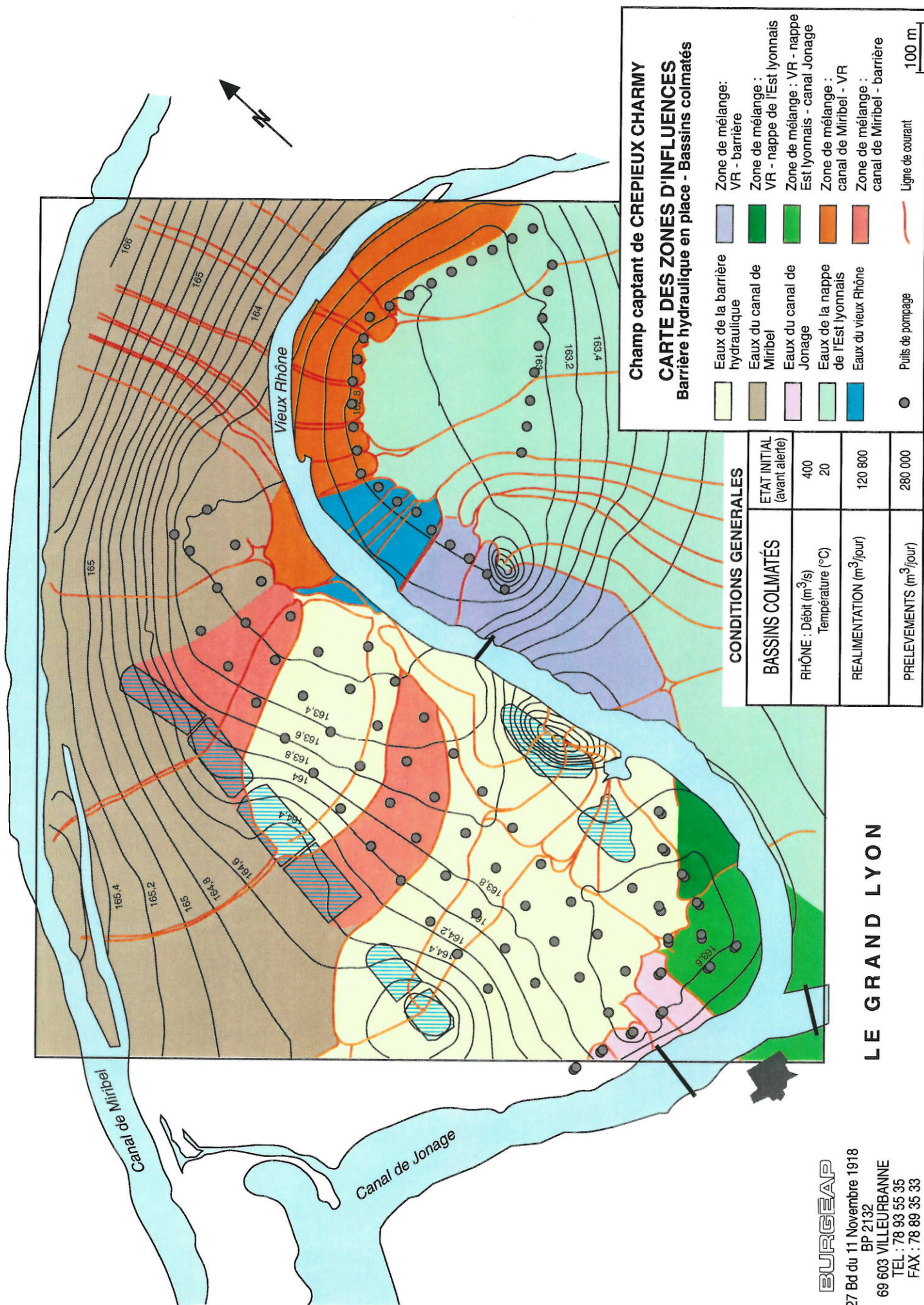
BURGEAP
 27 Bd du 11 Novembre 1918
 BP 2132
 69 603 VILLEURBANNE
 TEL : 78 93 55 35
 FAX : 78 89 35 33

LE GRAND LYON

PLANCHE 3

Carte des zones d'influences

Barrière hydraulique en place - Bassins colmatés



BURGEAP
 27 Bd du 11 Novembre 1918
 BP 2132
 69 603 VILLEURBANNE
 TEL : 78 93 55 35
 FAX : 78 89 35 33

LE GRAND LYON

PLANCHE 4

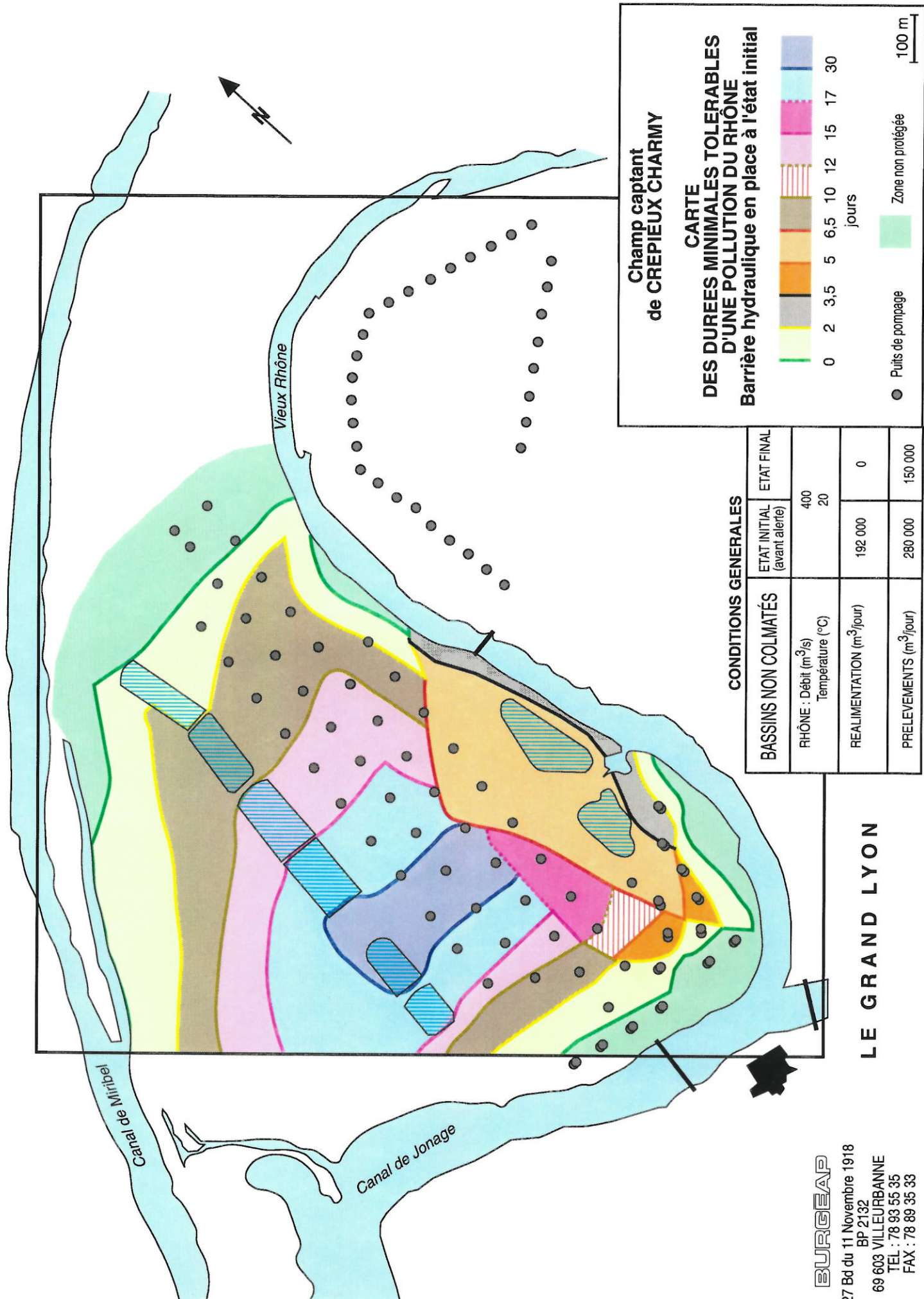
Carte des durées maximales tolérables
sans mise en eau des bassins



PLANCHE 5

Carte des durées minimales tolérables d'une pollution du Rhône

Barrière hydraulique en place à l'état initial



CONDITIONS GENERALES

BASSINS NON COLMATÉS	ETAT INITIAL (avant alerte)	ETAT FINAL
RHÔNE : Débit (m ³ /s)	400	
Température (°C)	20	
REALIMENTATION (m ³ /jour)	192 000	0
PRELEVEMENTS (m ³ /jour)	280 000	150 000

LE GRAND LYON

BURGEAP
 27 Bd du 11 Novembre 1918
 BP 2132
 69 603 VILLEURBANNE
 TEL : 78 93 55 35
 FAX : 78 89 35 33

ANNEXES

ANNEXE A

CALAGE DU MODELE

(Cf. § 2.3.)

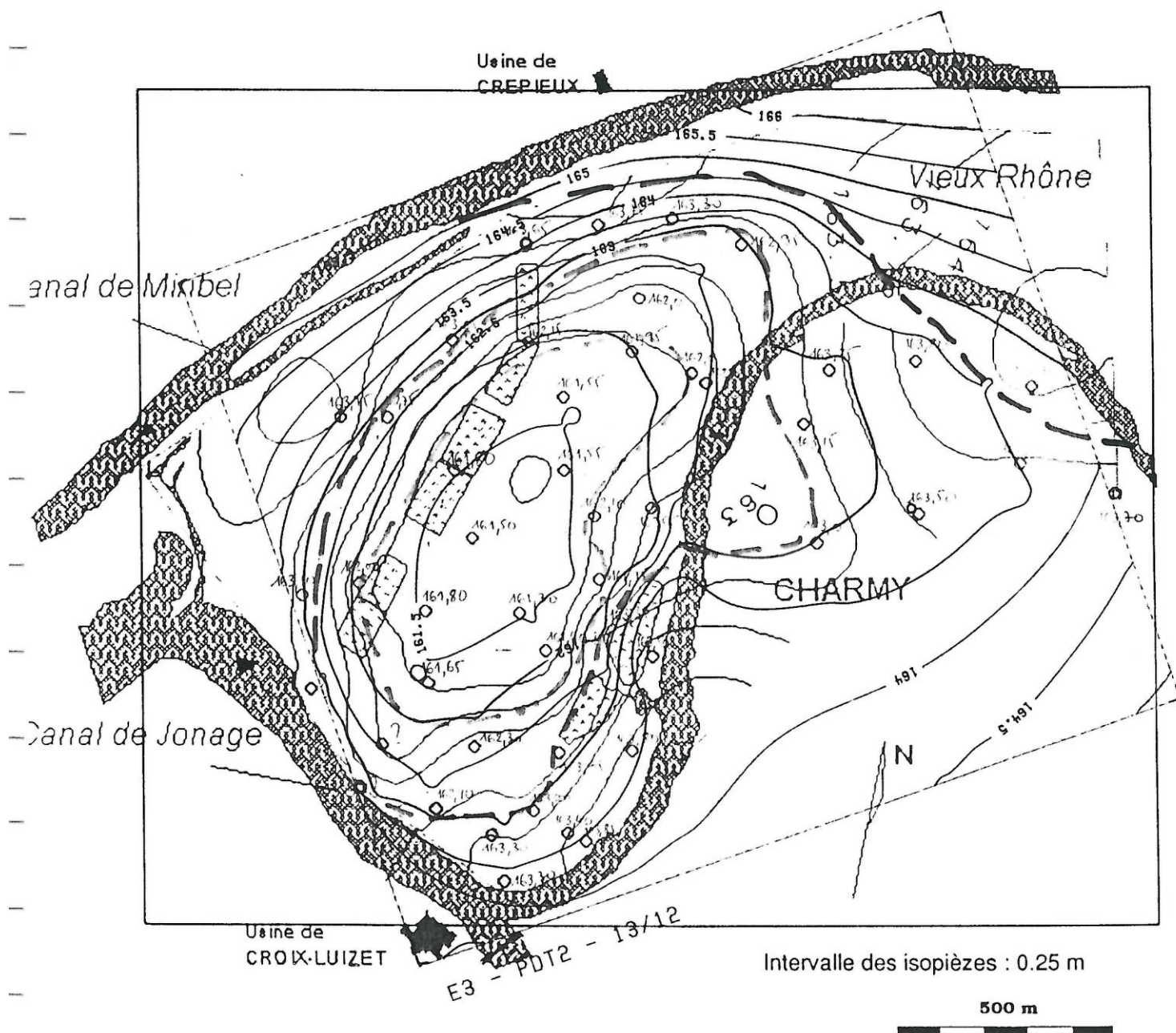
A1 : Exemple de carte de calage

A2 : Exemples de suivis piézométriques durant les phases
de réalimentation des bassins

ANNEXE A1

Exemple de carte de calage

CHAMP CAPTANT DE CREPIEUX-CHARMY
 MESURE DE L'EFFICACITE DES
 BASSINS 1.1 & 4.2
 (Etape 3)



PIEZOMETRIE INITIALE MESUREE le 06/07/93

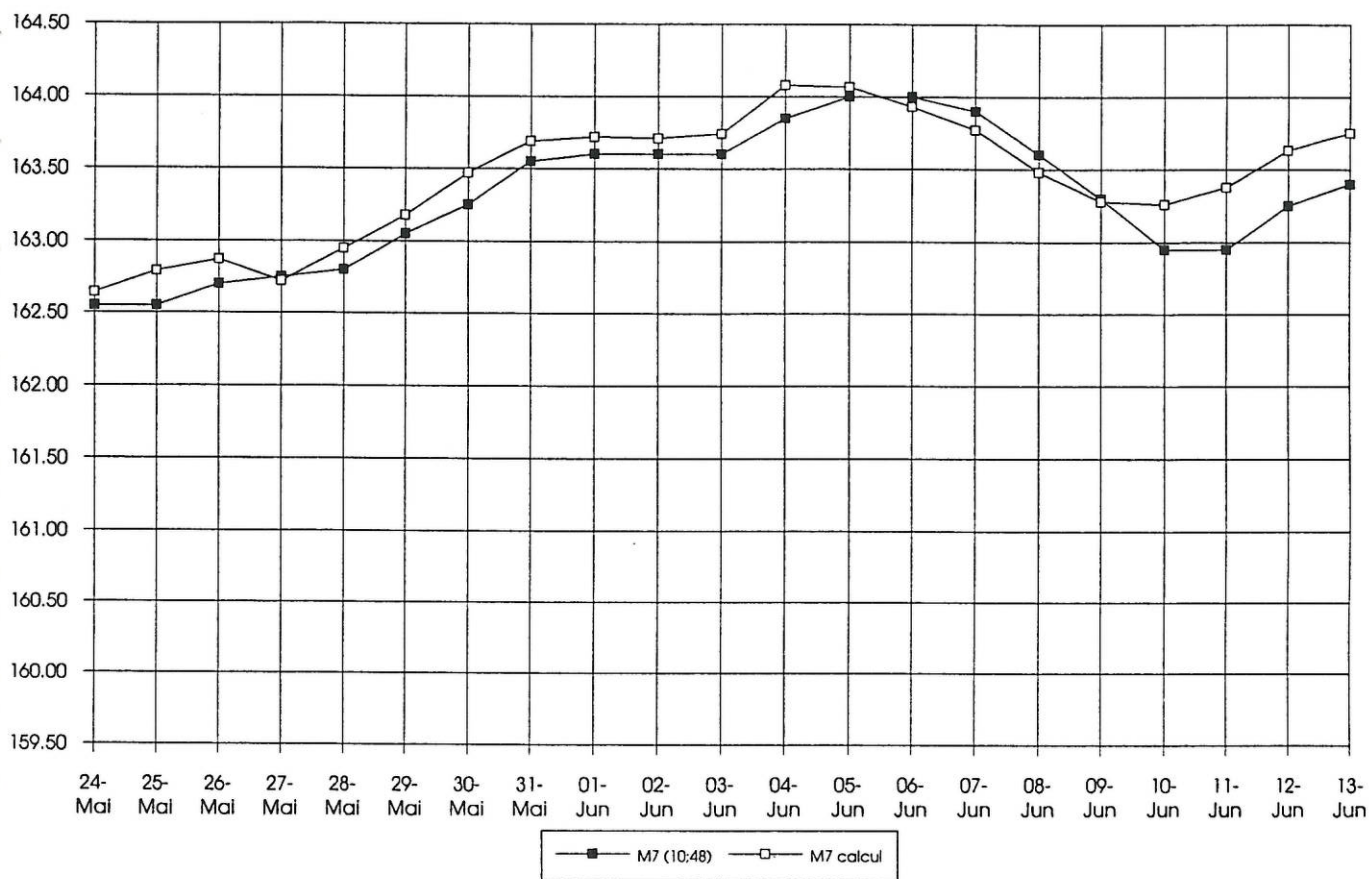
PDT 2

— 162,0
 — 163,0
 — 164,0

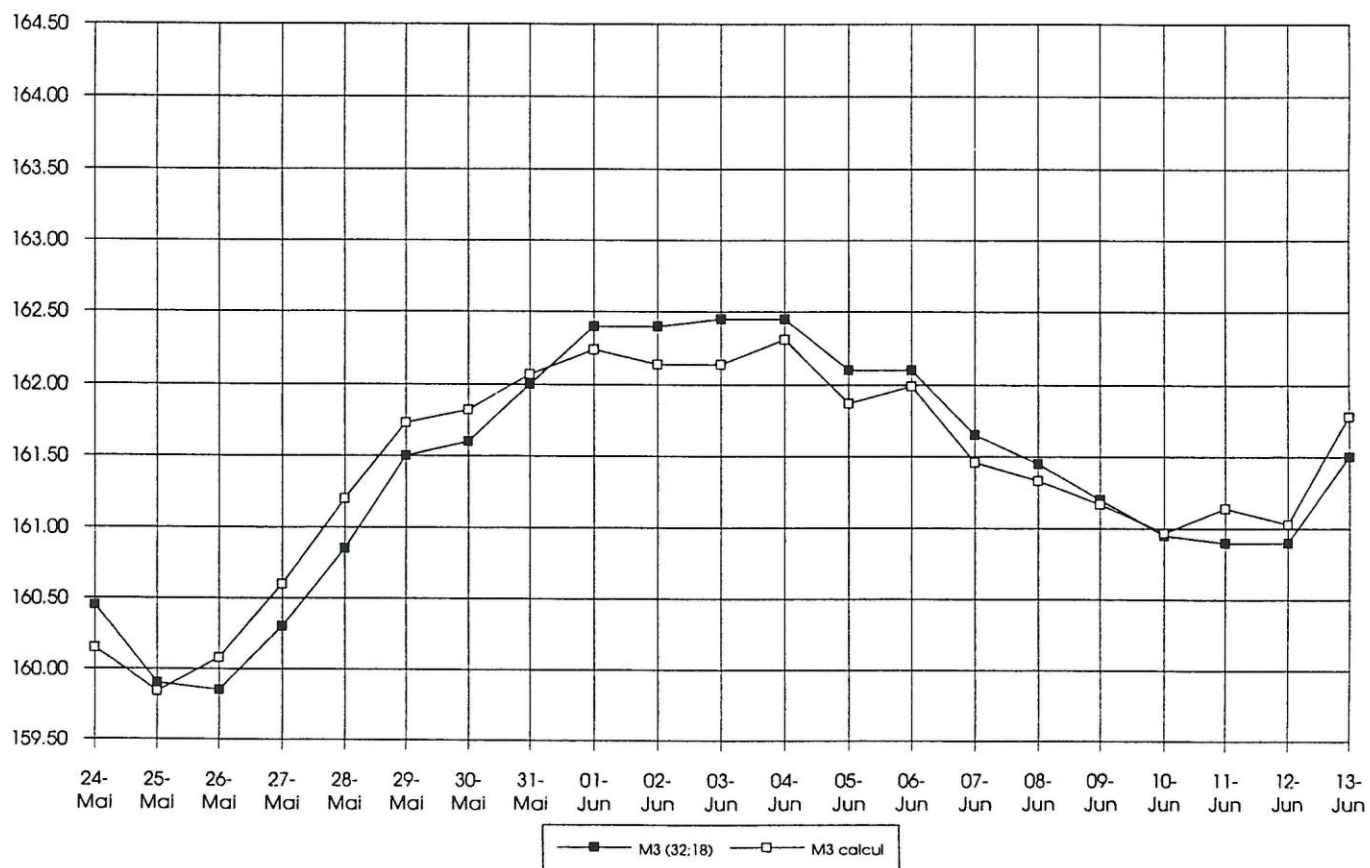
ANNEXE A2

**Exemples de suivis piézométriques
durant les phases de réalimentation des bassins**

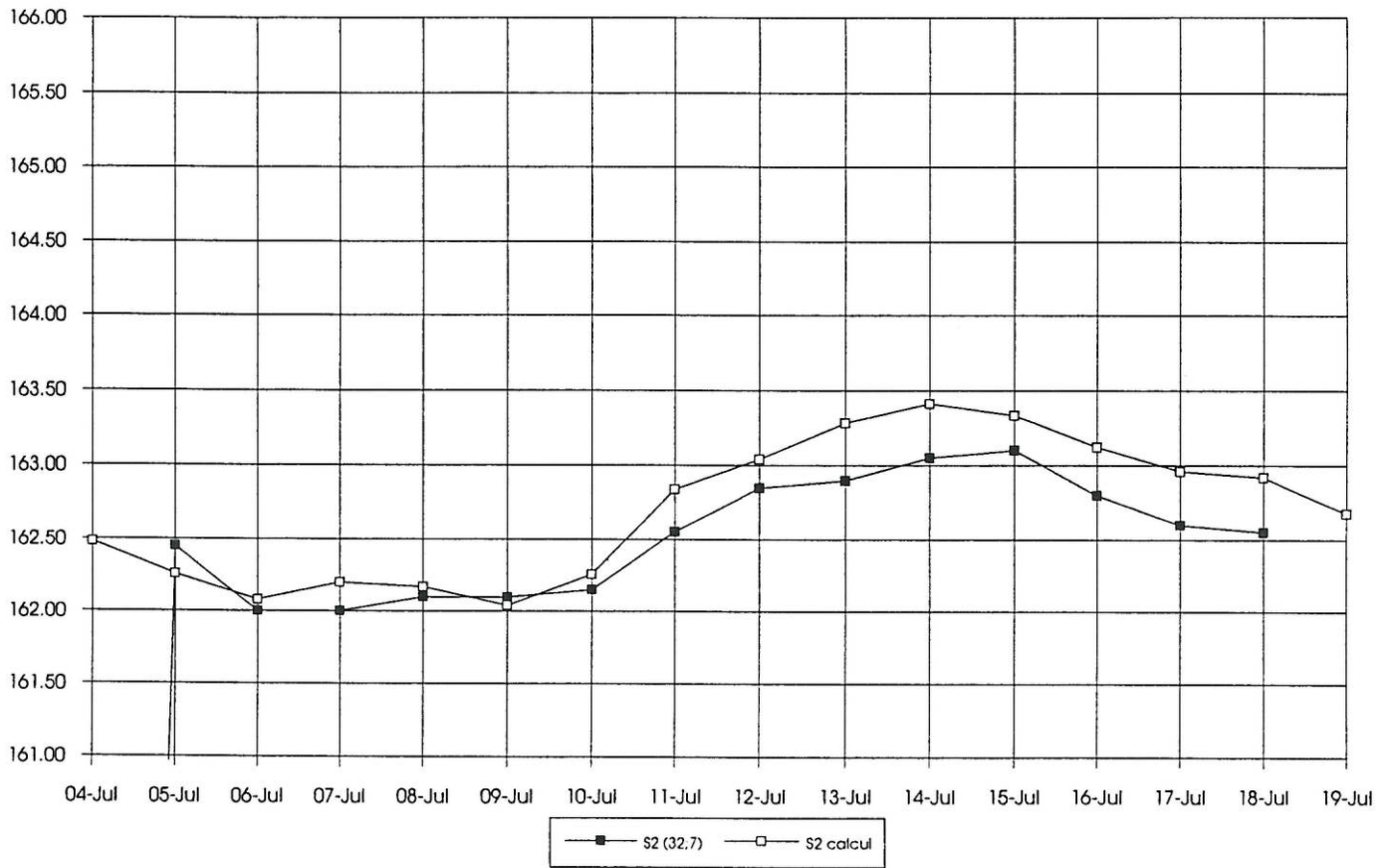
M7_E1.XLC



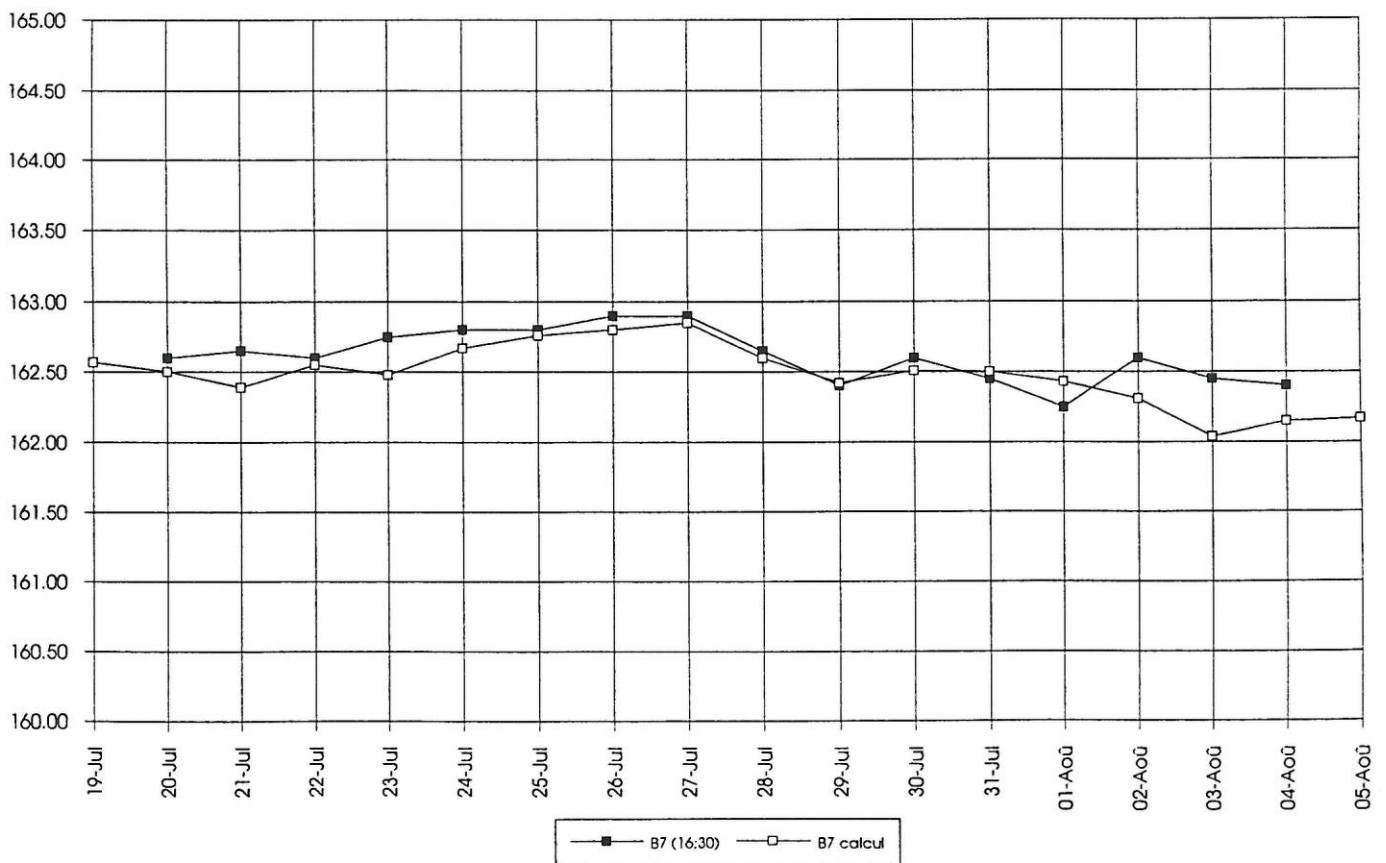
M3_E1.XLC



S2_E3.XLC



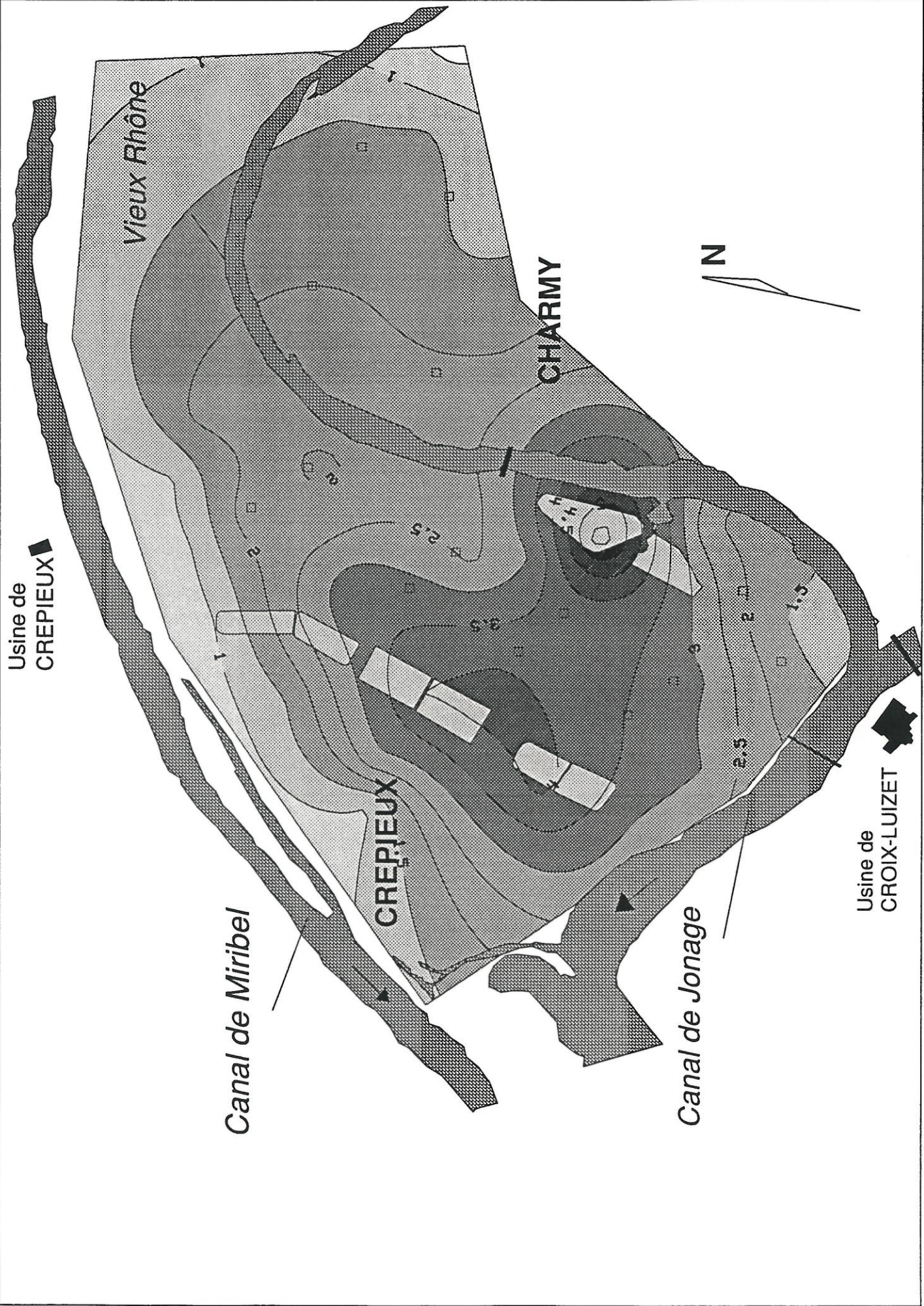
B7_E4.XLC



ANNEXE B

CARTE DE L'EFFICACITE GLOBALE THEORIQUE

(Cf. § 3.1.)



ANNEXE C

CARTE DES TEMPS DE TRANSFERT

Simulation 1

(Cf. § 3.2.2.4.)

Temps de transfert
2 jours
3,5 jours
7 jours
10 jours
15 jours
35 jours

ANNEXE D

TRANSECTS NW-SE

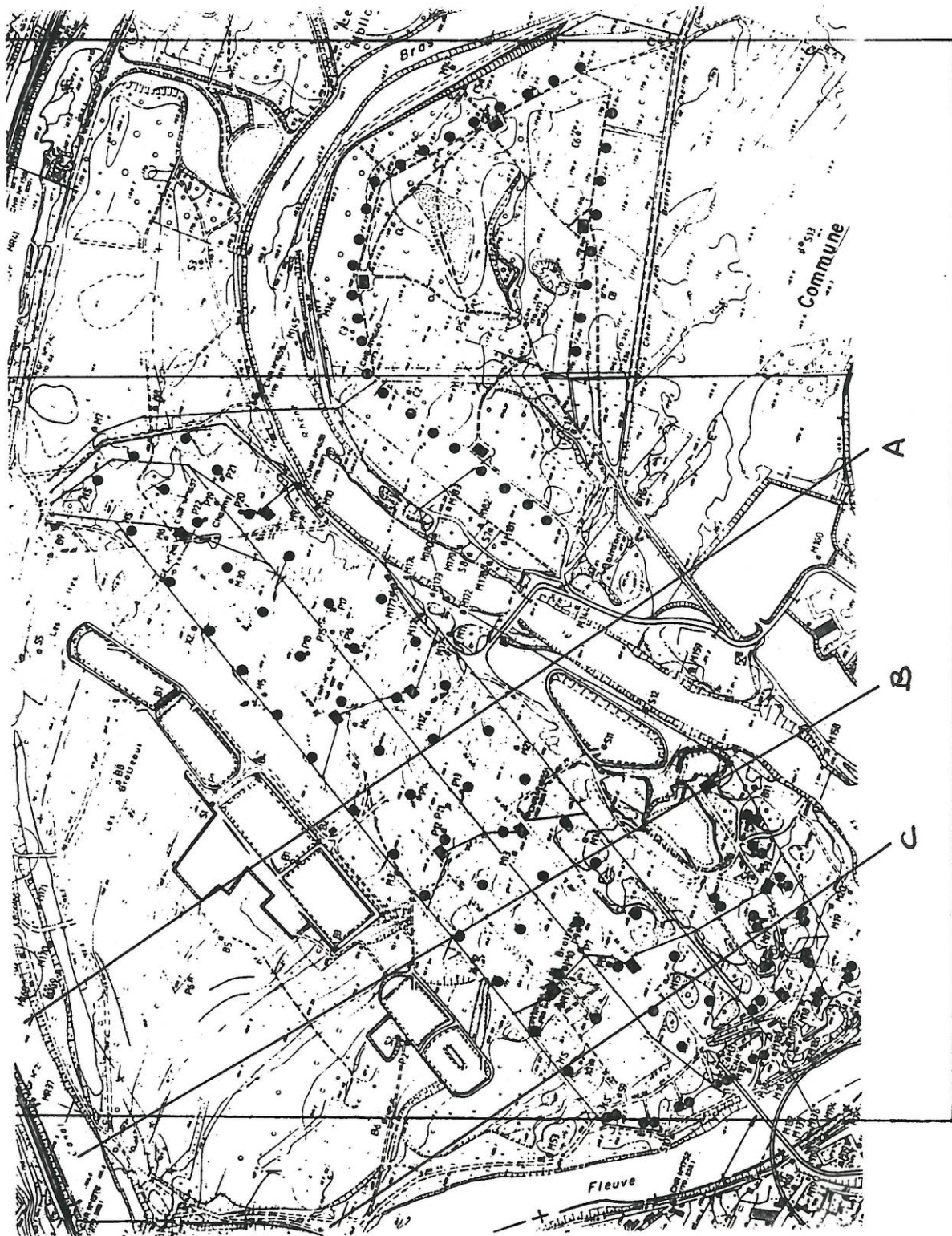
D1 : Carte de situation

D2 : Etats permanents (S1 et S2)

D3 : Evolutions de la piézométrie après arrêt général de l'alimentation des bassins (transitoires)

ANNEXE D1

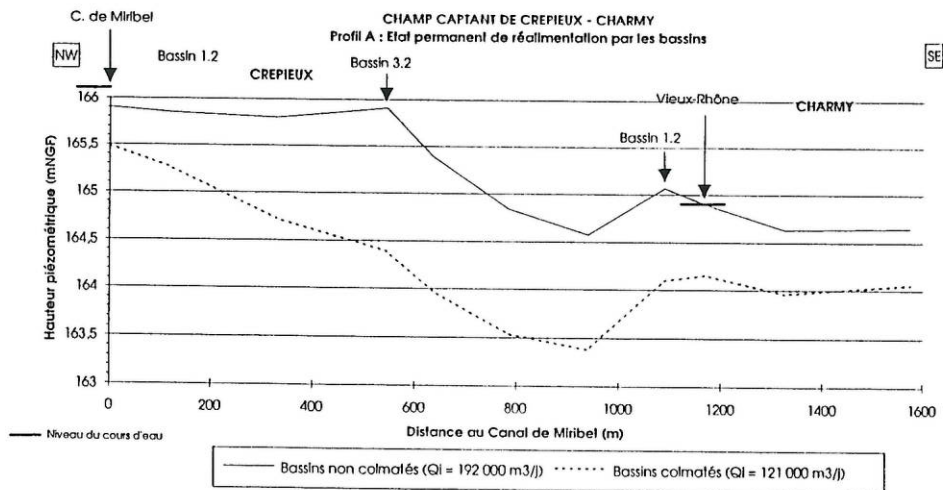
Carte de situation



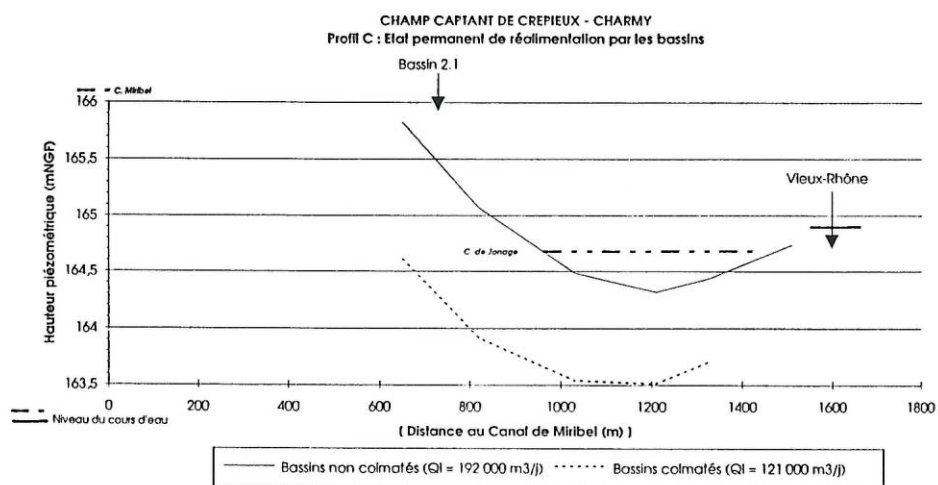
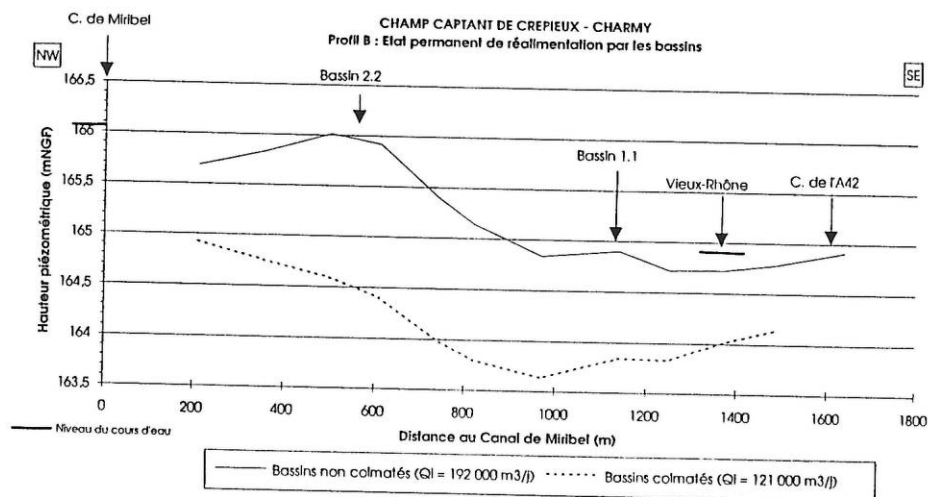
ANNEXE D2

Etats permanents : S1 et S2

(Cf. § 3.2.2.5. et 3.3.2.4.)



BURGÉAP



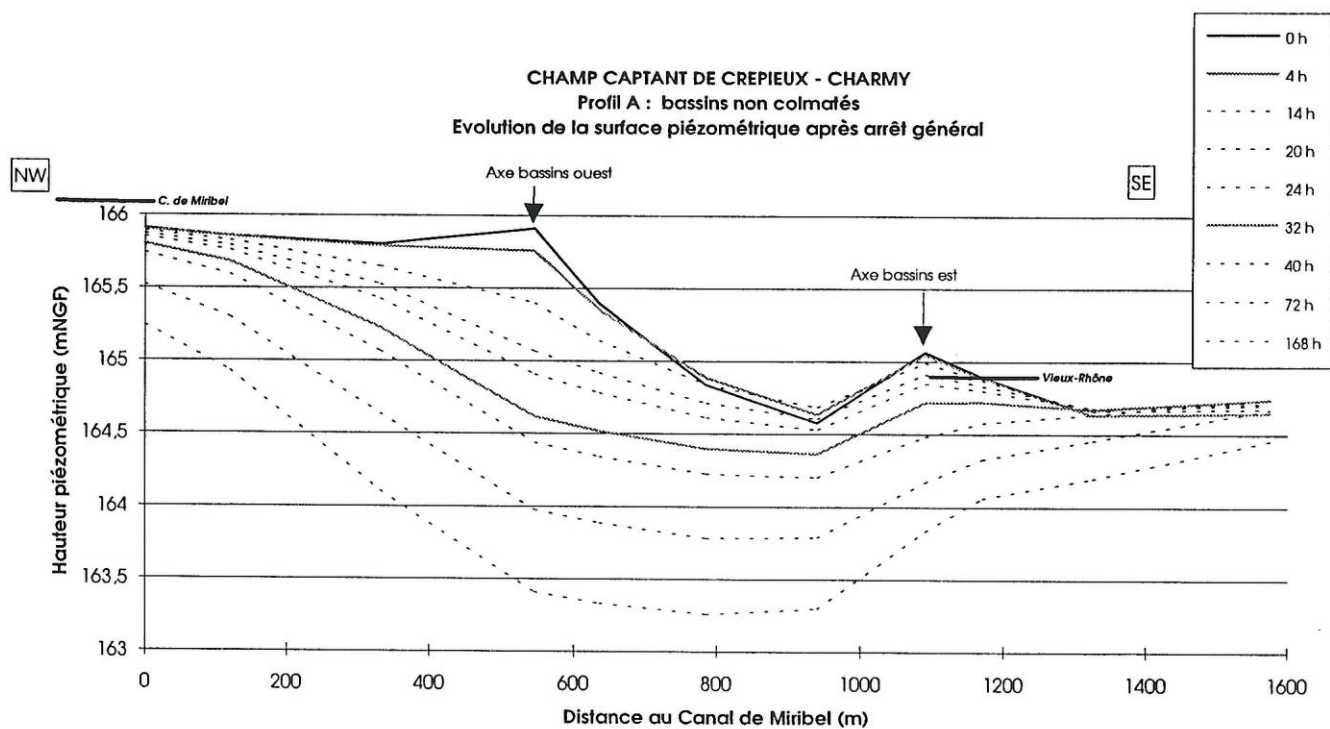
BURGÉAP

ANNEXE D3

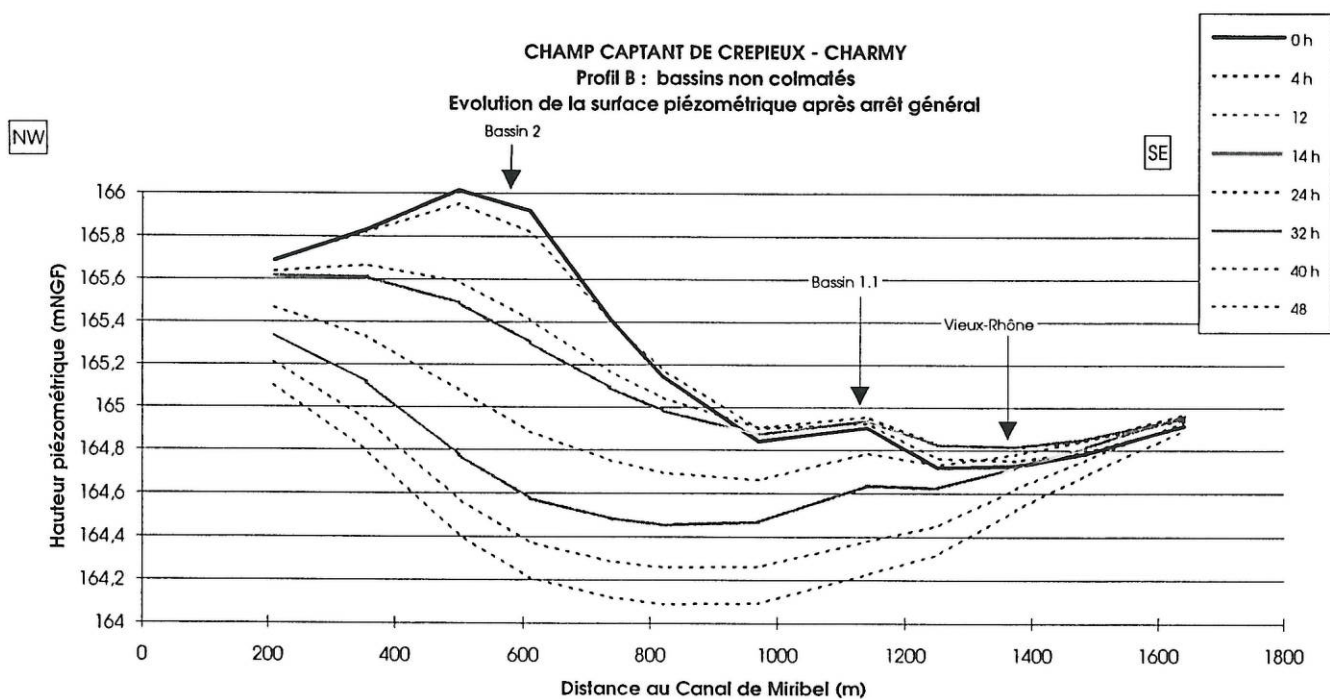
**Evolutions de la piézométrie
après arrêt général de l'alimentation des bassins (transitoires) :**

bassins non colmatés et bassins colmatés

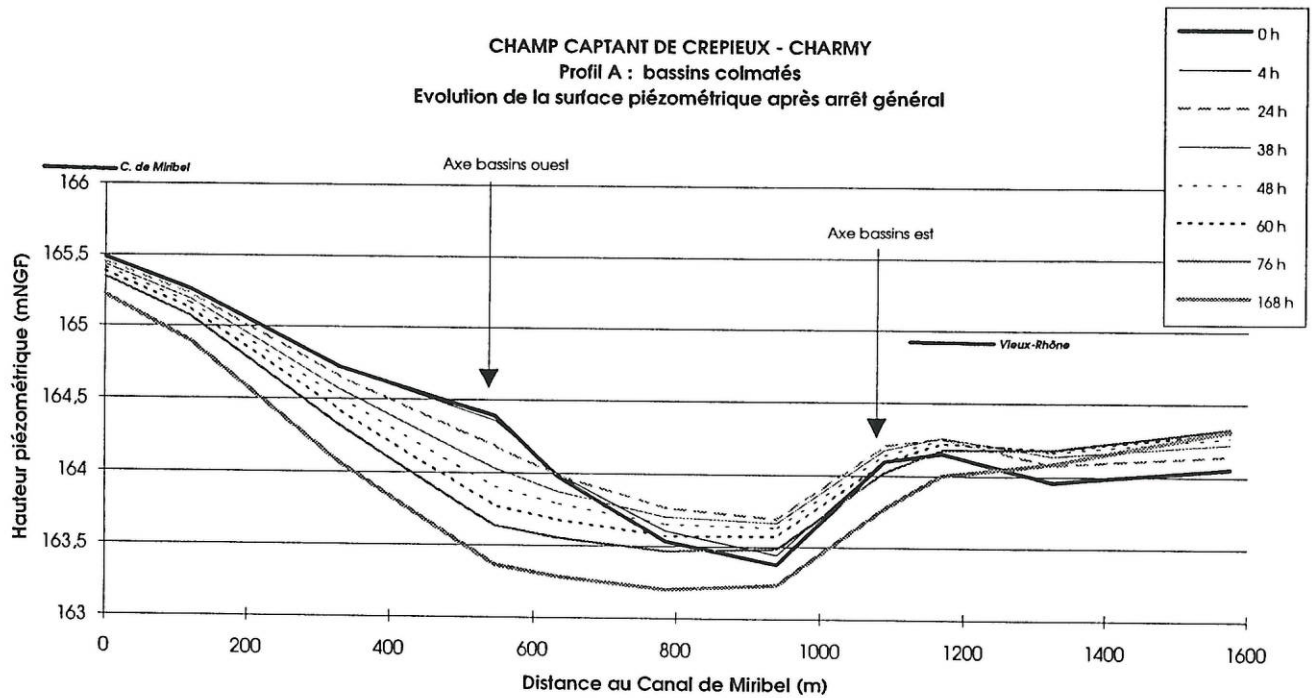
(Cf. § 3.2.3.5. et 3.3.3.2.)



BURGÉAP

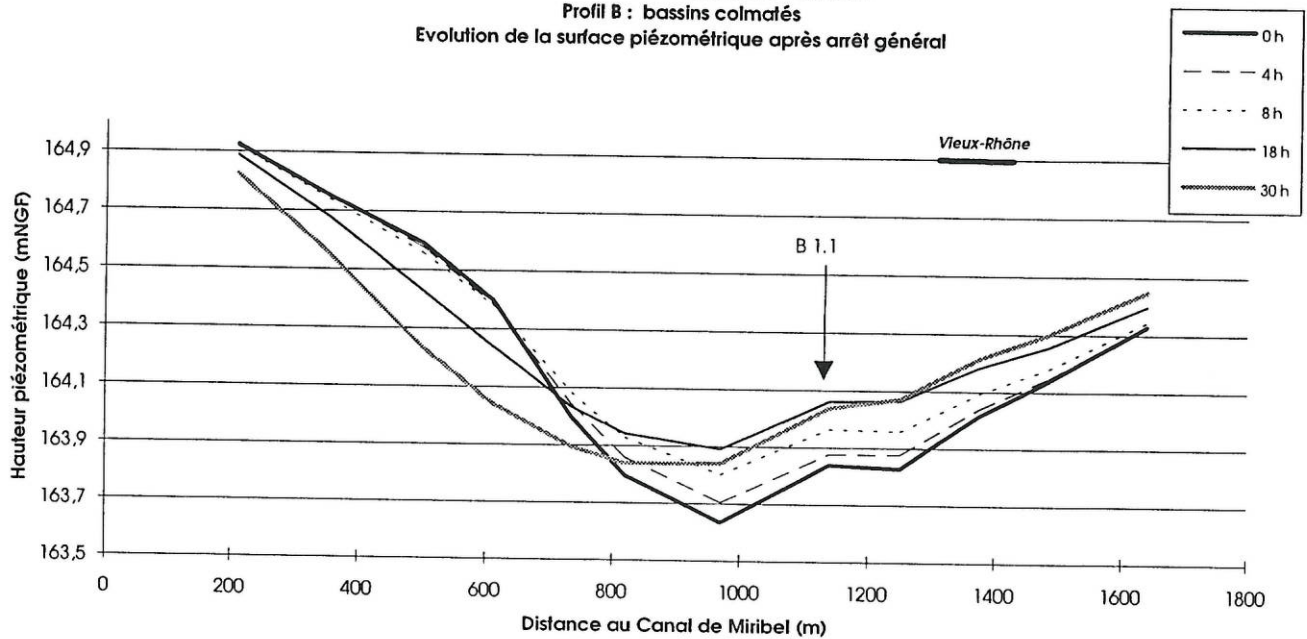


CHAMP CAPTANT DE CREPIEUX - CHARMY
 Profil A : bassins colmatés
 Evolution de la surface piézométrique après arrêt général



BURGÉAP

CHAMP CAPTANT DE CREPIEUX - CHARMY
 Profil B : bassins colmatés
 Evolution de la surface piézométrique après arrêt général



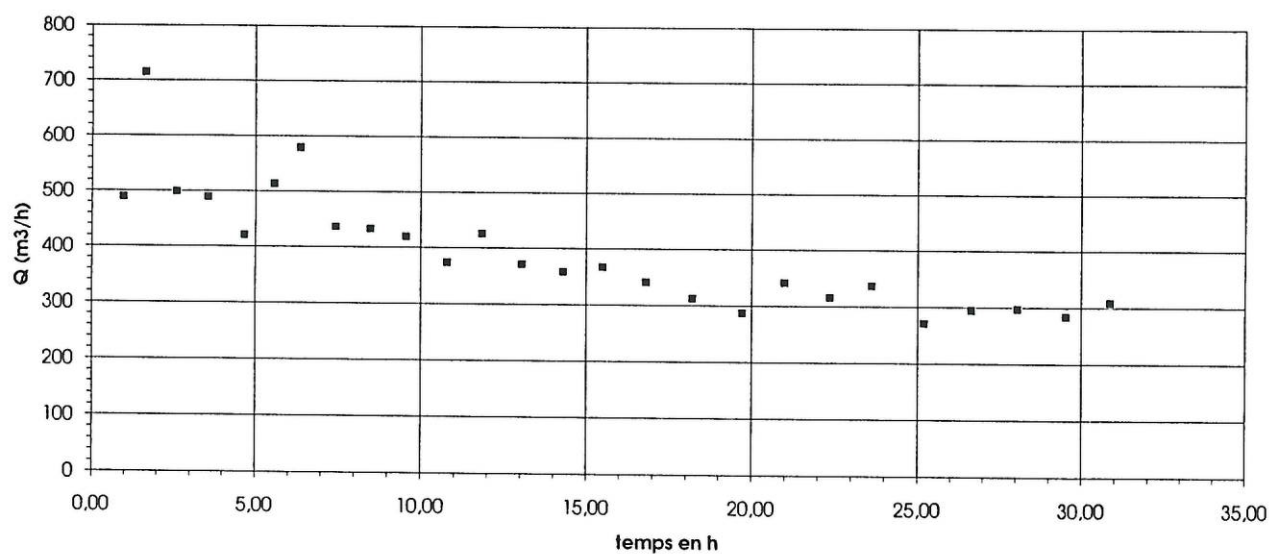
BURGÉAP

ANNEXE E

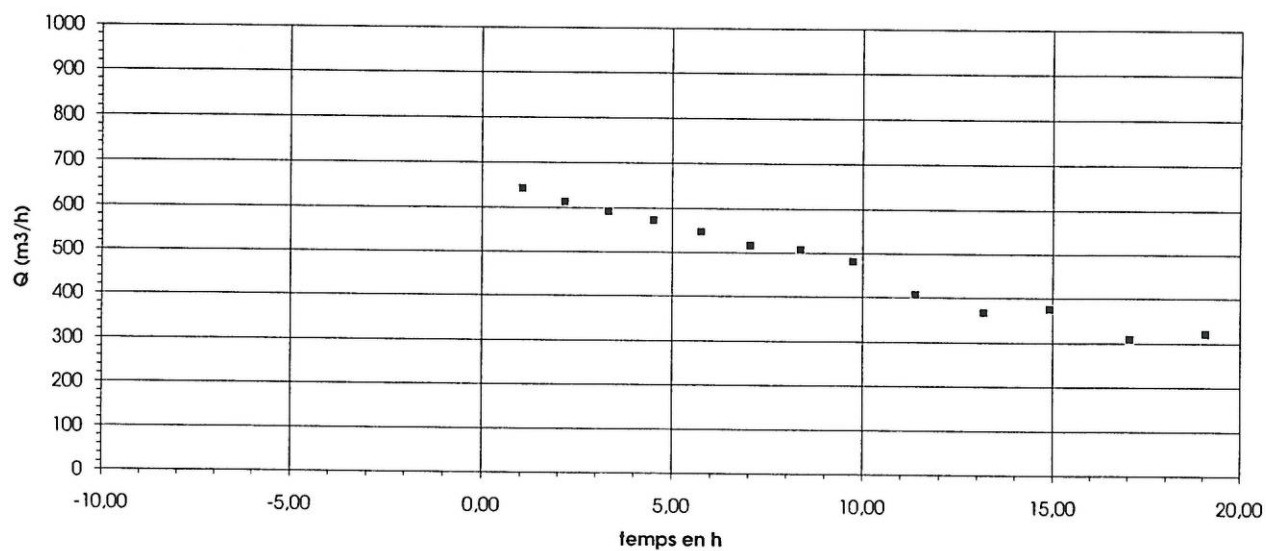
COURBES DE TARISSEMENTS DES BASSINS

(Cf. § 3.2.3.2.)

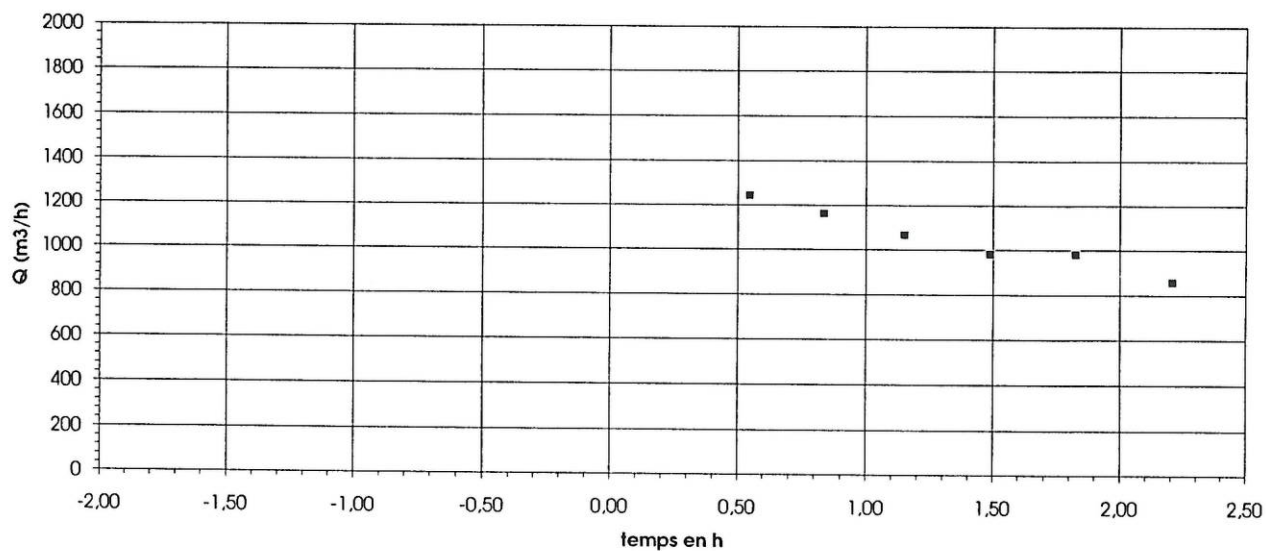
COURBE DE TARISSEMENT DU BASSIN B11
Charge en $t_0 = 1,52$ m



COURBE DE TARISSEMENT DU BASSIN B12
Charge en $t_0 = 0,85$ m

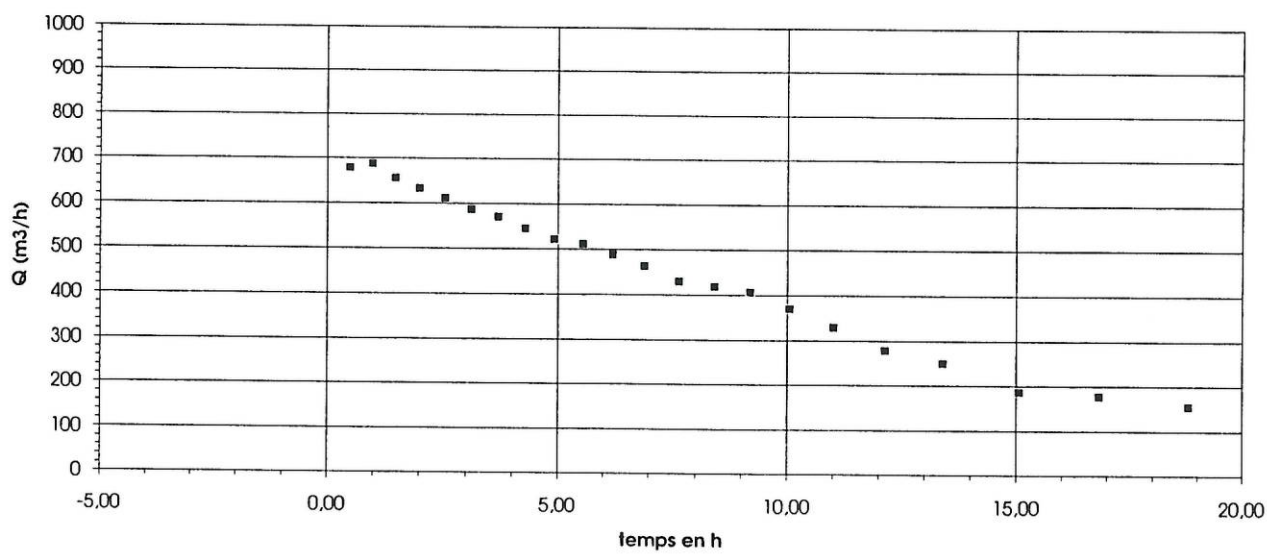


COURBE DE TARISSEMENT DU BASSIN B21
Charge en $t_0 = 0,55 \text{ m}$

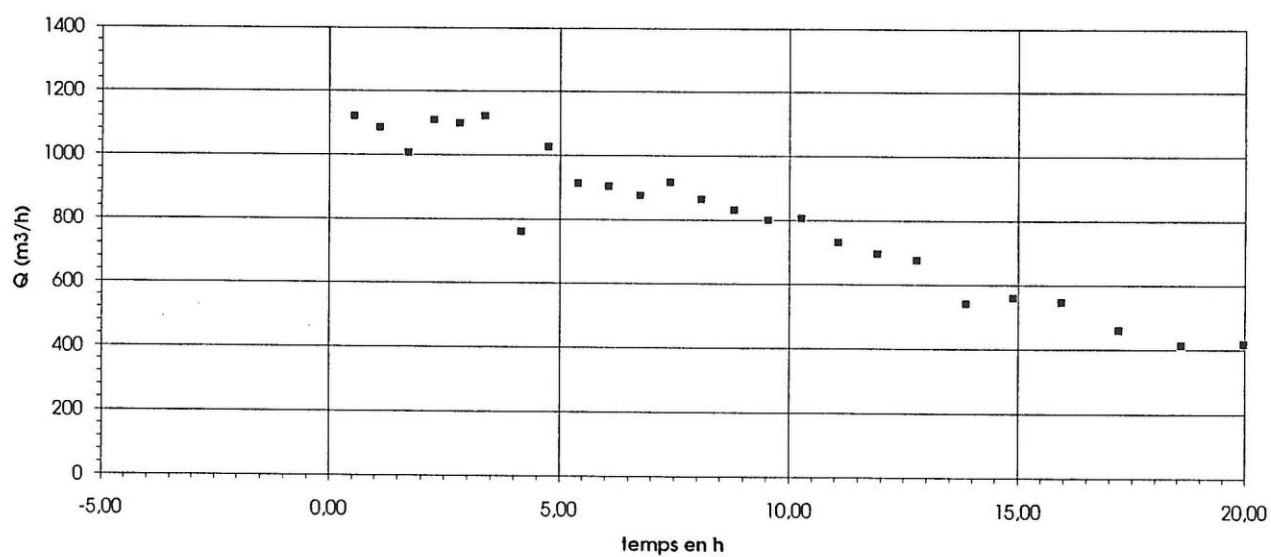


BURGÉAP

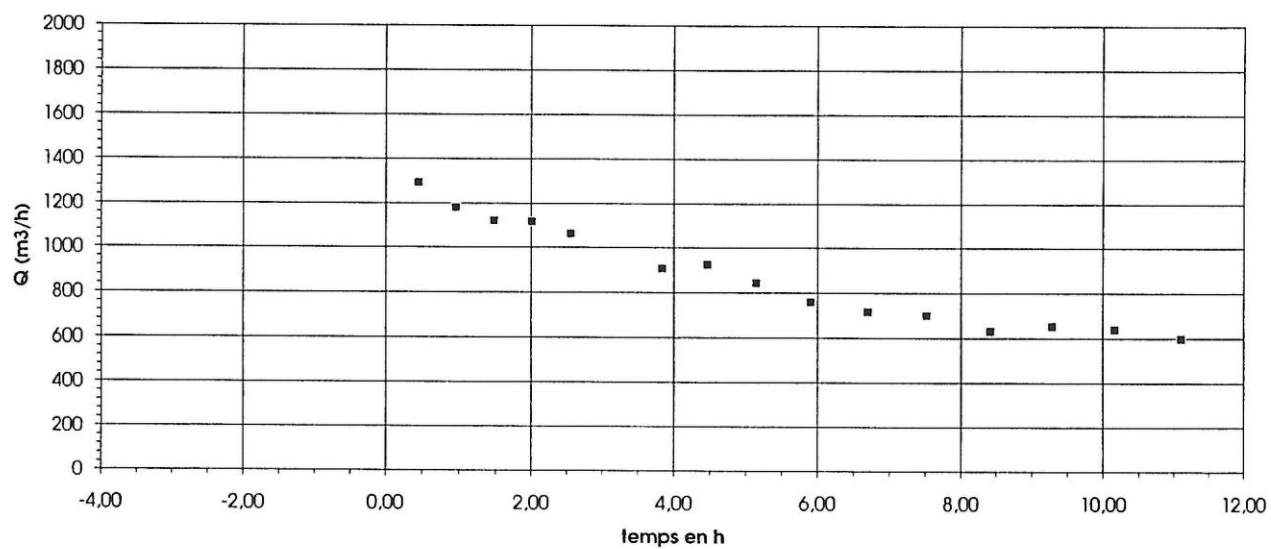
COURBE DE TARISSEMENT DU BASSIN B22
Charge en $t_0 = 1,32 \text{ m}$



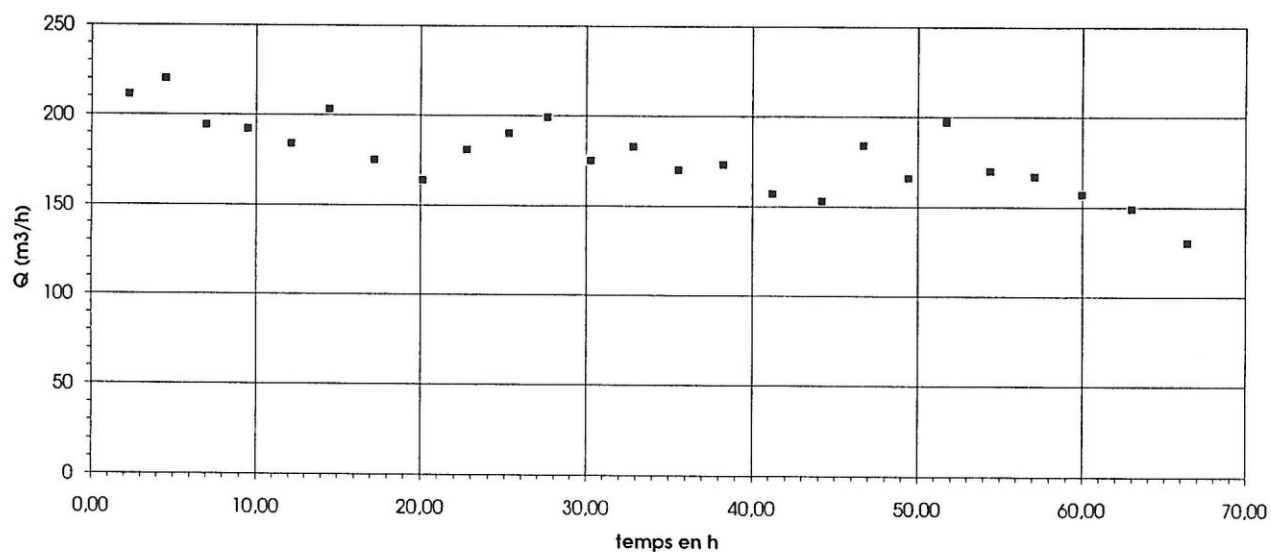
COURBE DE TARISSEMENT DU BASSIN B31
Charge en $t_0 = 1,45$ m



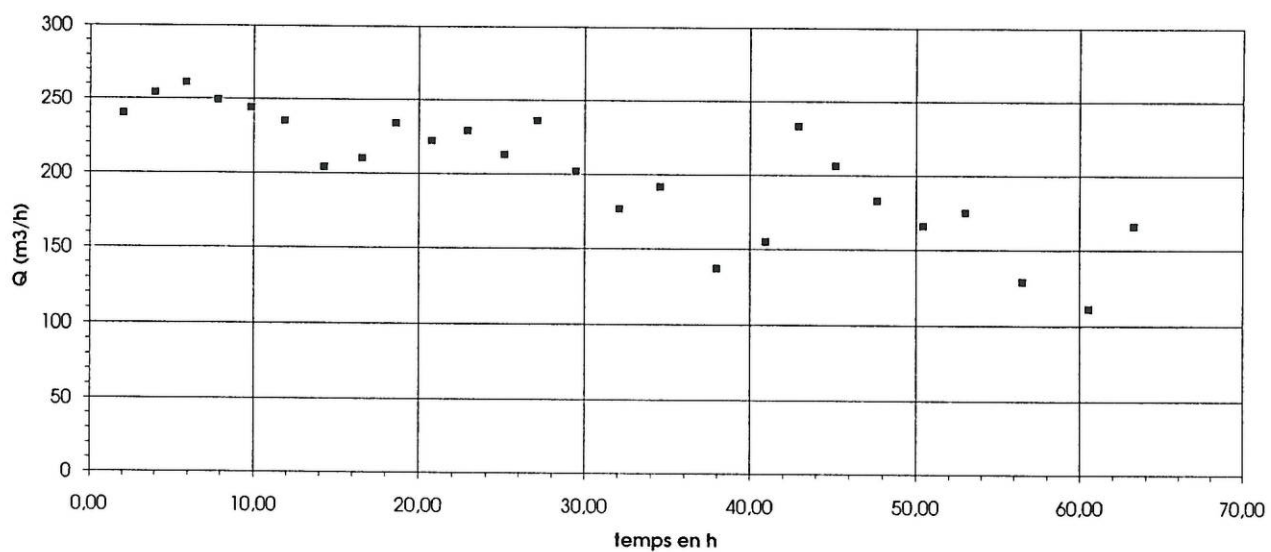
COURBE DE TARISSEMENT DU BASSIN B32
Charge en $t_0 = 1,02$ m



COURBE DE TARISSEMENT DU BASSIN B41
Charge en $t_0 = 1,48$ m



COURBE DE TARISSEMENT DU BASSIN B42
Charge en $t_0 = 1,51$ m

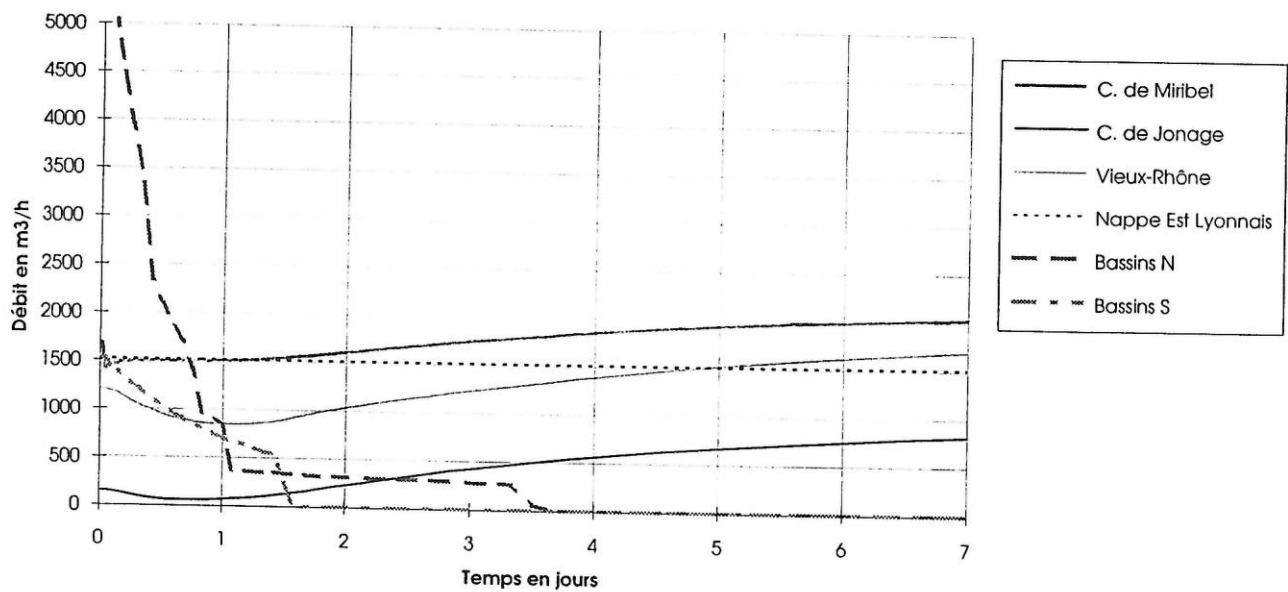


ANNEXE F

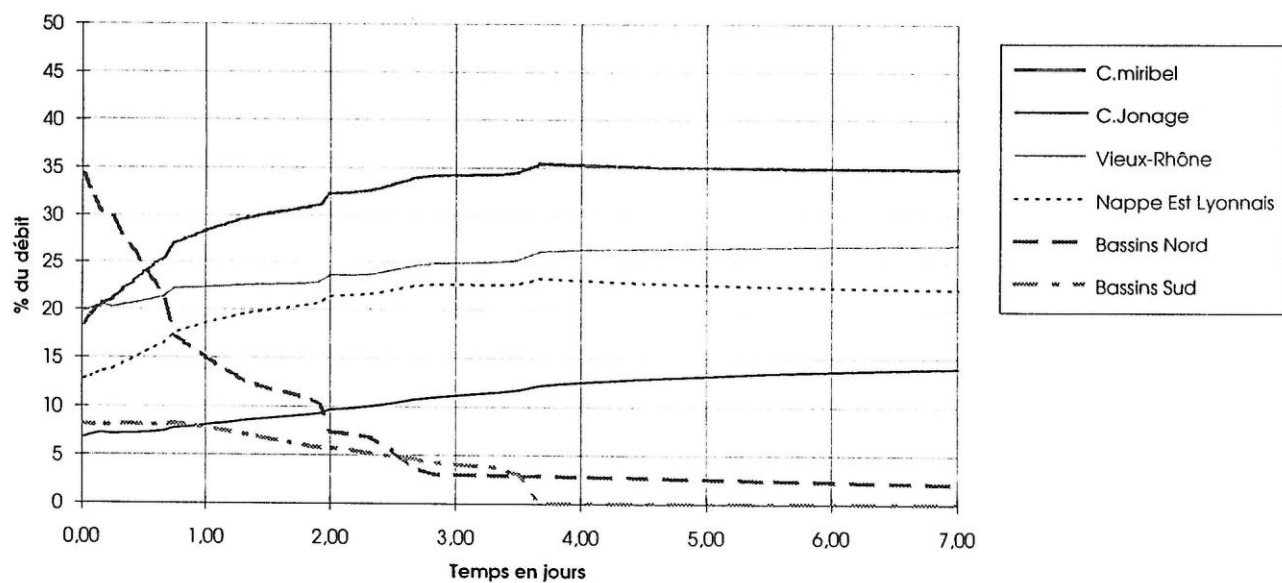
**SUIVI DU BILAN DES DEBITS D'ALIMENTATION
APRES ALERTE ET ARRET DE L'ALIMENTATION DES BASSINS**

(Cf. § 3.2.3.4. et 3.3.3.3.)

Suivi du bilan des débits d'alimentation après alerte
Simulation S1 (bassins non colmatés)



Suivi du bilan des débits d'alimentation après alerte
Simulation S2 (bassins colmatés)



Suivi du bilan des débits d'alimentation après alerte
Simulation S2 (bassin colmatés)

