



**UNION NATIONALE DES PRODUCTEURS DE
GRANULATS ALSACE**

ANALYSE DE L'IMPACT DES FINES DE LAVAGE DES GRANULATS DANS LES GRAVIERES EN EAU EN ALSACE

Mémoire basé sur le rapport de stage réalisé par

Fabrice AUBENEAU

Présenté et soutenu le jeudi 26 septembre 2002

Dans le cadre du

**Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées
Analyses Biologiques et Chimiques,
option Analyses des Eaux, Sols et Atmosphère**

UNIVERSITE LOUIS PASTEUR DE STRASBOURG



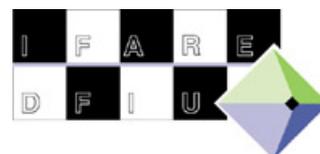
Rapport de stage commandé par

UNPG Alsace

réalisé en collaboration avec

IFARE

du 2 avril au 27 septembre 2002



Synthèse

L'étude sur le recyclage des eaux de lavage des granulats et l'impact des MES (Matières En Suspension) dans les gravières d'Alsace a été commandée par l'Union Nationale des Producteurs de Granulats d'Alsace et réalisée en collaboration étroite avec l'IFARE.

Cette étude a pour objet de déterminer les impacts éventuels que peuvent avoir les fines rejetées suite à un traitement naturel par bassin ou tout autre procédé.

L'étude s'est faite en intégrant les données recueillies sur 14 gravières représentatives de l'industrie du granulat en Alsace.

Le système de traitement des eaux par décantation naturelle est utilisé par plus de 90% des exploitations en Alsace ; il conduit à un recyclage satisfaisant du point de vue de la préservation des ressources en eau de la nappe et de leur qualité, à condition d'inclure une réflexion sur les bassins ; dimensionnement des bassins, nombre de bassins, fréquence de curage... sont autant de points indispensables à prendre en compte.

D'après la bibliographie, le manteau de colmatage apparaît peu ou pas sur les berges dès lors que la pente est supérieure à 20% (soit 1 pour 5). La profession en Alsace assure la stabilité des berges avec des pentes de 40% (soit 1 pour 2,5), ce qui permet de conclure raisonnablement à une absence de colmatage des berges.

L'effet de berge, dû à un manque d'oxygénation de l'eau et responsable de l'augmentation locale en bord de gravière des concentrations en fer et manganèse, n'est pas caractéristique d'une activité anthropique.

La zone d'influence des rejets de fines dans le plan d'eau est très limitée, n'occasionnant que peu ou pas de dommage à la faune et à la flore du plan d'eau. De plus, le dépôt de fines peut être à l'origine de la formation de milieux biologiques spécifiques (roselières, jeunes saulaies...) constituant un milieu de nidification et d'alimentation pour de nombreux oiseaux d'eau.

Les filières d'évacuation des fines dans l'hypothèse d'une généralisation du recyclage par floculation (réaménagement, valorisation...) ne peuvent être considérées que comme ponctuelles et limitées, et pourraient difficilement accepter de manière pérenne une telle production de fines.

Sommaire

LISTE DES ABREVIATIONS	I
LISTE DES TABLEAUX	II
LISTE DES ANNEXES	III
INTRODUCTION	1
I/ PRESENTATION DU CADRE DE L'ETUDE	2
I.1/ Les particularités alsaciennes	2
I.1.1. <i>L'exploitation du gisement alluvionnaire en Alsace</i>	2
I.1.2. <i>La nappe phréatique rhénane</i>	4
I.2/ Historique de la législation applicables aux gravières en alsace	5
I.3/ Le traitement des eaux de lavage des granulats par décantation naturelle	7
I.3.1. <i>Procédé</i>	7
I.3.2. <i>Les systèmes existants</i>	8
I.4/ Les Objectifs et les moyens de l'étude	8
I.4.1. <i>Les moyens mis en œuvre dans le cadre de l'étude</i>	9
DEPARTEMENT	9
I.4.2. <i>Les caractéristiques des systèmes de traitement</i>	9
SYSTEME DE TRAITEMENT ULTIME	10
II/ L'IMPACT DES FINES DE LAVAGE DES GRANULATS	11
II.1/ Caractérisation des fines	11
II.1.1. <i>Nature et provenance</i>	11
II.1.2. <i>Effets des fines dans un cadre général</i>	11
II.1.3. <i>Composition des rejets de fines</i>	11
II.2/ Influence des fines sur la qualité des eaux phréatiques	12
II.2.1. <i>La qualité des eaux de lavage des granulats</i>	12
II.2.2. <i>L'effet de berge</i>	13
II.2.3. <i>Suivi de la qualité des eaux de la nappe</i>	14
II.3/ Colmatage du plan d'eau	14
II.3.1. <i>Processus du colmatage</i>	14
II.3.2. <i>Modélisation de l'impact hydrodynamique du colmatage</i>	15
II.3.3. <i>Le colmatage dans les gravières alsaciennes</i>	16

II.4/	Impact sur la faune et la flore	17
II.4.1.	<i>Zone d'impact des fines</i>	17
II.4.2.	<i>Conséquence sur la faune</i>	17
II.4.3.	<i>Création de zones humides</i>	18
III/	FILIERE D'EVACUATION DES FINES DE LAVAGE	19
III.1/	La récupération de la fraction fine par decantation naturelle	19
III.2/	Valorisation des fines	19
III.2.1.	<i>Une valorisation limitée</i>	19
III.2.2.	<i>Gestion des excédents</i>	20
III.3/	Réaménagement du site	20
III.3.1.	<i>Création et gestion de vasières</i>	20
III.3.2.	<i>Création de roselière</i>	21
	CONCLUSION	22
	BIBLIOGRAPHIE	23

LISTE DES ABREVIATIONS

BRGM :	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CEMAGREF:	Centre d'Etude du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts
CET :	Centre d'Enfouissement Technique
CNC :	Comité National de la Charte
DRIRE :	Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement
ENCEM :	Environnement, Carrières Et Matériaux
ICPE :	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IFARE :	Institut Franco-Allemand de Recherche sur l'Environnement
LPO :	Ligue de Protection des Oiseaux
MATE :	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
MES(T) :	Matières En Suspension (Totales)
ONF :	Office National de la Forêt
SDAGE :	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDC :	Schéma Départemental des Carrières
UNICEM :	Union Nationale des Industries des Carrières Et Matériaux de construction
UNPG :	Union Nationale des Producteurs de Granulats
URPG :	Union Régionale des Producteurs de Granulats
ZERC :	Zone d'Exploitation et de Réaménagement Coordonnés des Carrières

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Exploitation du granulat en Alsace	4
Tableau 2 : Surface et profondeur des exploitations	4
Tableau 3: Sites sélectionnés dans le cadre de l'étude	9
Tableau 4 : Traitement des eaux sur les sites sélectionnés	10
Tableau 5 : Agents responsables des trois processus de colmatage [SINOQUET (1987)]	15
Tableau 6 : Prélèvements d'eau de surface à 50 mètres du rejet	17

LISTE DES ANNEXES

- Annexe n°1 : Les matériaux de construction en Alsace – année 2001
- Annexe n°2 : L'exploitation alluvionnaire en Alsace
- Annexe n°3 : Les sites représentatifs retenus
- Annexe n°4 : L'impact hydrodynamique d'une gravière

INTRODUCTION

L'étude sur le recyclage des eaux de lavage des granulats et l'impact des fines dans les gravières d'Alsace a été commandée par l'Union Nationale des Producteurs de Granulats d'Alsace et réalisée en collaboration avec l'IFARE.

Le traitement des granulats par voie humide est une technique nécessaire pour deux raisons :

- répondre aux critères de propreté de plus en plus sévères exigés pour les différentes utilisations ;
- réaliser des coupures de faible granulométrie et une bonne classification des sables.

Ce lavage nécessite l'utilisation de quantités importantes d'eau qui, en sortie des installations de traitement, sont chargées en fines (fraction inférieure à 80 μm) ; en Alsace, ces eaux sont rejetées majoritairement dans le plan d'eau de la carrière après traitement par bassin.

Cette étude a pour objet de déterminer les impacts éventuels sur le milieu naturel que peuvent avoir les fines rejetées suite à une décantation naturelle.

A cette fin, la présente étude déterminera les impacts de ces fines sur le milieu naturel dans un système de traitement des eaux par décantation naturelle et répertoriera différentes filières d'évacuation des fines de lavage.

I/ PRESENTATION DU CADRE DE L'ETUDE

I.1/ LES PARTICULARITES ALSACIENNES

I.1.1. L'exploitation du gisement alluvionnaire en Alsace

I.1.1.1. L'identité géologique de la plaine d'Alsace

La plaine d'Alsace est le résultat d'un mécanisme de graben d'âge tertiaire, contemporain à l'orogénèse alpine. Suite à la surrection du Sundgau, il y a deux millions d'années, le Rhin, qui s'écoulait vers le bassin méditerranéen, s'est détourné de son cours pour emprunter le fossé alsacien préexistant, jusqu'à la Mer du Nord.

Au cours du Quaternaire, et du Würm en particulier, le Rhin a ensuite charrié d'énormes quantités de matériaux, qui se sont déposés sur les marnes oligocènes imperméables mises en place par les mers qui ont précédé le fleuve à l'ère tertiaire.

Le soubassement de la Bande Rhénane Nord est ainsi constitué par une succession de séries détritiques de nature silico-calcaire arrachées au massif alpin, et déposées par le Rhin.

L'aquifère rhénan, constitué par les dépôts détritiques du Rhin et des rivières vosgiennes, s'étend dans la partie française de la plaine du Rhin sur environ 2 590 km², soit environ le tiers de la superficie de la région.

Le gisement est estimé à environ 200 milliards de m³ de matériaux. L'accumulation des alluvions s'est fait sur des épaisseurs considérables et variables : 50 m près de Bâle, 100 à 150 m au Nord de Mulhouse, 250 m près de Neuf-Brisach, 195 à l'Est de Sélestat, 80 m à Strasbourg, 35 m à Lauterbourg, la puissance maximale connue étant de 382 m à Heidelberg.

« En ce qui concerne la qualité du matériau dans le gisement, la fraction grossière (galets et graviers) prédomine généralement sur les sables. Elle est constituée de roches dures, principalement originaires des Alpes (quartzites), selon un plus faible pourcentage du Jura (calcaires) et de façon plus accessoire des Vosges et de la Forêt Noire (granites, gneiss, roches volcaniques). Originaires de la plaine molassique Suisse, la fraction sableuse (grain médian 0,15 à 0,5 mm) est principalement quartzreuse, calcaire (jusqu'à 25 %) et contient un peu de mica, en particulier de la chlorite. » [Schéma Départemental des Carrières du Bas-Rhin (1999)].

La courbe granulométrique type du fossé rhénan présente les caractéristiques suivantes :

- très peu d'éléments fins inférieurs à 80 µm et à 160 µm, 0,5 à 3 %, avec une nette augmentation de cette fraction avec la profondeur,
- un palier horizontal entre 0,5 et 2 mm (très peu d'éléments de grosseur comprise entre 1 et 2 mm).

Des variations peuvent apparaître toutefois localement. Fonction de la pente du fleuve, et de l'éloignement progressif par rapport à son entrée dans le fossé rhénan, une sédimentation différentielle apparaît entre le Nord et le Sud de la plaine d'Alsace. Les granulométries plus grossières, galets et cailloux de tailles décimétriques abondent au Sud de la plaine, alors que les granulométries plus fines, transportées sur de longues distances dominent au Nord :

- 200 mm au Sud de l'Alsace,
- 80/100 mm vers Marckolsheim,
- 30 mm au Nord du département du Bas-Rhin.

Le gisement alluvionnaire rhénan est le siège de la plus importante nappe phréatique d'Europe.

I.1.1.2. Historique de l'exploitation en plaine d'Alsace

L'extraction du matériau est passée peu à peu d'un stade artisanal à un stade industriel :

- avant 1939, le travail effectué de façon manuelle a évolué vers l'excavation avec un godet tracté le long d'un câble à de faibles profondeurs. Ces chantiers étaient liés à la réalisation de grands travaux et par conséquent ouvert à proximité immédiate des ouvrages.
- de 1945 à 1962, avec l'énorme demande en matériaux durant la période qui a suivi la Seconde Guerre Mondiale, les lieux d'extraction se sont multipliés et les exploitants ont commencé à mécaniser leurs sites avec du matériel mieux adapté : drague, chargeur, installation de traitement... L'exploitation était conduite à des profondeurs de 3 à 10 mètres en descendant souvent sous le niveau de la nappe.
- depuis 1962, sous l'effet d'une demande croissante, les implantations de gravières se sont multipliées, utilisant d'importants moyens techniques et financiers et pratiquant à l'échelle industrielle. Les exploitations visent désormais une optimisation du gisement, d'où des profondeurs importantes.

I.1.1.3. L'industrie du granulat en Alsace

En 1998, d'après les données de l'UNICEM-Alsace, les carrières et les gravières occupaient 42,31 km² dans la région (23,83 km² dans le Bas-Rhin et 18,48 km² dans le Haut-Rhin), ce qui représentait 0,5 % de la superficie de l'Alsace et 1,5 % de la superficie de la plaine d'Alsace.

En 1997, selon les données recueillies auprès de la DRIRE, la répartition des entreprises s'effectuait de la façon suivante :

	Nombre d'exploitations
Bas-Rhin Sables et graviers en gisement alluvionnaire en eau	61
Haut Rhin Sables et graviers dont :	62
alluvionnaires en eau	42
alluvionnaires hors eau	20

Tableau 1 : Exploitation du granulats en Alsace

Cf. annexe n°1 : Les matériaux de construction en Alsace, Année 2001

La puissance du gisement Alsacien confère aux carrières alluvionnaires une durée d'exploitation sur un même site comparable à celle rencontrée habituellement en roches massives, tout en ayant une faible consommation annuelle d'espace étant donné les fortes profondeurs atteintes (profondeur préservant les éléments de surfaces voisins) : 20 m, 50 m, voire 80 m. Toutes ces caractéristiques font de l'Alsace une exception au niveau national.

Site	Dalhunden	la Wanzenau	Sélestat	Benfeld	Lingolsheim	Lauterbourg	Bartenheim
Surface en eau (ha)	40	28	20	18	21	100	4,5
Profondeur (m)	60	52	35 ⁽¹⁾	40	60	35	6
Site	Blotzheim	Stattmatten	Ostwald	Herrlisheim- près-Colmar	Hirtzfelden	Rumersheim- le-Haut	Baldersheim
Surface en eau (ha)	17	52	53	23	hors eau	30	10
Profondeur (m)	15	42	56	38		64	35

Tableau 2 : Surface et profondeur des exploitations

(1) 50 mètres à terme

Cf. annexe n°3 : Les sites représentatifs retenus

I.1.2. La nappe phréatique rhénane

I.1.2.1. Une ressource d'eau majeure en Alsace

La nappe phréatique rhénane est la plus importante réserve en eau souterraine d'Europe.

En Alsace, elle représente une superficie de 2 800 km² pour un volume de 40 à 50 milliards de mètres cube. Cette nappe est contenue dans les alluvions quaternaires du fossé rhénan. Sa base est constituée de roches très peu perméables, des argiles ou des marnes d'âge tertiaire.

Le toit de la nappe se situe en moyenne à quelques mètres sous le niveau du sol, cette position étant très variable :

- dans l'espace : la profondeur est de quelques centimètres dans le Ried (affleurement de la nappe) jusqu'à plus d'une dizaine de mètres dans la Hardt, entre Mulhouse et Colmar ;
- dans le temps : selon les conditions hydrologiques, l'alimentation ou le drainage de la nappe par les rivières, les prélèvements par pompage liés aux activités humaines, les battements de la nappe sont de 1 à 3 mètres en moyenne sur l'année.

De bonne qualité et facilement accessible à l'origine, l'eau de la nappe de la vallée du Rhin supérieur est disponible en quantité et permet de couvrir à elle seule près de 80 % des besoins en eau potable de part et d'autre du Rhin. Elle a contribué au développement économique de la région ; aujourd'hui elle assure plus de 50 % des besoins en eau industrielle.

Depuis de nombreuses années coexistent la nappe phréatique et l'activité d'extraction des granulats alluvionnaires. A aucun moment la profession n'a été à l'origine d'une pollution importante de la nappe.

I.1.2.2. La politique de protection de la nappe.

Devant le constat d'une dégradation importante de la qualité de cette nappe par des sources diverses, exploitation de potasse, industries chimiques, agriculture intensive... un des objectifs prioritaires arrêtés en 1991 par le Conseil Régional d'Alsace est la protection et la reconquête de la qualité des eaux souterraines - afin de garantir une eau potable sans traitement préalable pour les générations présentes et futures.

I.2/ HISTORIQUE DE LA LEGISLATION APPLICABLES AUX GRAVIERES EN ALSACE

Déjà dans les années 70, une cellule spécialisée a été mise en place au sein de la DRIRE d'Alsace avec le soutien actif des producteurs de granulats. Cette cellule a examiné les contraintes qui pèsent sur l'exploitation du gisement. A l'issue de cet examen, la plaine d'Alsace a été « découpée » en sept ZERC couvrant 366 communes, soit plus de 3 000 kilomètres carrés au sein desquelles ont été définis des périmètres exploitables, sans contrainte de maîtrise foncière.

Une politique régionale des gravières fondée sur un triple objectif a été mise en place :

- planifier l'accès à la ressource pour au moins 30 ans,
- assurer la valorisation optimale du gisement,
- organiser le réaménagement des sites en cours et en fin d'exploitation.

Cette planification a abouti à la proposition d'un Schéma Régional des Gravières ayant pour principal but de favoriser l'accès à la ressource, tout en limitant et les ouvertures déraisonnées, les points de contact avec la nappe.

Les réserves foncières exploitables ont été regroupées en vastes espaces de plusieurs dizaine d'hectares, généralement autour d'exploitations existantes.

Les projets de ZERC ont fait l'objet d'arrêtés de Projet d'Intérêt Général successivement en 1988, 1989 et 1992.

Ils ont conduit à réduire le nombre d'accès au gisement et à la concentration des exploitations de gravières autour de sites exploités jusque là sur de faible profondeur.

La notion d'exploitation du gisement jusqu'à la base du substratum et incluse dans la démarche d'exploitation, les arrêtés d'autorisation imposent :

- l'exploitation rationnelle du gisement,
- l'obligation de traverser les couches argileuses,
- l'impossibilité pour l'exploitant d'abandonner un gisement sans avoir démontré que techniquement et économiquement l'exploitation n'était plus viable.

Ces travaux ont été la base sur laquelle s'est appuyé le Schéma Départemental des Carrières 67 et 68 à partir de 1993.

Pour accompagner cette planification, les industriels des granulats ont investi afin :

- d'atteindre des profondeurs d'exploitation dans la nappe plus importantes, actuellement 70 à 80 mètres à l'aide de drague à grappin hydraulique atteignant jusqu'à 12 m³,
- de traiter et valoriser au mieux le gisement rencontré et d'éliminer les lentilles argileuses et sableuses de leurs gisements, qui ne trouvent pas de débouchés commerciaux ni d'applications autres que la remise en état des sites.

Jusqu'en 1994, les exploitants de carrière et les installations de traitement des granulats, criblage - concassage - lavage, font l'objet de deux réglementations différentes, la première étant directement tirée du Code Minier, la seconde des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sous la rubrique 89bis.

Les eaux prélevées dans la nappe pour le lavage des granulats sont rejetées dans les plans d'eau, ceux-ci étant en communication avec la nappe. Les faibles pertes sont limitées à l'eau présente dans les sables et graviers, celle-ci s'évaporant par la suite. Les eaux ne nécessitent aucun traitement chimique ou biologique, uniquement un traitement physique.

C'est ainsi qu'apparaissent progressivement deux types de bassins de traitement des eaux de lavage :

- les bassins de décantation, principalement dans le Centre et le Nord de l'Alsace,
- les bassins d'infiltration, notamment dans le Sud.

Depuis le milieu des années 90, les carrières sont placées sous le régime des Installations Classées ; deux rubriques ont été créées :

- 2510 pour l'exploitation des carrières, limité en durée,
- 2515 pour les installations de premier traitement, non limité en durée.

Des arrêtés types s'appliquant à l'ensemble des activités sur le site d'extraction et de valorisation du gisement ont été définis en s'appuyant sur l'ensemble des réglementations en vigueur.

Ainsi la carrière et les installations de premier traitement ont-elles été regroupées sous un seul et même arrêté ministériel, l'arrêté du 22 septembre 1994 fixant les prescriptions applicables aux exploitants de carrières (rubrique 2510) et aux installations de premier traitement des matériaux de carrière (rubrique 2515).

Les dispositions de cet arrêté sont entrées en vigueur à compter du 1^{er} janvier 1999 pour les carrières et installations de premier traitement des matériaux dont l'arrêté d'autorisation avait été publié avant le 1^{er} janvier 1993.

I.3/ LE TRAITEMENT DES EAUX DE LAVAGE DES GRANULATS PAR DECANTATION NATURELLE

La décantation naturelle est la solution la plus utilisée en France par les carrières de granulats (90% des installations).

I.3.1. Procédé

La décantation est "l'action de débarrasser un liquide de ses impuretés en les laissant se déposer au fond d'un récipient". Dans l'absolu, le temps de passage de l'eau doit être supérieur au temps de sédimentation des particules, permettant ainsi aux fines de rester piégées.

La vitesse de sédimentation V_s des particules (en $m.s^{-1}$) est donnée en écoulement laminaire par la formule de Stokes :

$$V_s = [g \times (\rho_2 - \rho_1) \times d^2] / (18 \times \eta)$$

- g : accélération de la pesanteur,
- ρ_1 : masse volumique de la particule,
- ρ_2 : masse volumique de l'eau,
- d : diamètre de la particule (supposée sphérique),
- η : viscosité dynamique de l'eau.

η étant fonction de la température, la température influence de façon notable la vitesse de sédimentation de la particule.

En dessous d'un certain diamètre, la sédimentation devient difficile voire impossible du fait d'une vitesse de sédimentation trop faible ; les agitations thermique, éolienne, due à l'entrée de l'eau dans le bassin... agissent également sur la décantation des particules.

I.3.2. Les systèmes existants

Les bassins qui recueillent les eaux de lavage de l'installation de traitement peuvent être de plusieurs types :

- les bassins "de remplissage" :
 - le bassin de grande dimension est rempli puis revégétalisé naturellement dans ses parties comblées ;
 - une série de bassins se comble au fur et à mesure de l'exploitation ; une fois le bassin comblé, il est réaménagé et un nouveau est creusé en remplacement ;
- les bassins entretenus et non dimensionnés ; souvent rencontrés lors de manque de place, ils doivent être curés régulièrement ;
- les bassins entretenus et dimensionnés.

En Alsace, pour répondre au mieux à la législation, les exploitants ont développé sur leur site des systèmes de traitement des eaux par bassin, situé en fonction de la géométrie du site, à l'extérieur ou à l'intérieur du périmètre autorisé :

- le bassin d'infiltration : la sédimentation se fait par infiltration de l'eau par le fond et les côtés du bassin. Il s'agit le plus souvent de bassins de grande dimension ayant pour finalité le comblement ;
 - leur utilisation est le plus souvent liée à un toit de nappe phréatique profond, permettant une infiltration maximale des eaux dans le sol ; dans ce cas là, il n'existe pas de contact entre les fines de lavage et les eaux de la nappe ;
 - certains bassins d'infiltration sont creusés jusque dans l'aquifère ; il y a alors contact des fines avec les eaux de la nappe ;
- le bassin de décantation : il est défini par la présence d'une surverse. L'élimination des fines se fait par sédimentation des particules, lorsque le temps de sédimentation de ces fines est inférieur au temps de passage dans le bassin. Une certaine infiltration de l'eau peut avoir lieu par les bords et les berges, mais il ne s'agit pas du phénomène principal.

Ces bassins permettent de récupérer les fines sans traitement chimique.

L'efficacité de ces bassins de traitement est fonction de nombreux paramètres, parmi lesquels :

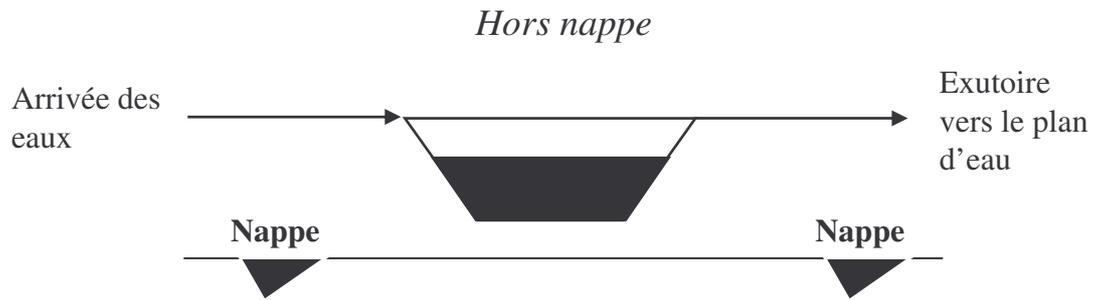
- dimensionnement et géométrie du bassin ;
- type de déversoir aval et amont ;
- date et fréquence de curage ;
- caractéristiques du gisement exploité...

I.4/ LES OBJECTIFS ET LES MOYENS DE L'ETUDE

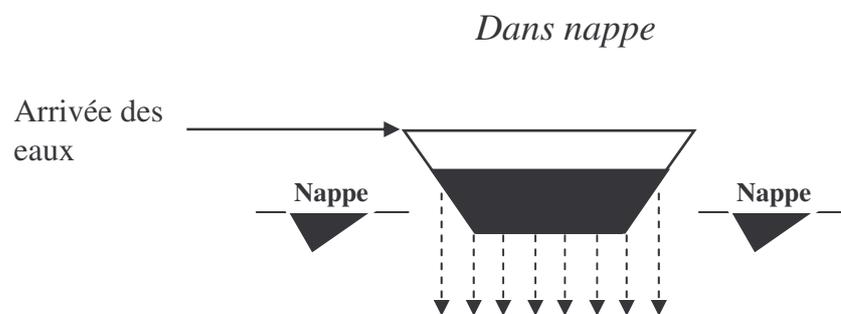
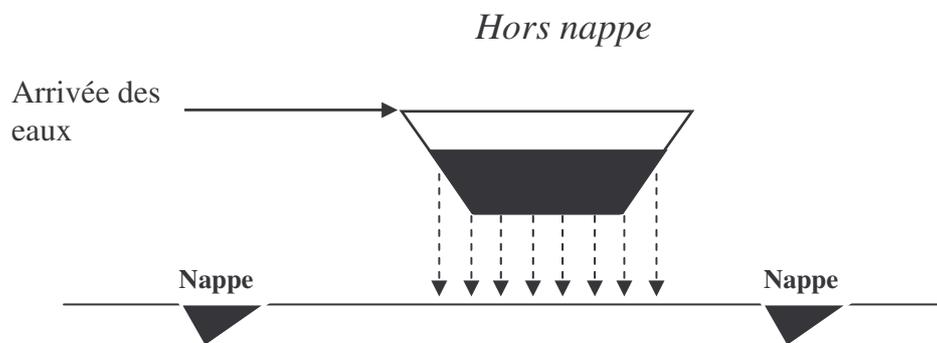
Cette étude a pour objet de déterminer les impacts éventuels que pourraient avoir les fines rejetées sur, premièrement la qualité des eaux phréatiques, deuxièmement l'hydrodynamique de la nappe et enfin sur l'environnement.

Par la suite sera traité le problème de l'évacuation des fines, fines provenant de la décantation naturelle ou du traitement par floculation. Différentes possibilités telles que la valorisation, le stockage sur ou hors site et le réaménagement seront envisagées.

Bassin de décantation



Bassin d'infiltration



1.4.1. Les moyens mis en œuvre dans le cadre de l'étude

Afin de rendre compte au mieux de la particularité alsacienne et des problèmes concernant les fines, 14 sites ont été retenus, choisis pour leur représentativité de l'industrie du granulat en Alsace. Les paramètres qui ont guidé notre choix sont la situation géographique, la production et le système de traitement des eaux utilisé.

Département	Site	Surface exploitée actuellement en eau	Production annuelle autorisée	Système de traitement ultime
Bas-Rhin	Dalhunden	40 ha	400 000 T	Bassin de décantation
Bas-Rhin	la Wantzenau	28 ha	330 000 T	Bassin de décantation
Bas-Rhin	Sélestat	20 ha	350 000 T	Bassin de décantation
Bas-Rhin	Benfeld	18 ha	150 000 T	Roue à sable
Bas-Rhin	Lingolsheim	21 ha	200 000 T	Bassin de décantation
Bas-Rhin	Lauterbourg	100 ha	950 000 T	Bassin de décantation
Haut-Rhin	Bartenheim	4,5 ha	1 160 000 T	Bassin de décantation
Haut-Rhin	Blotzheim	17 ha	450 000 T	Bassin de décantation
Bas-Rhin	Stattmatten	52 ha	400 000 T	Bassin de décantation
Bas-Rhin	Ostwald	53 ha	500 000 T	Bassin de décantation
Haut-Rhin	Herrlisheim-près-Colmar	24 ha	3500 00 T	Bassin d'infiltration
Haut-Rhin	Hirtzfelden	hors eau	750 000 T	Bassin d'infiltration
Haut-Rhin	Rumersheim-le-Haut	30 ha	100 000 T	Bassin d'infiltration
Haut-Rhin	Baldersheim	10 ha	650 000 T	Bassin d'infiltration

Tableau 3: Sites sélectionnés dans le cadre de l'étude

Une campagne d'analyses a été effectuée sur plusieurs des sites retenus. Les analyses ont consisté, lorsque c'était possible :

- en une mesure de fines en entrée et sortie de bassin de décantation ;
- en une détermination de la granulométrie des fines en sortie de bassin, voire en entrée.

Des laboratoires agréés par le Ministère de l'Environnement ont été chargés d'effectuer des analyses sur :

- des échantillons d'eau :
 - mesure de fines ;
 - mesure de fines, demande chimique en oxygène et hydrocarbures totaux.
- des échantillons de fines :
 - test de granulométrie laser.

Une analyse des résultats est faite en page 12 du présent document.

1.4.2. Les caractéristiques des systèmes de traitement

Les caractéristiques des sites sélectionnés ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire et de contacts avec les exploitants des sites sélectionnés.

Cf. annexe n°3 : Sites représentatifs retenus

Les exemples rencontrés lors de cette étude présentent certaines disparités.

Site	Système de traitement ultime	Bassin bétonné	Nombre de bassins	Dimensionnement (Lxlp, en mètres)	Fréquence de curage
Dalhunden	bassin de décantation	non	2	120-2,5-1,5 80-3-2	tous les deux jours
la Wantzenau	bassin de décantation	oui	1 en 2 parties	10-3-2	hebdomadaire
Sélestat	bassin de décantation	non	1	50-15-4	mensuelle
Benfeld	roue à sable	non	---	---	---
Lingolsheim	bassin de décantation	uniquement le fond	5	24-20-2,50 24-22-2,50 22,50-15-2 ≅ 75 m ² - ≅ 1 m ≅ 75 m ² - ≅ 1 m	semestrielle
Lauterbourg	bassin de décantation	non	3	45-15-2 46-53,5-2 62-28-2	1 ^{er} bassin : bimensuelle 2 ^{ème} bassin : annuelle
Bartenheim	bassin de décantation	non	4	30-15-4 25-12-4 20-12-4 20-12-4	1 ^{er} bassin : hebdomadaire
Blotzheim	bassin de décantation	non	1	90-70-12	annuelle
Stattmatten	bassin de décantation	non	1	30-15-1	quotidienne
Ostwald	bassin de décantation	non	2	28-14-2 46-16-2	bimensuelle
Herrlisheim-près-Colmar	bassin d'infiltration	non	1	≅ 0,3 ha pour 7 m. de profondeur	---
Hirtzfelden	bassin d'infiltration	non	1	≅ 1 ha pour 7 m. de profondeur	---
Rumersheim-le-Haut	bassin d'infiltration	non	1	140-50-7	---
Baldersheim	bassin d'infiltration	non	1	100-100-10	---

Tableau 4 : Traitement des eaux sur les sites sélectionnés

II/ L'IMPACT DES FINES DE LAVAGE DES GRANULATS

II.1/ CARACTERISATION DES FINES

II.1.1. Nature et provenance

Les MES dans l'eau sont des particules très fines qui se classent en :

- matières décantables, qui se séparent naturellement, sans apport de réactif, quand l'eau est au repos ;
- matières colloïdales trop fines pour décanter par gravité mais éliminables par coagulation ou floculation

En terme de norme (NFT90-105), il s'agit des particules retenues lors de la filtration de l'eau sur un filtre de porosité défini (0,45 µm).

Dans l'industrie des granulats en Alsace, les fines présentes dans les eaux de lavage ont plusieurs provenances :

- les fines présentes dans la matrice du gisement ;
- le concassage des matériaux.

Dans tous les cas, ces "fines" sont d'origine naturelle. Leur composition et leur granulométrie varient en fonction de leur provenance, principalement de l'argile, du limon, du sable fin.

II.1.2. Effets des fines dans un cadre général

Les fines possèdent une large surface d'adsorption, formant un support idéal pour les ions, les molécules diverses et les agents biologiques. De ce fait, elles peuvent constituer un vecteur pour la pénétration des produits.

Des teneurs élevées dans les eaux limitent la pénétration de la lumière, diminuant l'oxygène dissous et nuisant au développement de la vie aquatique, créant des déséquilibres entre les diverses espèces. L'excès des fines peut provoquer des lésions sur les poissons au niveau des branchies, influencer indirectement sur la reproduction et le développement des œufs et des alevins, sur la nutrition et l'habitat des poissons.

Ces effets sont minimisés, voire inexistantes dans les plans d'eau d'extraction en Alsace du fait de leur grande profondeur. Ces thèmes vont être repris dans les paragraphes suivants.

II.1.3. Composition des rejets de fines

Dans l'industrie du granulat alluvionnaire, les fines présentes dans les eaux de lavage ont deux origines :

- le gisement,
- le concassage des matériaux.

L'importante teneur des eaux de lavage en fines trouve en partie ses origines dans les mesures mises en place pour optimiser le gisement et répondre aux critères de qualité :

- cette augmentation de la profondeur d'exploitation peut s'accompagner d'une augmentation de la teneur en fines du gisement,
- dans une volonté d'optimisation du gisement, les exploitants redraquent d'anciennes zones, exploitant plus profondément et récupérant en même temps les fines déposées au fond du plan d'eau,
- enfin, les normalisations en terme d'utilisation poussent à réduire les fractions fines dans les granulométries proposées sur le marché, d'où une augmentation de la fraction fine entraînée par les eaux de lavage.

Ce sont ces raisons qui font que les teneurs en fines dans les eaux de lavage sont élevées.

Des tests granulométriques ont été effectués sur différents sites, en essayant d'obtenir des échantillons en entrée et en sortie de bassin. Elles ont permis de caractériser de façon globale l'efficacité des bassins de décantation du point de la granulométrie.

Au niveau granulométrique, le système de bassin retient de façon convenable les fractions 63-600 µm et 40-63 µm.

Les bassins de décantation permettent d'éliminer la majorité de la fraction décantable des fines qui n'a pu l'être par des moyens mécaniques.

Des études complémentaires permettraient de déterminer la composition minéralogique de ces rejets de fines. Elles seraient intéressantes dans le cas où une étude plus approfondie sur leur valorisation serait envisagée.

II. 2/ INFLUENCE DES FINES SUR LA QUALITE DES EAUX PHREATIQUES

Les fines naturelles sont constituées principalement de matières minérales inertes ne donnant pas lieu à fermentation, contrairement aux MES organiques provenant de pollutions industrielles ou domestiques (elles provoquent des fermentations qui consomment l'oxygène et libèrent des substances toxiques pour les poissons et la micro-faune).

II.2.1. La qualité des eaux de lavage des granulats

Des analyses concernant les fines, DCO (Demande Chimique en Oxygène) et Hydrocarbures ont été effectuées en sortie de bassins de décantation.

Il en ressort :

- un taux de fines très variable avec une médiane de 4650 mg/L ;
- une DCO inférieure à la valeur prescrite de 125 mg/L sur 8 des 10 sites, avec une médiane de 48,5 mg/L ; le taux de 2630 s'explique par la présence de végétation type roseaux sur les bords des deux bassins de décantation ;
- un taux d'hydrocarbures inférieur sur tous les sites au seuil de détection (<60 µg/L) alors que la législation fixe la valeur maximum à 10 000 µg/L.

La proportion de fines retenues à l'aide des bassins de décantation a une moyenne voisine de 64 %.

Les sites possédant un bassin d'infiltration n'ont pas fait l'objet d'analyses, étant donné qu'il n'y a pas de rejet de fines dans le plan d'eau.

II.2.2. L'effet de berge

Dans son étude « impact naturel des carrières sur la qualité des eaux souterraines », J. BARBIER s'est consacré aux impacts constatés des exploitations de granulats, alluvionnaires ou en roche massive, sur la qualité des eaux souterraines. L'approche effectuée a été essentiellement documentaire. « Deux études importantes [sur les granulats] ont été réalisées, l'une sur l'Alsace (Rinck, 1987), l'autre sur la Normandie (Eberentz, 198). Ces travaux sont précieux car ils contiennent de nombreuses analyses chimiques (9500 paramètres mesurés) et portent sur des milieux différents, gravières profondes (jusqu'à 45m) en Alsace, gravières peu profondes (8-10 m maximum) en Normandie ».

Concernant l'effet de berge, il écrit :

"L'influence des plans d'eau sur la qualité de l'eau dans la nappe aquifère, en aval hydraulique, est sensible ; elle est en fait semblable à ce que l'on appelle "effet de berge" dans le cas de bords de rivières.

Cet effet de berge est dû à un manque d'oxygénation de l'eau : ces berges sont souvent recouvertes de matériaux plus fins, moins perméables que les sables et graviers exploités, ce qui freine l'infiltration des eaux [...] chargées en oxygène. [...] Leur décomposition [des matières organiques provenant de la photosynthèse] se fait initialement de façon aérobie, puis de façon anaérobie, et même le cas échéant avec fermentation. Elle implique l'action d'oxydants qui interviennent théoriquement suivant un ordre strict :

- *en premier lieu l'oxygène dissous ;*
- *quand celui-ci a disparu, les nitrates (dénitrification) ;*
- *le manganèse ;*
- *puis le fer ;*
- *enfin les sulfates.*

En fait avec les mesures dont nous disposons, seuls les quatre premiers stades ont été observés en aval de lacs de carrières ou de gravières.

[...]

L'augmentation locale en bord de gravières des concentrations en fer et manganèse, parfois signalée, n'est donc pas caractéristique d'une influence anthropique, puisqu'on la rencontre en l'absence de toute activité extractive. Ce phénomène se produit dès qu'un plan d'eau quelconque nourrit une nappe aquifère adjacente, soit de façon naturelle, soit en régime influencé (pompage). Il s'agit simplement d'une conséquence de la dégradation des matières organiques (essentiellement végétales) contenues dans les eaux.

[...]

L'une des causes [limitant l'extension de l'effet de berge] est certainement l'infiltration des eaux, qu'il y ait ou non ruissellement. Cette infiltration amène de l'oxygène, ce qui tend à oxyder l'azote ammoniacal, le fer et le manganèse, et donc à ramener les eaux à leur état initial. Mais il est possible d'invoquer aussi un mélange dû au caractère dispersif de l'aquifère, c'est-à-dire à des processus purement hydrodynamiques au sein des alluvions." [J. BARBIER (1998)]

Cette opinion est réaffirmée dans de nombreuses autres publications.

"En profondeur le milieu devient réducteur en raison de la forte diminution de perméabilité du fond du plan d'eau due à leur colmatage par la matière organique issue de l'activité des micro-organismes et du phytoplancton et par les fines du gisement. Cette dégradation de la qualité de l'eau (apparition de NH₄, de fer et de manganèse) se transmet dans la nappe aval immédiat de la gravière. Ce phénomène [...] a cependant un impact limité à quelques centaines de mètres en aval." [J.Y. CAOUS, J.R. MOSSMANN (1998)]

II.2.3. Suivi de la qualité des eaux de la nappe

Une étude interne sur l'impact des gravières en profondeur et le suivi de la qualité des eaux de la nappe a récolté auprès des exploitants les analyses réalisées de 1997 à 1999. La base de données ainsi créée comporte 150 prélèvements répartis sur 56 sites. Cette étude découle du fait que l'administration, dans un souci de santé publique, imposait des contrôles contraignants pour les exploitants, appliquant le principe de précaution.

Lors de cette étude, les comparaisons :

- d'une part entre la base de données de l'APRONA et celle réalisée à partir des informations fournies par les exploitants ;
- et d'autre part entre la base de données relatives aux piézomètres et celle relative aux plans d'eau ;

ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- la qualité des eaux, définie par les résultats issus du réseau de surveillance APRONA et du réseau de surveillance suivi par les exploitants n'est pas susceptible de porter atteinte à la santé humaine ;
- la comparaison des prélèvements effectués dans les piézomètres amont-aval des exploitants et des plans d'eau a permis de mettre en évidence que les plans d'eau « améliorent » la qualité des eaux concernant certains paramètres. Cet effet est limité dans le milieu ouvert, sur le site lui-même et disparaît rapidement en aval hydraulique ;
- concernant certains sites, le fer et le manganèse voient leur teneurs augmenter en aval hydraulique (cf.II-2-2) ;
- les autres paramètres (pesticides, herbicides, composés organiques volatils, hydrocarbures...) sont systématiquement inférieurs au seuil de quantification.

II.3/ COLMATAGE DU PLAN D'EAU

II.3.1. Processus du colmatage

Le dictionnaire français d'hydrogéologie propose la définition suivante :

colmatage : "réduction de la perméabilité d'un milieu poreux, notamment au voisinage de la paroi d'un puits, d'un forage ou de la berge d'un lit d'un cours d'eau, par accumulation d'éléments fins apportés par l'eau, quelle que soit leur provenance (de l'aquifère, du puits ou d'un cours d'eau de surface). Le phénomène inverse est l'érosion souterraine."

Plusieurs agents sont responsables des processus intervenant dans le colmatage d'un milieu poreux soumis à un écoulement fluide :

PROCESSUS	AGENT(S) RESPONSABLE(S)
Mécanique	<ul style="list-style-type: none"> • matières en suspension (minérales et organiques) • débris végétaux • bulles de gaz piégées, issues de l'activité biologique : CO₂, H₂S, SO₂
Mécanique & Chimique	<ul style="list-style-type: none"> • argiles : - agrégation avec colloïdes humiques - fixation privilégiée de cations en site externe - néoformation des alumino-silicates
Chimique	<ul style="list-style-type: none"> • carbonates alcalino-terreux (CaCO₃, MgCO₃) obtenus par précipitation • hydroxydes métalliques d'Al, de Mn, Fe, Cu, Zn formant gels colloïdaux
Chimique & Biologique	<ul style="list-style-type: none"> • gels colloïdaux synthétisés par les bactéries
Biologique	<ul style="list-style-type: none"> • agglutination de bactéries en tapis gélatineux, floccs...

Tableau 5 : Agents responsables des trois processus de colmatage [SINOQUET (1987)]

Le colmatage se manifeste sous forme :

- externe, formation d'un "gâteau" à la surface du milieu poreux filtrant dans le cas où les particules ont un diamètre équivalent ou du même ordre de grandeur que la taille des pores du filtre (arrêt par tamisage) ;
- interne, intrusion des particules dans les micro-canaux du milieu poreux, si celles-ci possèdent un diamètre suffisamment petit.

"Concernant le colmatage qui affecte la structure interne du terrain, la pénétration des fines est de l'ordre de quelques centimètres à quelques décimètres." [BRGM (1994)].

II.3.2. Modélisation de l'impact hydrodynamique du colmatage

L'effet des gravières sur le comportement des nappes d'eau souterraine est connu. Dans le cas d'une gravière récente, non colmatée, l'ouverture d'un plan d'eau dans les alluvions saturées d'eau génère deux fronts dans l'écoulement souterrain :

- le front hydrodynamique de drainance ;
- le front hydrodynamique d'alimentation.

Le premier correspond à l'apport d'eau souterraine à la gravière. Un effet de drain résulte de la discontinuité de la transmissivité hydraulique du milieu (convergence des lignes de courant vers le milieu gravière, plus transmissif).

Le second front correspond à la restitution de l'eau de la gravière à la nappe phréatique.

"En présence de colmatage, la gravière formant un obstacle aux écoulements souterrains, les effets sont inverses ; il y a élévation du niveau piézométrique en amont et abaissement en aval. La gravière, peu vidangée en aval et alimentée en amont, a son niveau établi au-dessus des niveaux initiaux.

[...]

L'impact piézométrique d'une gravière sur une nappe peut être sensible de quelques dizaines à quelques centaines de mètres de distance selon la taille de la gravière et la perméabilité de l'aquifère." [BRGM (1994)]

La modélisation de l'impact hydrodynamique et piézométrique d'une gravière doit prendre en compte de nombreux paramètres. Nous avons choisi d'avoir une vision globale en limitant les variables (taille, perméabilité). Une modélisation plus poussée impliquerait la

détermination de ces variables, et par conséquent devrait s'appliquer à chaque gravière au cas par cas.

Cf. annexe n°4 : Impact hydrodynamique d'une gravière

II.3.3. Le colmatage dans les gravières alsaciennes

La colonisation écologique du milieu influe sur la constitution du matériau des berges et du fond par un apport de matière organique vivante ou en cours de dégradation. Le ruissellement sur les berges et le retour des fines dans le plan d'eau engendrent un dépôt plus ou moins important de substances minérales.

Ces processus parmi d'autres modifient nécessairement les caractéristiques hydrauliques de l'interface gravière/nappe ; ce sont ceux-là qui sont intégrés dans la notion de "colmatage des gravières.

Le colmatage des berges est inhérent à des dépôts minéralogiques (fines) et à des dépôts biologiques (algues...). *"L'élaboration du colmatage résulte de la conjonction d'un phénomène gravitaire, la sédimentation, et d'un phénomène convectif, le transport des particules dans le courant d'eau. Il se localise d'abord sur le fond et sur les berges aval de la gravière si leur pente n'est pas trop forte : au-delà de 20 % il y a instabilité des dépôts qui migrent alors vers les fonds."* [M. GRAVOST (1988)]

P. EBERNETZ, G. RINCK (1987), BRGM (1994) font la même observation : *"Le déplacement des fines particules résulte de la pesanteur et de leur transport par les courants d'eau. De ce fait, le colmatage affecte d'abord le fond et les berges aval des gravières lorsque leur pente n'est pas trop forte ; au-delà de 20 %, les dépôts sont instables et migrent vers le fond."*

Les berges de gravière en Alsace possèdent en général une pente de 1 pour 2,5 (pente assurant la stabilité), ce qui correspond à 40% (soit 21,8 degrés). Il est raisonnable de conclure, si on se réfère à la conclusion de P. EBERNETZ, que les fines migrent vers le fond du lac en sédimentant pas ou peu sur les berges.

"Une zonalité verticale du colmatage a été mise en évidence en Alsace ; on y distingue :

- *d'une part, le fond et ses prolongements à faible pente vers le pourtour de la gravière ; les perméabilités sont [...] de l'ordre de 10^{-7} m/s. Elles représentent la partie inférieure de la gravière et constituent une zone inactive dans les échanges nappe-gravière.*

- *d'autre part, le pourtour de la gravière et les berges à pente élevée sous le niveau du plan d'eau ; leur perméabilité est située dans une fourchette large de 10^{-3} à 10^{-6} m/s.*

Cette zone est active dans les échanges nappe-gravière." [BRGM (1994)]

"Pour les carrières en Alsace, le rapport découverte/volume d'eau est au maximum de 2 %. En Haute-Normandie, il atteint 20%.

L'incidence des Matières En Suspension sur les eaux de gravières va être d'autant plus marquée que le rapport est important." [P. EBERNETZ, G. RINCK (1987)]

En Alsace la grande profondeur des gravières a tendance à réduire l'impact du colmatage du fond. Celui-ci n'affecte qu'une faible fraction de la hauteur du plan d'eau, quelques mètres pour plusieurs dizaine de mètres d'exploitation.

II. 4/ IMPACT SUR LA FAUNE ET LA FLORE

II.4.1. Zone d'impact des fines

D'après les observations faites sur les sites, l'impact des fines semble se limiter en surface sur une zone réduite autour du rejet.

Un examen visuel au niveau de la déverse montre un panache coloré qui se résorbe rapidement quand on s'éloigne. Ceci est dû à une décantation rapide des fines dans le plan d'eau.

Cet impact limité est confirmé par des prélèvements d'eau de surface effectués à 50 mètres du rejet afin de déterminer la concentration en fines.

Site	Sélestat	Benfeld	Lauterbourg	Ostwald
Concentration en fines (mg/L)	8	4	15	2

Tableau 6 : Prélèvements d'eau de surface à 50 mètres du rejet

De plus, le rapport du volume de fines sur le volume du plan d'eau est très faible, de l'ordre de 5 %; les gravières alsaciennes se développant en profondeur, et non en surface comme dans la majorité des autres régions, le dépôt de fines se fait à de grandes profondeurs.

L'impact sur la faune et la flore est par conséquent limité à une zone restreinte, la zone de rejet et le fond du plan d'eau d'exploitation.

Concernant le site n°9, une étude antérieure a été faite pour déterminer la répartition des matières en suspension sur le site. Les conclusions étaient les suivantes :

- tout d'abord la sortie des eaux de la gravière dans la rivière voisine se faisait à une teneur de 9 mg/L qui correspond à la moitié de la concentration des eaux de la rivière (18 mg/L).
- pour ce qui est de l'arrivée des eaux de lavage dans le plan d'eau de la gravière, la teneur en fines de 2 247 mg/L paraît anormalement élevée. Cette première impression doit toutefois être relativisée ; une mesure de la teneur en fines des eaux du plan d'eau, à 100 m du point de rejet des eaux de lavage donne une teneur de 11 mg/L.

II.4.2. Conséquence sur la faune

Sur certains sites, des élevages de salmonidés (saumon atlantique, truite fario) destinés à la réintroduction sont implantés dans le plan d'eau d'extraction. Sur un site, ces poissons se sont acclimatés depuis plusieurs années après leur introduction. Ces poissons sont très exigeants quant à la qualité de l'eau (température, oxygène dissous, pH...) et servent d'indice biologique de qualité des cours d'eau (Conseil Supérieur de la Pêche).

Une étude du Conseil Supérieur de la Pêche (1987) met en exergue la richesse des potentialités piscicoles des carrières en eau, l'importance des espèces et des peuplements rencontrés, et le rendement élevé de l'effort de pêche sur certains sites.

L'implantation réussie de ce type d'élevage est un gage de qualité des eaux du plan d'eau et permet à priori de conclure à la faible zone d'influence des rejets et au faible impact que peuvent avoir les fines sur les poissons, et par conséquent sur la chaîne alimentaire.

II.4.3. Création de zones humides

L'exploitant est tenu par l'article 12.2. de l'arrêté du 22 septembre 1994 "*de remettre en état le site affecté par son activité, compte tenu des caractéristiques essentielles du milieu environnant.*

Elle comporte [...]l'insertion satisfaisante de l'espace affecté par l'exploitation dans le paysage, compte tenu de la vocation ultérieure du site."

Chaque exploitant met en place sur ses sites des remises en état, qui dans la majorité des cas comporte des volets écologiques permettant à la faune et la flore de trouver un milieu propice à leur développement.

Ainsi, sur certains sites, le dépôt des fines entraîne la formation de milieux biologiques tels des roselières ou jeunes saulaies.

De telles végétations palustres humides ou inondées constituent le principal milieu de nidification et d'alimentation pour la majeure partie des oiseaux d'eau (plusieurs espèces de hérons, canards, raldés, fauvettes aquatiques...). Les roselières des berges servent d'abri, de site de reproduction pour une grande variété d'espèces animales telles les insectes (libellules...), les poissons ou les amphibiens (grenouilles, crapauds, les oiseaux paludicoles (hérons, fauvettes aquatiques, râles, busard des roseaux...)...

D'après la LPO [2002], "*face à la diminution des zones naturelles, les carrières représentent un biotope de substitution et parfois les derniers refuges pour certaines espèces d'oiseaux menacées. Au prix de quelques aménagements simples, la cohabitation entre l'exploitation industrielle et la faune sauvage peut s'avérer possible et sans contrainte majeure, comme c'est déjà le cas sur certains sites*". Leur rôle de biotope de substitution se fait encore plus sentir en Alsace où depuis 20 ans, 80% des zones humides ont disparu pour laisser la place à des zones de culture, principalement pour du maïs.

En avril 1995, l'UNPG a lancé au travers du CNC une étude nationale sur l'intérêt écologique des carrières en eau, essentiellement des gravières et sablières ; l'organisation, le suivi et la coordination de l'étude ont été réalisés par la société ECOSPHERE (2000). Les expertises écologiques ont mis en évidence sur les sites étudiés :

- trois types de biotopes, considérés comme remarquables, dans plus de la moitié des sites. Il s'agit:
 - des milieux pionniers (berges, vasières,...);
 - des roselières résultant de l'atterrissement des fines, formations végétales denses dominées par de hautes herbes vivaces et inondées en permanence ou en grande partie de l'année ;
 - des boisements humides dont l'intérêt est surtout ornithologique.
- la diversité floristique et faunistique estimée à :
 - 17% de la flore française, de plantes protégées au niveau national ou régional ;
 - 47% des oiseaux nicheurs ;
 - 90% des hivernants et migrants ;auxquels s'ajoutent des amphibiens et des reptiles dont certains cités dans la Directive Européenne "Habitats".

III/ FILIERE D'EVACUATION DES FINES DE LAVAGE

III.1/ LA RECUPERATION DE LA FRACTION FINE PAR DECANTATION NATURELLE

La récupération de la fraction fine est mise en place afin de minimiser leur concentration dans les eaux rejetées.

La séparation se fait tout d'abord mécaniquement à l'aide de cyclone, roue à sable, vis à sable... puis par traitement par bassin, afin que l'exploitation du gisement soit optimisée.

La décantation naturelle est largement utilisée pour les gisements alluvionnaires, ce qui est notamment le cas en Alsace.

Les besoins en eau de l'installation de traitement sont prélevés dans une nappe phréatique rhénane, cette même nappe est réalimentée par les rejets d'eau via les bassins de traitement et le plan d'eau d'exploitation. Il est possible dans ce cas de parler de recyclage des eaux de la nappe.

Des bassins de décantation bien réfléchis (position, dimensionnement...) et des aménagements adéquats (fréquence de curage...) peuvent convenir parfaitement pour clarifier les eaux.

Cette technique demande des investissements minimes mais a tendance à immobiliser des surfaces importantes à proximité de la carrière, lesquelles pourront être rendues par la suite à d'autres activités.

Le coût de traitement des eaux de lavage par décantation naturelle dans des bassins peut être considéré comme faible mais est du reste très difficile à évaluer.

III.2/ VALORISATION DES FINES

III.2.1. Une valorisation limitée

La valorisation des fines (matières premières pour terre cuite, étanchéification, substrat de culture) reste très marginale.

La première limite est intrinsèque aux caractéristiques minéralogiques de la fine de lavage qui ne répondent pas au cahier des charges de l'utilisateur potentiel.

La seconde est économique. Dès que l'utilisateur n'est pas à proximité immédiate du site, les coûts cumulés de reprise, de chargement et de transport du sédiment sont généralement supérieurs au coût d'extraction de la matière première. Les opportunités limitées de valorisation des fines impliquent qu'elles restent sur le site et que leur gestion s'intègre dans la stratégie de réaménagement du site.

Un inconvénient important est la variabilité de composition de ces boues. Au niveau d'un même gisement, la fluctuation de composition est importante (présence de couche d'argile, de schlamm, modification de la granulométrie...).

III.2.2. Gestion des excédents dans le cas d'un traitement par floculation

La floculation est un processus chimique qui permet d'accélérer la décantation des fines et ainsi d'optimiser la récupération de celle-ci.

La quantité annuelle totale de boues floculées ainsi produites s'élèverait à quelques 800 000 tonnes, ce qui correspond à 500 000 m³.

L'évacuation de ces volumes, étant bien entendu qu'une fraction serait utilisée sur site pour le réaménagement, impliquerait la circulation de quelques 65 000 camions par an ; faute de place sur site, de tels volumes nécessiteraient la création de nouveaux sites de stockage.

III.3/ REAMENAGEMENT DU SITE

Une dernière solution consiste à utiliser les fines récupérées pour le réaménagement du site.

L'intégration des fines dans le réaménagement de l'exploitation doit être considérée comme une voie de "valorisation" à part entière.

- les fines recueillies peuvent participer à la création d'un habitat naturel permettant à la flore et la faune de reconquérir le milieu de façon naturelle ;
- les fines peuvent servir de support à la remise en état des sols ;
- les fines peuvent être utilisées dans le remblaiement de carrières à sec.

Le Schéma Départemental des Carrières comporte un article « maîtriser la remise en état et le devenir des sites après exploitation » dans lequel est inscrit la définition de la vocation du site réaménagé. Une des vocations est la création de "zone naturelle : 2 à plusieurs dizaines d'hectares avec au moins une bande de hauts-fonds de 500 m de linéaire et de 20 m de large au minimum, notamment en continuité avec les milieux naturels jouxtant la gravière".

Les deux paragraphes suivants énoncent des possibilités de création d'habitats particuliers, la vasière et la roselière.

III.3.1. Création et gestion de vasières

La création de vasière est assez souvent proposée avec comme objectif de permettre l'accueil des Limicoles migrateurs ou hivernants (chevaliers, bécasseaux, gravelots, etc...). Cependant les Anatidés les utilisent aussi, en recherche alimentaire.

Une vasière est une berge d'étang, non colonisée par une végétation élevée et dense [...]. En conditions naturelles, ce type de milieu est temporaire ou sans cesse rajeuni par des marées ou des inondations. Sur des gravières, il est possible de le faire perdurer, mais il faut bien gérer le niveau d'eau et contrôler la végétation (EVERETT M.J. [1990]).

Les vasières sont des milieux nutritivement riches, productifs en invertébrés. Les niveaux d'eau optimaux varient entre des milieux très peu profonds et des milieux humides exondés ; en hiver, pour éviter le gel, il est indispensable qu'il y ait des zones plus profondes (jusqu'à 1,5m). Le contrôle actif du niveau d'eau étant le plus généralement impossible sur des gravières, c'est au niveau des terrassements qu'il faut jouer en réalisant un plancher très

ondulé, permettant la présence de vasières quelle que soit la saison et le marnage du plan d'eau (MERRITT A. [1994]. Le substrat idéal est à granulométrie fine [...]).

En dehors de l'intérêt pour les Limicoles, les vasières abritent des espèces remarquables des grèves alluviales [...]" (ECOSPHERE [2000])

III.3.2. Création de roselière

"Les roselières [...] sont un des milieux humides les plus en régression. [...] Beaucoup d'oiseaux d'eau menacés ou rares y ont leur habitat. C'est pourquoi l'opportunité d'en créer sur carrières en eau doit toujours être gardée à l'esprit.

5.1 intérêt des roselières

Les roselières jouent plusieurs rôles vis-à-vis de l'avifaune : site de reproduction, lieu de stationnement hivernal et migratoire, zone de nourriture. Elles sont l'habitat de nidification d'espèces en régression comme le Blongios nain, [...], le Busard des roseaux, le Râle d'eau, les Marouettes [...].

L'intérêt des roselières pour l'avifaune dépend de plusieurs de leurs caractéristiques (UEBERBACH J. [1993]) : la taille, la densité, la hauteur et le niveau d'eau. [...]

Outre leur rôle pour l'avifaune et un certain nombre d'invertébrés spécialisés (KEY R.S. [1991]), les roselières ont deux autres intérêts importants pour l'écosystème (MERRITT A. [1994]) :

- elles concourent à la qualité des eaux grâce aux capacités épuratrices du Roseau, en particulier à son rôle de piégeage des nitrates ;
- elles sont très efficaces dans le piégeage des sédiments (lutte contre le colmatage).

Les roselières en tant que telles, souvent monospécifiques ne présentent pas un grand intérêt floristique. Ce sont leurs bordures au contact avec les eaux peu profondes qui sont en revanche intéressantes. On peut y trouver un certain nombre d'espèces remarquables [...].

5.3 création de roselière

Le contrôle du niveau hydrique est particulièrement important dans le cas des roselières. Là encore, sur les gravières où l'on peut difficilement jouer sur le niveau d'eau, il faut compenser ce manque en prévoyant des niveaux topographiques très variés, qu'il s'agisse de la pente générale ou des micro-variations du substrat [...].

5.4 entretien des roselières

Une roselière convenablement inondée est un milieu très pérenne qui ne demande d'entretien que pour éviter la progression du roseau dans les zones que l'on souhaite conserver ouvertes." (ECOSPHERE [2000]).

CONCLUSION

Ce travail répond à la nécessité pour l'industrie des granulats d'établir un bilan transparent de l'impact des Matières En Suspension présentes dans les eaux de lavage des granulats.

"Les carrières en nappe accroissent davantage la vulnérabilité des nappes aux pollutions accidentelles, mais leur action sur la qualité de l'eau - oxygénation, augmentation des Matières En Suspension, décarbonatation, dénitrification... - s'avère globalement neutre, voire positive même si elle se limite en aval à une frange de 2 à 300 m de large au-delà de laquelle elle n'est plus décelable." [GRAVOST (1988)]

Les impacts qui résulte de ce rejet de fines dans le plan d'eau sont faibles.

Le colmatage résultant du dépôt de fines se localise d'abord sur le fond, ainsi que sur les berges avales de la gravière si leur pente n'est pas trop forte. En Alsace, les berges à 40% que possèdent les gravières font que la migration des fines se fait vers le fond du lac, avec pas ou peu de sédimentation sur les berges, n'entraînant pas d'impact hydrodynamique notable.

De plus la grande profondeur des gravières alsaciennes a tendance à réduire l'impact du colmatage du fond sur l'hydrodynamique de la nappe. Celui-ci n'affecte qu'une faible fraction de la hauteur du plan d'eau, quelques mètres pour plusieurs dizaine de mètres exploiter.

Plutôt que de recourir de manière généralisée à la solution du recyclage des eaux de lavage par floculation, qui entraînerait une forte et rapide production de fines à éliminer, le système de recyclage des eaux de la nappe par décantation naturelle constitue une solution satisfaisante au regard des conditions techniques, économiques et environnementales du moment et à venir.

Les concentrations de fines en sortie sont très dépendantes du gisement exploité. Ainsi il serait plus raisonnable de réfléchir en terme d'efficacité de bassins et pour cela d'optimiser le système par décantation naturelle en réfléchissant aux paramètres suivants :

- le dimensionnement des bassins ;
- le nombre de bassins ;
- l'orientation des bassins par rapport au sens d'écoulement de la nappe, la position du plan d'eau ;
- la fréquence de curage des bassins.

Enfin, afin de tirer pleinement avantage de ce rejet de fines, il serait intéressant d'intégrer l'utilisation des fines provenant des bassins de décantation dans le réaménagement du site. Ainsi au prix de quelques aménagements, des zones humides, telles des vasières, des roselières... peuvent être créées, des remblaiements de carrières à secs peuvent être envisagés...

BIBLIOGRAPHIE

- BARBIER J. (1998) Impact naturel des carrières sur la qualité des eaux souterraines - Document BRGM : R 40306
- BODELLE J. & MARGAY J. (1980) : l'eau souterraine en France - Masson, Paris
- BOURGEOIS F., GABORIAU H. (février 2002) : Recyclage des eaux de procédé dans les carrières de granulats. Etude des carrières pratiquant la décantation naturelle - Rap. BRGM/RP51495 FR
- BRGM (octobre 1994) : Impact des carrières de granulats sur les ressources en eau souterraine, plaine du Perthois - Document BRGM : R 37973 CHA 4S 94
- CASTANY G. (1982) : principes et méthodes de l'hydrogéologie - Dunod Université, Paris
- CEMAGREF (septembre 1987) : Diagnose rapide des milieux lacustres, rapport
- CLAVEL P., CUINAT R., HAMON Y., ROMANEIX C. (1977) : Effets des extractions de matériaux alluvionnaires sur l'environnement aquatique dans les cours supérieurs de la Loire et de l'Allier - Bulletin Français de la Pisciculture n°268
- COMMUNAUTES EUROPEENNES (1999) : Directive 1999/31/CE du conseil du 26 avril 1999 concernant la mise en décharge des déchets - Journal officiel des Communautés Européennes, 16 juillet 1999
- CONSEIL REGIONAL D'ALSACE (1998) : La nappe phréatique rhénane
- CONSEIL SUPERIEUR DE LA PECHE (1987) : Potentialités piscicoles des carrières en eau - Rapport scientifique et technique, Comité de Gestion de la Taxe Parafiscale sur les Granulats
- DANIAS Ph. (ECOSPHERE) (2002) : Aménagement écologique des carrières en eau, Guide pratique – Charte UNPG, Paris
- DEBELMAS J. (1974) : Géologie de la France - Doin
- DERCOURT J. (1997) : Géologie et géodynamique de la France - Dunod
- DETAY M. (1997) : La gestion active des aquifères - Masson, pp 327-349
- DURBEC A. (1986) : Sectorisation des berges des ballastières en eau. Application à l'étude des échanges hydrodynamiques avec la nappe phréatique au nord de Strasbourg - Thèse ULP, IMF - ENITRT, Strasbourg.
- EBERENTZ P., RINCK G. (1987) : Impact qualitatif des carrières en eau sur les nappes souterraines, rapport de synthèse - Document BRGM : 87 SGN 567 HNO ALS
- Von ELLER J.-P. (1976) : Vosges Alsace, les guides géologiques régionaux. Masson, Paris

GABORIAU H. Le BERRE P. (2000) – Synthèse technico-économique sur l'optimisation du recyclage des eaux de procédé dans les carrières de granulats. Rap. BRGM/RP-50025-FR

GRAVOST M. (novembre 1988) : Interactions entre les carrières et les eaux souterraines, bilan des connaissances techniques - Document BRGM : 87 SGN 391 RAC

KOVACKS J-C. (ECOSPHERE) (2000) : Carrières et zones humides, le patrimoine écologique des zones humides issues de l'exploitation des carrières – Charte UNPG, Paris

LIGUE POUR LA PROTECTION DES OISEAUX (2002) : Oiseaux des carrières : ensemble, préservons les !

MESSAÏTA A. (1997) : Transfert d'eau, des sédiments et de polluants associés sur le bassin de l'Ill : cas du mercure. Thèse de docteur, université Louis Pasteur, pp.97-117

MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT, DIRECTION DE LA PREVISION DES POLLUTIONS ET DES RISQUES (2001) : Guide technique relatif aux installations de stockage de déchets inertes

RAMADE F. (1984) : Eléments d'écologie, sous titre : écologie fondamentale - Mc Graw-Hill

RINCK G. (1987) : Connaissance de l'impact qualitatif des gravières en eau sur les nappes souterraines - Rapport BRGM, Service Géologique Régional d'Alsace, Strasbourg

ROTHER J.-P. (1983) : Encyclopédie de l'Alsace, volume 5. Le fossé rhénan - Publitotal

SINOQUET C. (1985) : Qualité physico-chimique des eaux de gravière et impact sur le milieu environnant. Analyse globale et approche particulière - Mémoire ENITRT, Strasbourg

SITTLER C. (1965) : Le paléogène des fossés rhénan et rhodanien Etudes sédimentologiques et paléoclimatiques - Mémoires du Service de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine

SOLTNER D. (1989) : les bases de la production végétale, tome I le sol - Sciences et techniques agricoles, Angers

SORREL D. & VERGELY P. (1999) : Initiation aux cartes et aux coupes géologiques - Dunod

LES TECHNIQUES DE L'INDUSTRIE MINERALE (1^{er} trimestre 1999) : Impact naturel des carrières sur la qualité des eaux souterraines

TOUFFET B. (2001) : La gestion de l'eau en carrière. Dimensionnement des bassins d'orage, de décantation et les phénomènes d'évapotranspiration - Mémoire pour le DESS "Eau - santé - environnement"



ANNEXES

- Les matériaux de construction en Alsace – année 2001
- L'exploitation alluvionnaire en Alsace
- Les sites représentatifs retenus
- L'impact hydrodynamique d'une gravière



ANNEXE n°1

Les matériaux de construction en
Alsace – année 2001

Service Statistique

1 - DONNEES GENERALES

	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2001</u>	<u>01/00</u>	<u>01/95</u>
*CHIFFRE D'AFFAIRES (Millions d' €.)	8 469	10 139	10 495	+ 3,5%	*
*NOMBRE D'ENTREPRISES(2)	4 112	3 752	3 777	+ 0,7%	*
*EFFECTIFS TOTAUX	62 335	60 552	60 817	+ 0,4%	*
*EFFECTIFS OUVRIERS	43 277	41 158	41 109	- 0,1%	*
*HEURES TRAVAILLEES (en 1000)	78 010	72 472	70 558	- 2,6%	*

2 - PRODUCTION PAR BRANCHES

	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2001</u>	<u>01/00</u>	<u>01/95</u>
Production Totale (Millions de t.)	514	554	549	- 0,9%	*
dont :					
* GRANULATS (Millions t.)	377,0	418,5	414,1	- 1,1%	*
* BETON INDUSTRIEL (Millions t.)	28,1	29,7	29,3	- 1,3%	+ 4,3%
* BETON PRET A L'EMPLOI (Millions m3)	30,4	34,5	34,5	+ 0,2%	+ 13,5%

3 - CHIFFRE D'AFFAIRES PAR BRANCHES

(En Millions d' €.)	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2001</u>	<u>01/00</u>	<u>% du total</u> <u>2001</u>
BETON PRET A L'EMPLOI	1 948	2 475	2 595	+ 4,9%	24,7%
BETON INDUSTRIEL	1 907	2 257	2 321	+ 2,9%	22,1%
GRANULATS	2 225	2 714	2 894	+ 6,6%	27,6%
PIERRE, MARBRE, GRANIT	665	725	730	+ 0,7%	7,0%
PLATRES ET PRODUITS EN PLATRE	595	629	640	+ 1,8%	6,1%
PRODUITS POUR L'INDUSTRIE	780	987	960	- 2,7%	9,1%
AUTRES BRANCHES	349	354	354	0%	3,4%
Total	8 469	10 139	10 495	+ 3,5%	100%

(1) Ces chiffres s'entendent Industrie plâtrière comprise et hors Marbrerie Funéraire.

(2) Nombre d'entreprises ayant répondu à l'enquête annuelle de branche.

* Depuis 1999 les résultats intègrent les données concernant les granulats de recyclage, ainsi que les cheminées d'intérieur; ils ne sont donc pas directement comparables avec ceux des années précédentes.

LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

EN

ALSACE

ANNEE 2001

SOURCE: UNICEM / SESSI

Produits en béton: UNICEM/FIB/SESSI

Septembre 2002

1 - DONNEES GENERALES REGIONALES

	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2001</u>	<u>01/00</u>
CHIFFRE AFFAIRES (Milliers d' €.)	350 693	411 293	382 589	- 7,0%
NOMBRE D'ENTREPRISES (2)	149	156	156	0%
EFFECTIFS TOTAUX	2 486	2 636	2 569	- 2,5%
EFFECTIFS OUVRIERS	1 810	1 907	1 853	- 2,8%
HEURES TRAVAILLEES (en 1000)	3 298	3 331	3 124	- 6,2%

2 - DONNEES PAR DEPARTEMENTS

En Chiffres d'Affaires (milliers d' €.)	<u>2000</u>	<u>2001</u>	<u>01/00</u>	<u>% du Total 2001</u>
67-Bas Rhin	233 741	218 905	- 6,3%	57%
68-Haut Rhin	177 552	163 684	- 7,8%	43%
Total	411 293	382 589	- 7,0%	100%

3 - DONNEES PAR BRANCHES

En Chiffres d'Affaires (milliers d' €.)	<u>2000</u>	<u>2001</u>	<u>01/00</u>	<u>% du Total 2001</u>
BETON PRET A L'EMPLOI	91 637	89 962	- 1,8%	24%
BETON INDUSTRIEL	99 153	98 447	- 0,7%	26%
GRANULATS	146 976	137 996	- 6,1%	36%
PIERRE, MARBRE, GRANIT	13 827	13 966	+ 1,0%	4%
AUTRES BRANCHES	59 700	42 218	- 29,3%	11%
Total	411 293	382 589	- 7,0%	100%

DONNEES DE BASE REGIONALES (2001)

		<u>% National</u>	<u>01/00</u>
POPULATION (Estimation 2001)	1 762 000 h.	3,0	+ 1,1
LOGEMENTS COMMENCES	9 860 u.	3,4	+ 0,1
AUTRES CONSTRUCTIONS NEUVES	1 355 600 m2	3,3	- 0,5
CONSOMMATION CIMENT	680 100 t.	3,3	- 8,3
PRODUCTION B.P.E.	1 225 200 m3	3,5	- 9,3
PRODUCTION BETON INDUSTRIEL	1 063 200 t.	3,6	+ 1,4
PRODUCTION GRANULATS	23 189 800 t.	5,6	- 10,9

QUELQUES RATIOS :

	<u>Régionaux</u>	<u>Nationaux</u>
Logements/Habitant (u./1000 h)	5,60	4,96
Ciment/Habitant (t/h)	0,39	0,35
B.P.E./Habitant (m3/h)	0,70	0,58
Béton Industriel/Habitant (t/h)	0,60	0,50
Granulats/Habitant (t/h)	13,16	7,01

(1) Ces chiffres s'entendent Industrie plâtrière comprise et hors Marbrerie Funéraire.

(2) Nombre d'entreprises ayant répondu à l'enquête annuelle, UNICEM.

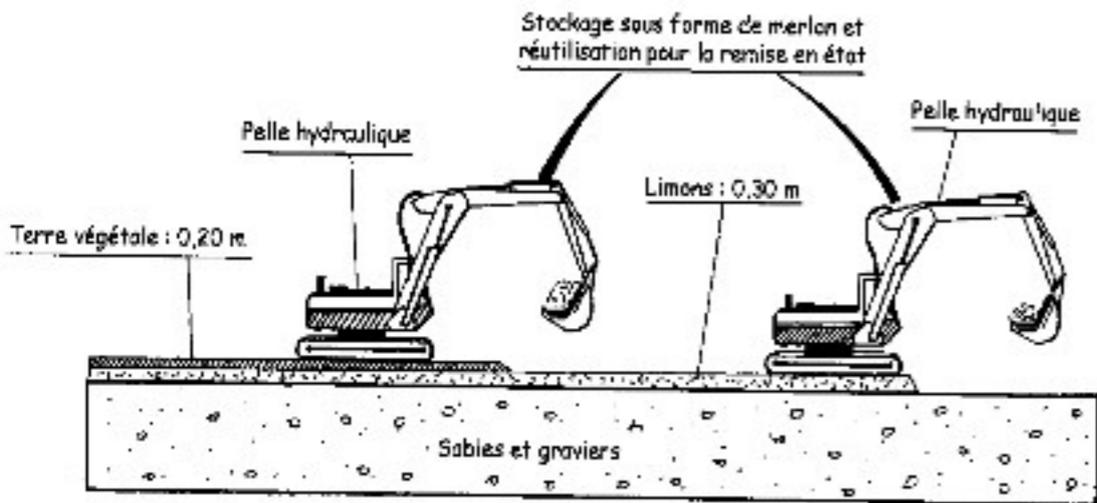
* Depuis 1999 les résultats intègrent les données concernant les granulats de recyclage, ainsi que les cheminées d'intérieur; ils ne sont donc pas directement comparables avec ceux des années précédentes.



ANNEXE n°2

L'exploitation alluvionnaire en Alsace

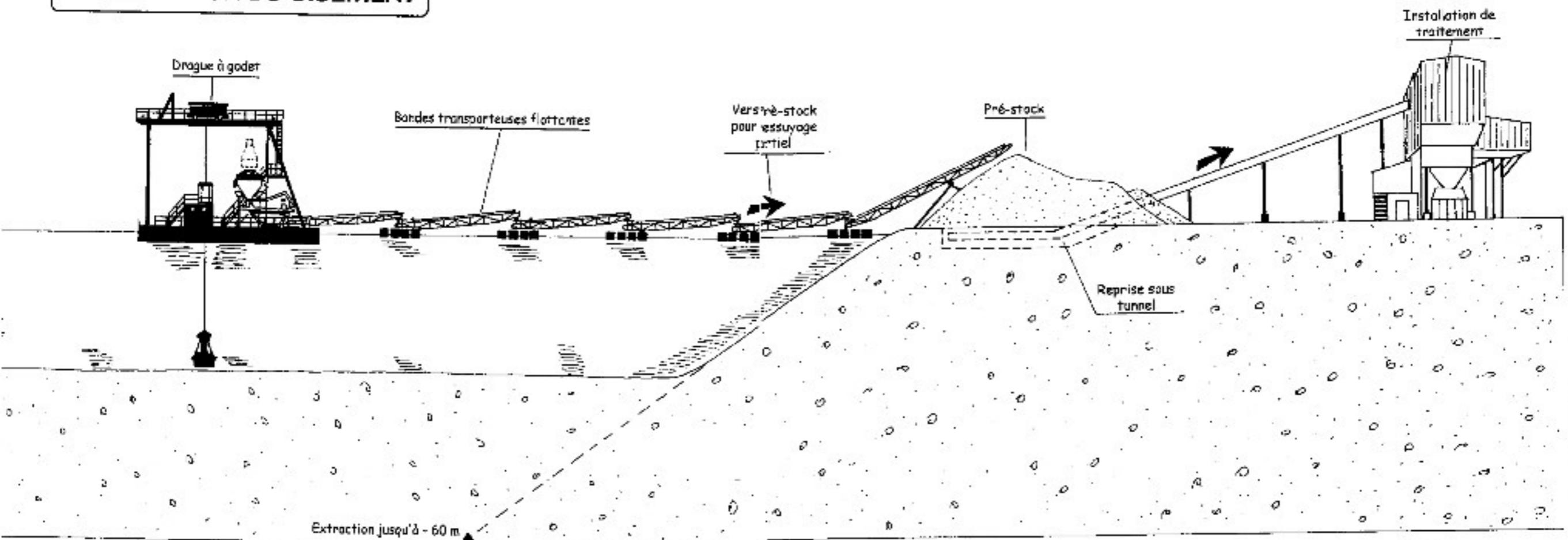
DECAPAGE SELECTIF



METHODE D'EXPLOITATION

Schémas de principe

EXPLOITATION DU GISEMENT



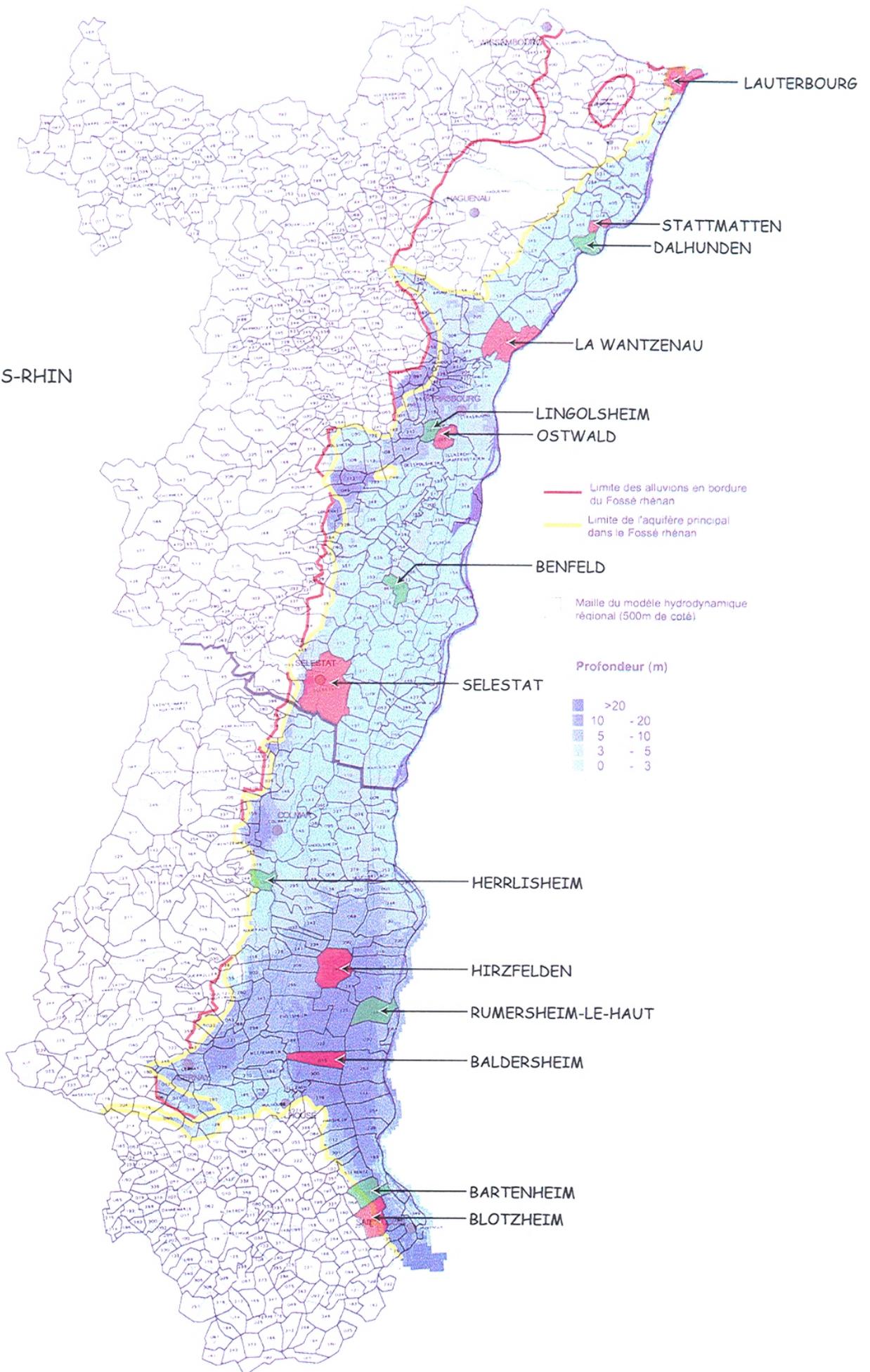


ANNEXE n°3

Les sites représentatifs retenus

BAS-RHIN

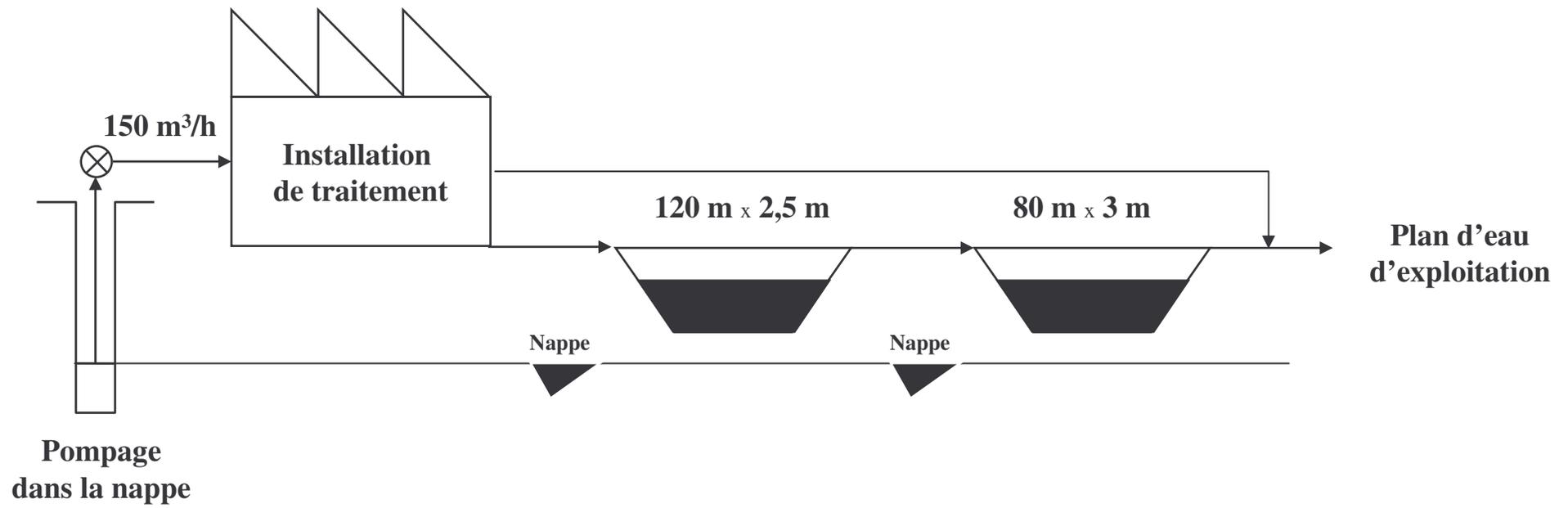
HAUT-RHIN



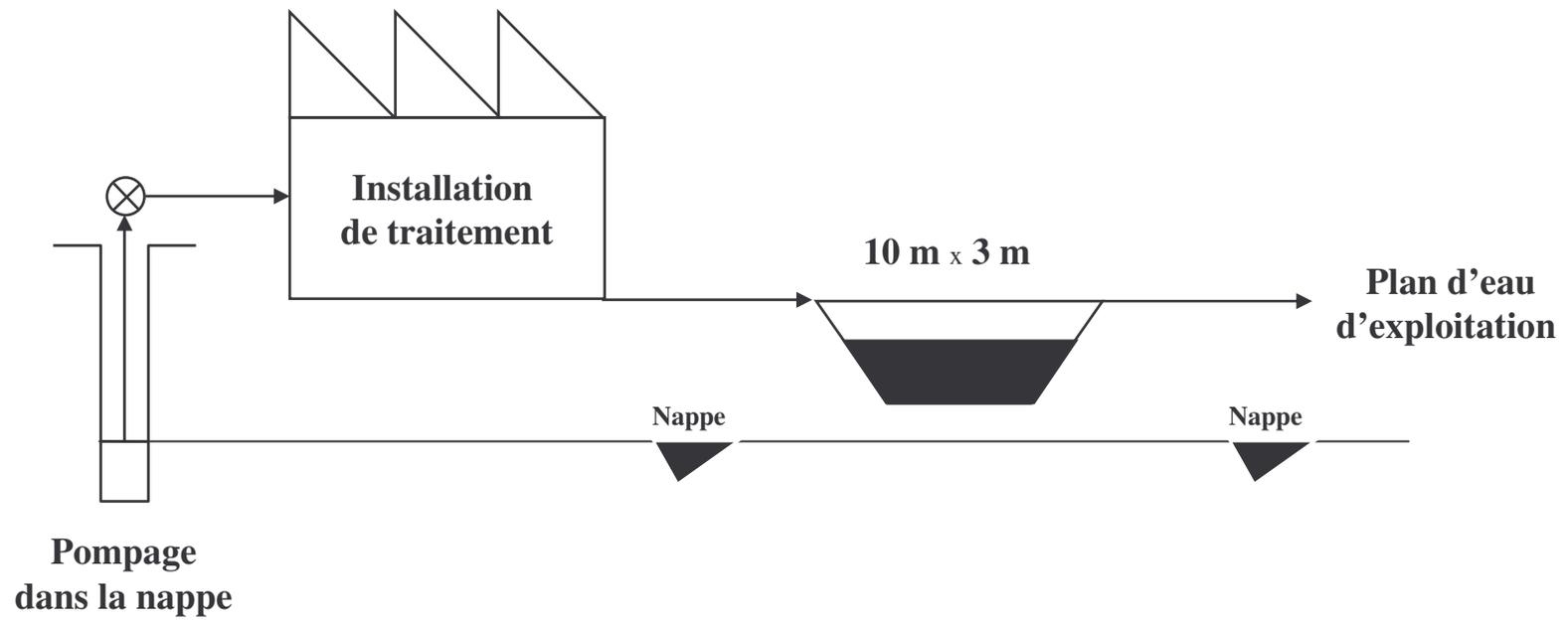
Site	surface du plan d'eau exploité	profondeur maximale du plan d'eau	profondeur moyenne de la nappe	battement du toit de la nappe	matériel d'extraction	concassé lavé	volume d'eau utilisé par tonne de tout venant	traitement des sables	valorisation du sable	granulométrie minimale recueillie avant bassin	bassin de décantation (présence d'une surverse)
Baldersheim	10 ha	35 m	14 m	3 m	drague à grappin	oui	1 m ³ /t	roue à sable - essoreur - cyclonage	oui	2,5 % à 80 µm	non
Bartenheim	~4,5 ha en décembre 2001	~6 m	15 m	3,50 m	à sec : chargeuse en eau : pelle	oui	1,17 m ³ /t	roue à sable - essoreur vibrant	oui	90 µm	oui
Benfeld	18 ha	40 m	-	0,80 m	drague à grappin	oui	2,3 m ³ /t	roue à sable	oui	100 µm	non
Blotzheim	~17 ha en décembre 2001	15 m / TN	9 m	2,5 m	drague à godet	oui	0,9 m ³ /t	cyclonage - essoreuse	oui	80 µm	oui
Dalhunden	40 ha	60 m	1,50 m	1,00 m	drague suceuse	non	150 m ³ /h	roue à sable	oui	-	oui
Herrlisheim-près-Colmar	~22-24 ha	38,4 m	1,5 m	1 m	drague à grappin	non	0,9 m ³ /t	roue à sable, cyclone	oui	sable 0-4	non
Hirtzfelden	hors eau	-	11 m	1 m	à sec : chargeur	oui	1,3 m ³ /t	roue à sable cyclone	oui	sablon 630 µm	non
Lauterbourg	100 ha (108 à terme)	35 m	~ 2 m	1,48 m	drague à grappin	non	2 m ³ /t	oui	oui	50 µm	oui
Lingolsheim	21 ha	60 m	~6 m (à vérifier)	-	drague à grappin	non	0,83 m ³ /t	cyclone	oui	sable 0-3,15	oui
Ostwald	52,52 ha	55,5 m	1,95 m	0,32 m	drague à grappin	oui	0,44 m ³ /t	cyclone	oui	80 µm	oui
Rumserheim-le-Haut	~30 ha	64 m	8 m	1 à 2 m	drague à grappin	oui	2 m ³ /t	oui	oui	-	non
Sélestat	20 ha	35 m (à terme 50)	-	0,8 m	drague à grappin	oui	1,1 m ³ /t	roue à aube	oui	-	oui
Stattmatten	51,86 ha	41,5 m	2,69 m	0,4 m	drague à grappin	non	2 m ³ /t	roue décanseuse	oui	125 µm	oui
la Wantzenau	~28 ha	52 m	1,5 m	0,5 m	drague à grappin	non	~1 m ³ /t	roue à sable	oui	-	oui

<i>bassin d'infiltration (pas de surverse) - dans ou hors nappe</i>	<i>nombre</i>	<i>bassin bétonné</i>	<i>dimensionnement</i>	<i>positionnement par rapport au plan d'eau en considérant le sens d'écoulement de la nappe</i>	<i>lieu de déversement des eaux de rejet en sortie</i>	<i>utilisation d'un floculant</i>	<i>curage</i>	<i>fréquence</i>	<i>utilisation finale des boues</i>
oui, hors nappe	1	non	100-100-10	amont	-	non	non	-	comblement du bassin
non	4 successifs	non	30-15-4 25-12-4 20-12-4 20-12-4	en amont	bassin de pompage	oui	oui	1 fois par semaine	remblaiement et réaménagement
non	-	-	-	-	plan d'eau d'extraction	non	-	-	réaménagement local
non	1	non	90-70-12	en aval	plan d'eau d'extraction	non	oui	1 fois par an	remblaiement et réaménagement
non	2	non	120-2,5-1,5 80-3-2	amont	plan d'eau d'extraction	non	oui	tous les 2 jours	création d'une roselière
oui, dans nappe	1	non	~30 ares, prof. ~7 m	amont	-	non	non	-	comblement du bassin
oui, hors nappe	1	non	non	aval	-	non	non	-	comblement du bassin
non	1 primaire 2 en série	non	1 ^{aire} 45-15-2 1 ^{er} 46-53,5-2 2 ^{ème} 62-28-2	-	port de Lauterbourg	non	oui	1 ^{aire} bimensuel 1 ^{er} annuel 2 ^{ème} nouvellement curé	création d'un môle dans le port
non	5 avec des surverses filtrantes en granulat	uniquement le fond	24-22-2,5 24-20-2,5 22,5-15-2	ouest	plan d'eau d'extraction	non	oui	2 fois par an	réaménagement local
non	2	non	28-14-2 46-16-2	amont	plan d'eau d'extraction	non	oui	bimensuel	réaménagement local
oui, hors nappe	1	non	140-50-7	amont	-	non	non	-	comblement du bassin
non	1	non	50-15-4	amont	plan d'eau d'extraction	non	oui	1 fois par mois	réaménagement local
non	1	non	30-15-1	amont	plan d'eau d'extraction	non	oui	quotidien	création d'une roselière
non	1 en 2 parties	oui	10-3-2	amont	plan d'eau d'extraction	non	oui	1 fois par semaine	réaménagement local

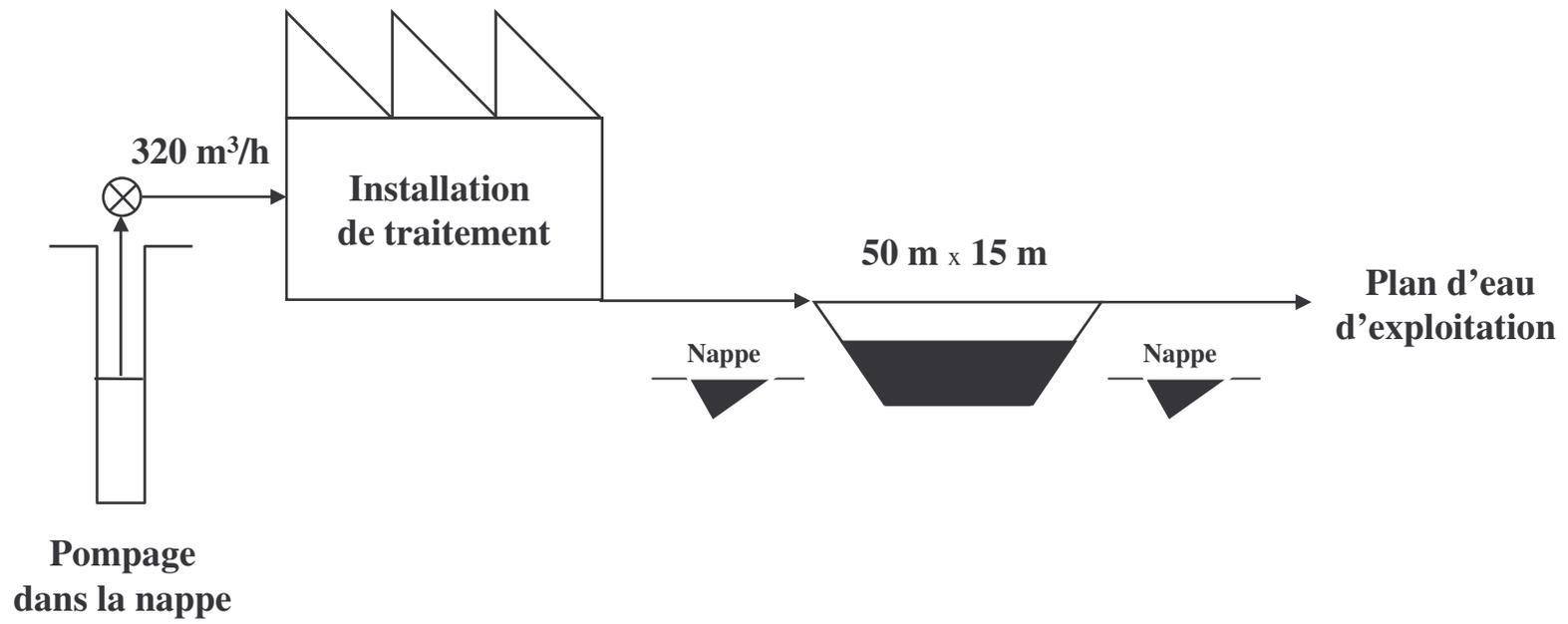
Site de Dalhunden



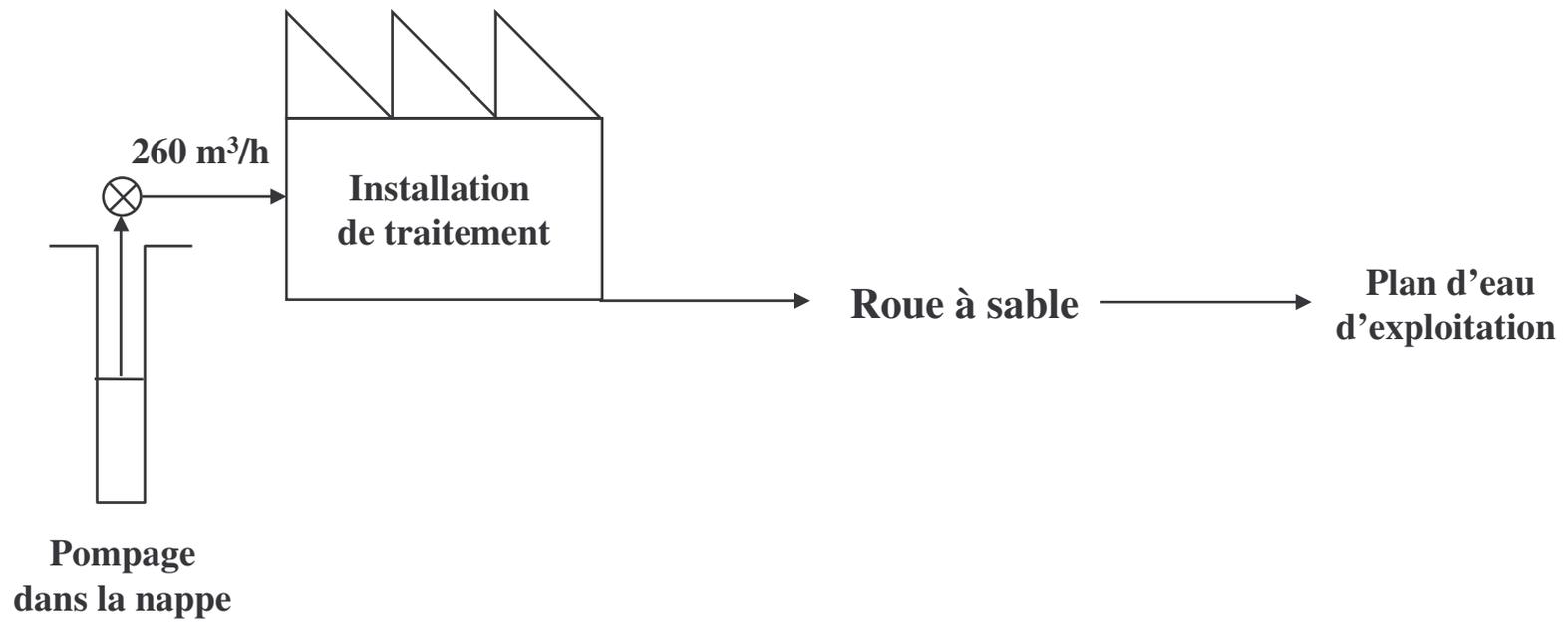
Site de la Wantzenau



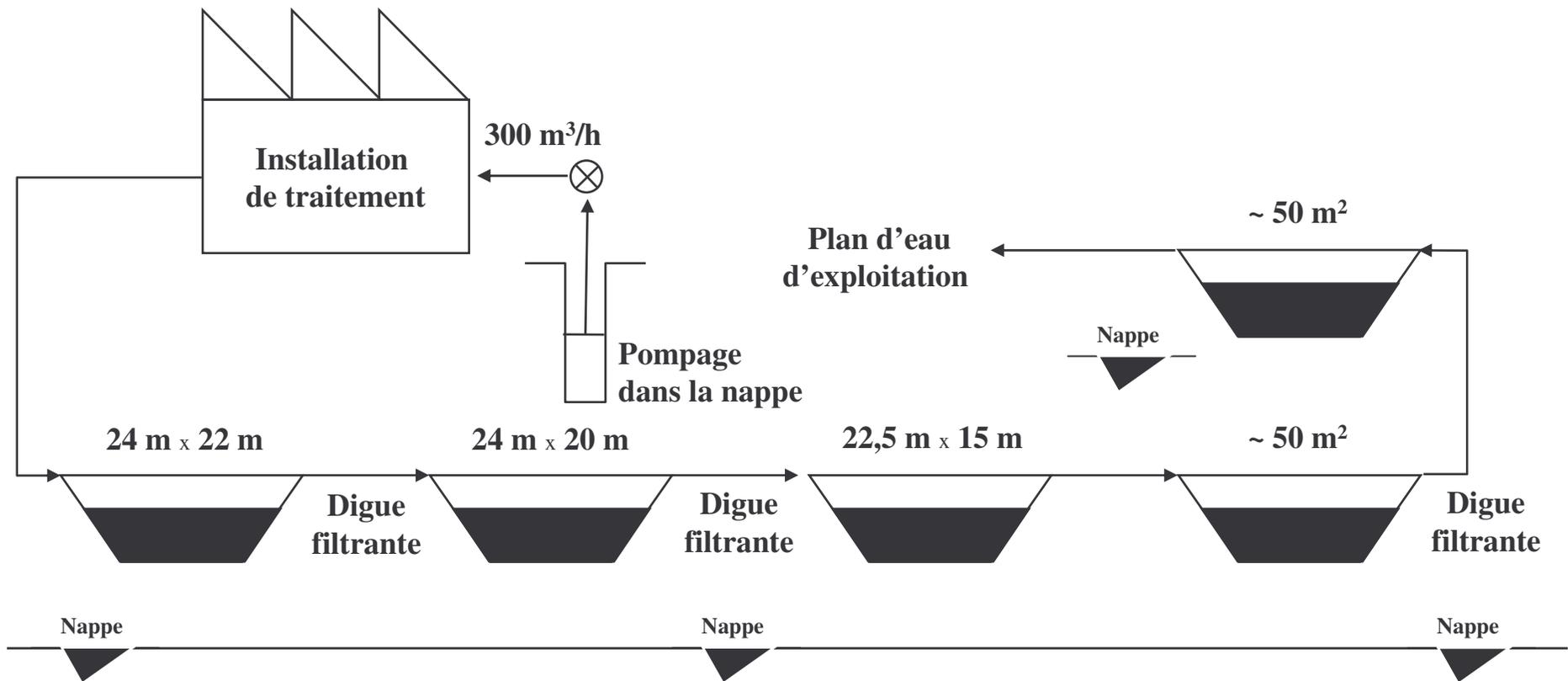
Site de Sélestat



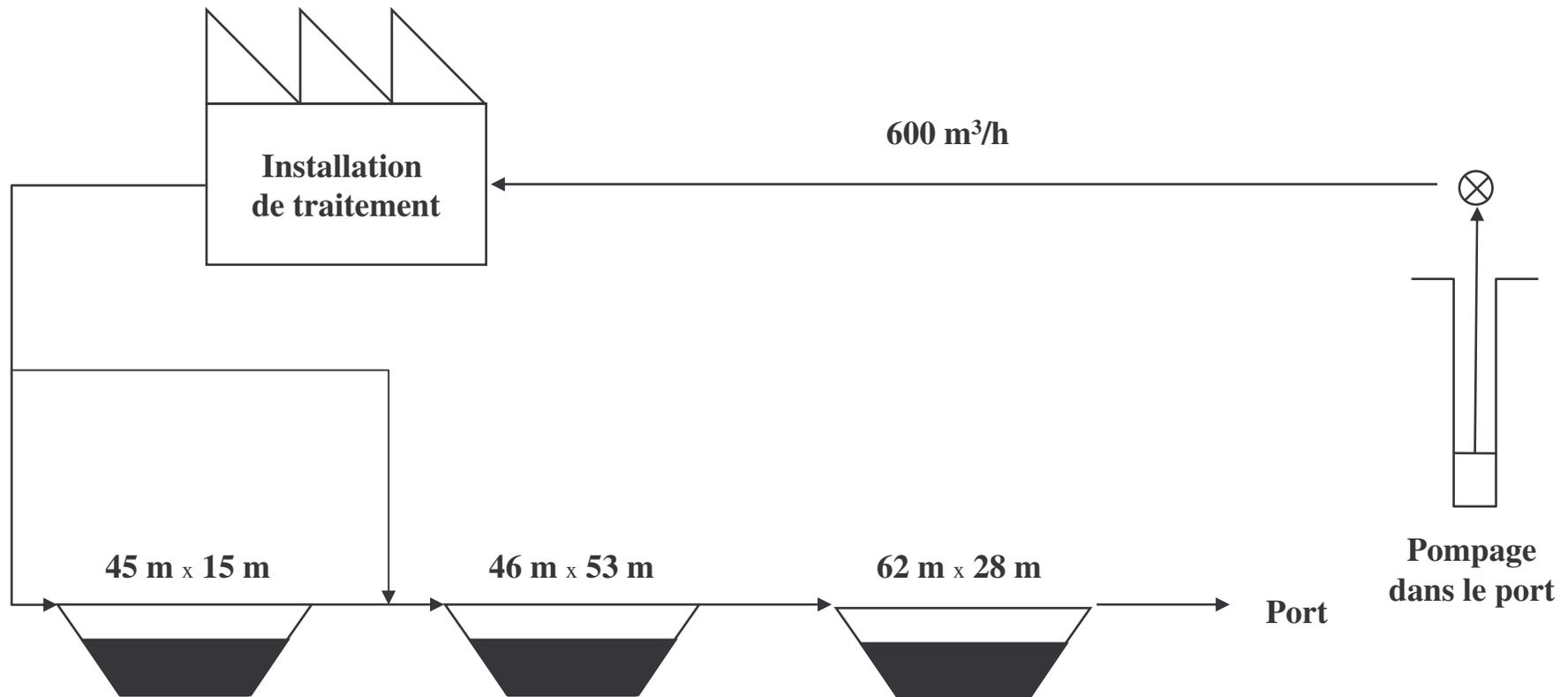
Site de Benfeld



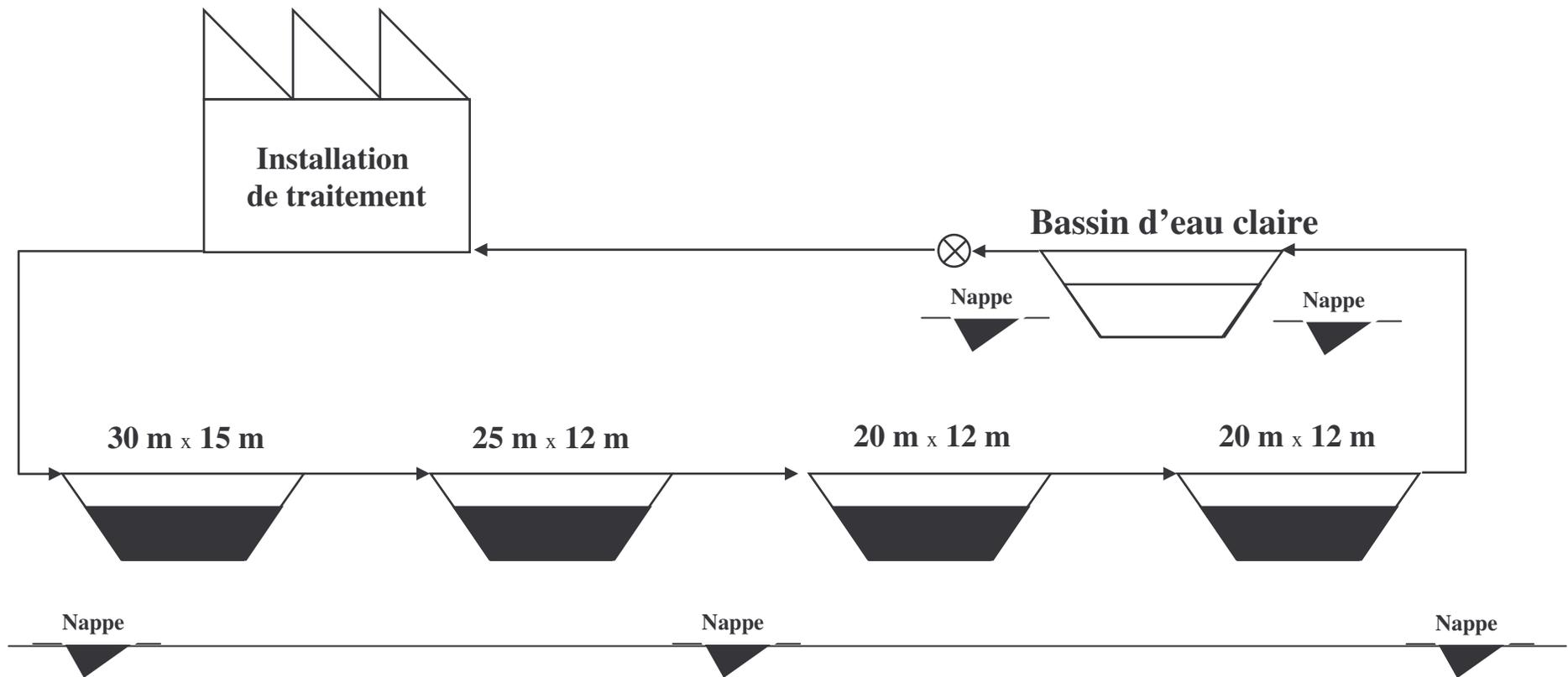
Site de Lingolsheim



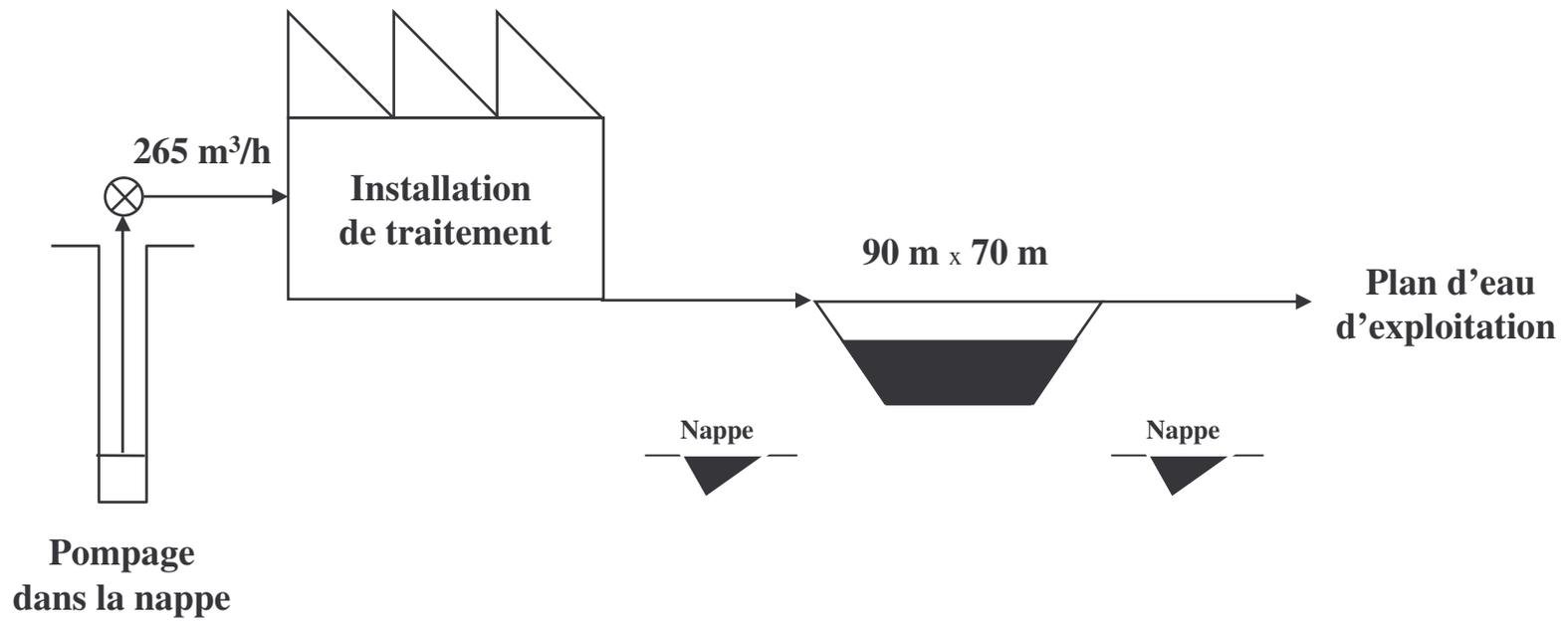
Site de Lauterbourg



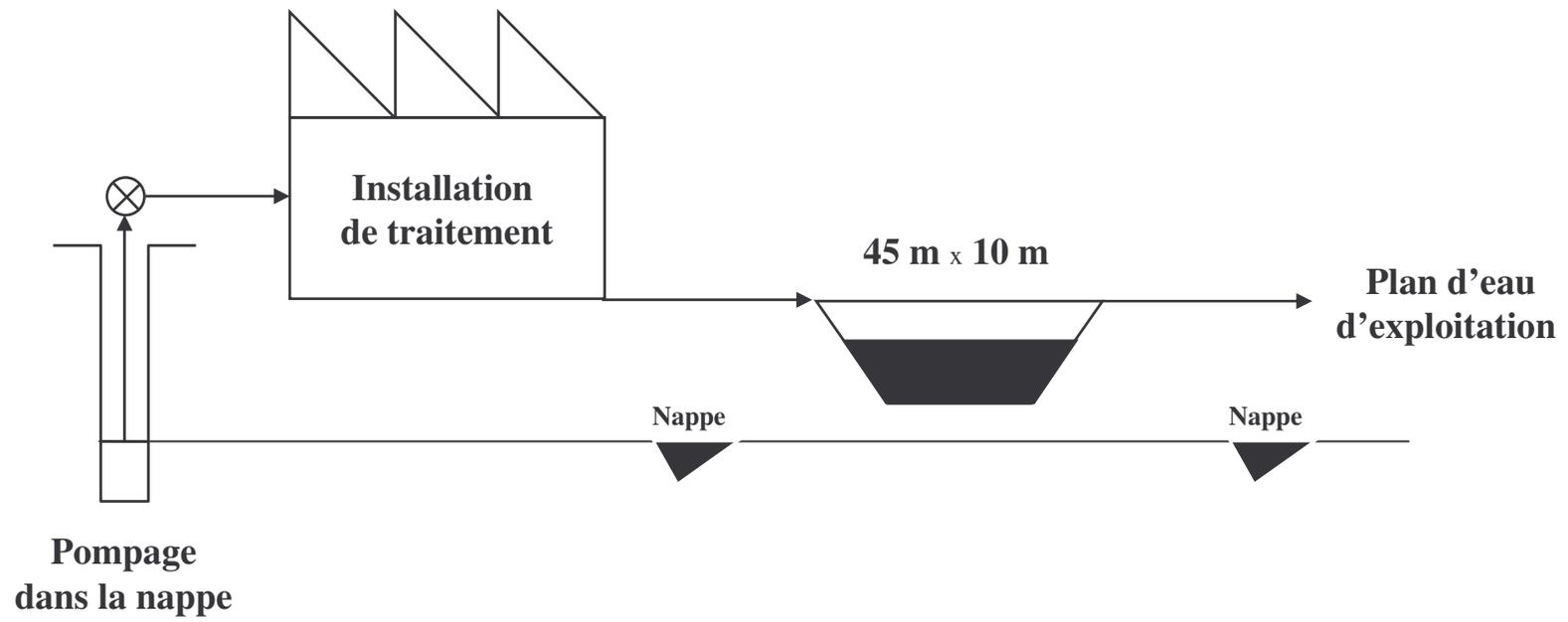
Site de Bartenheim



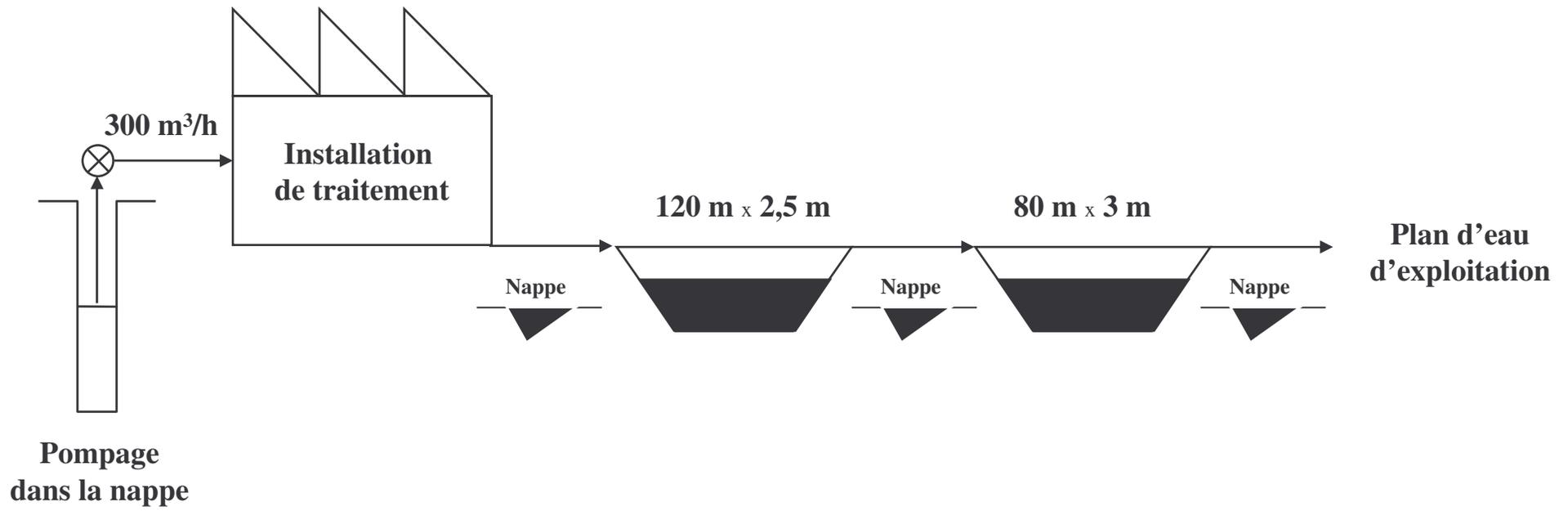
Site de Blotzheim



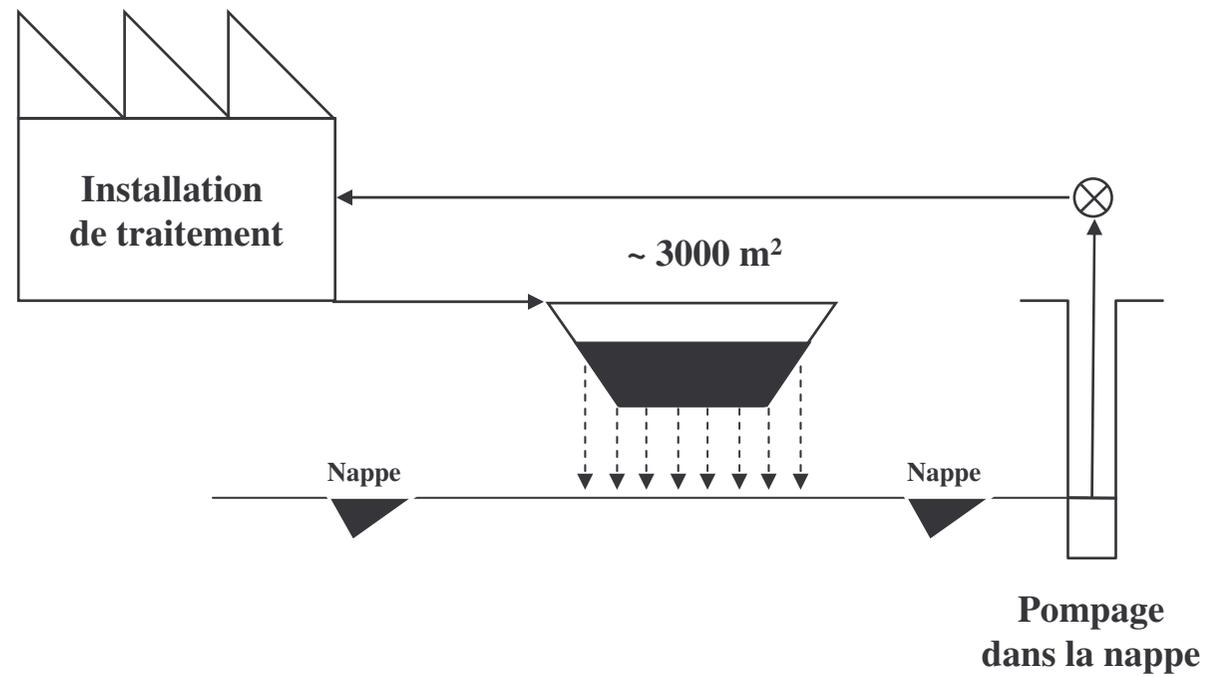
Site de Stattmatten



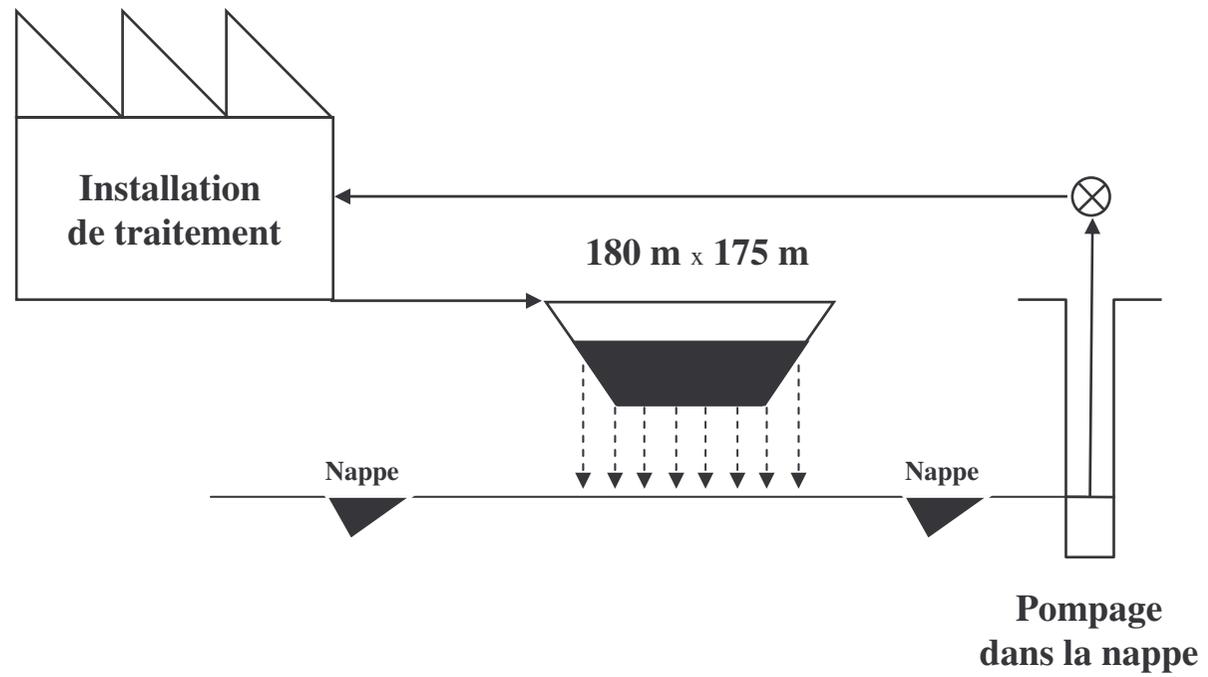
Site de Ostwald



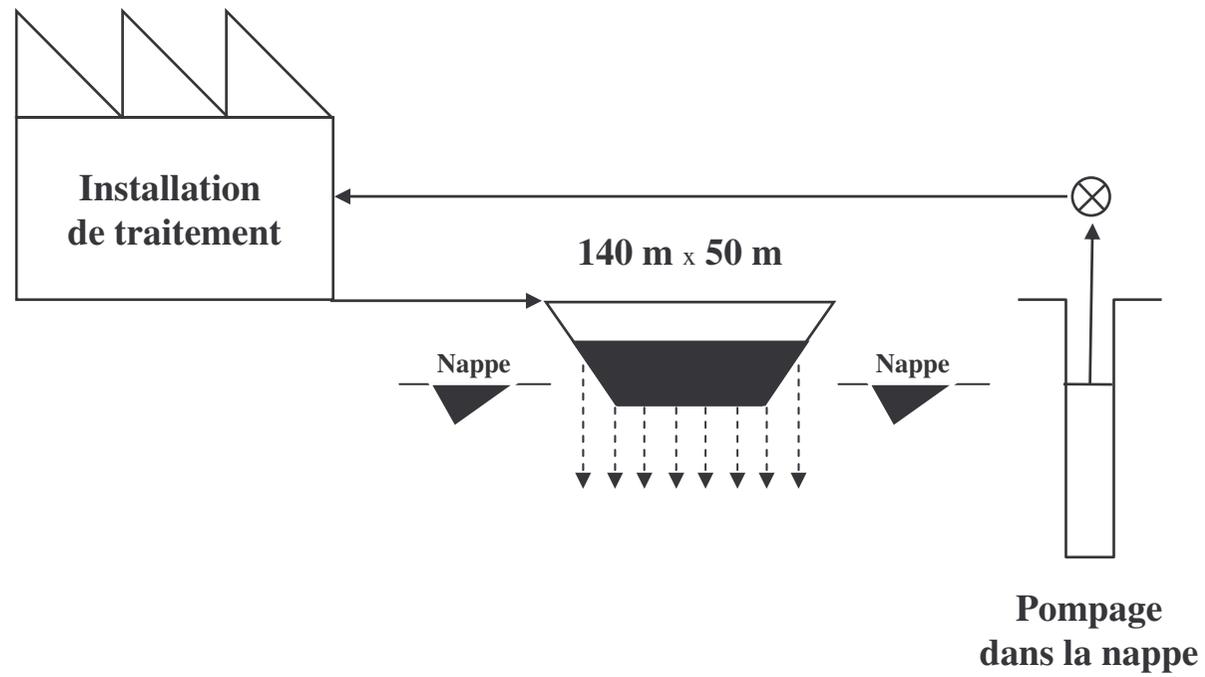
Site de Herrlisheim-près-Colmar



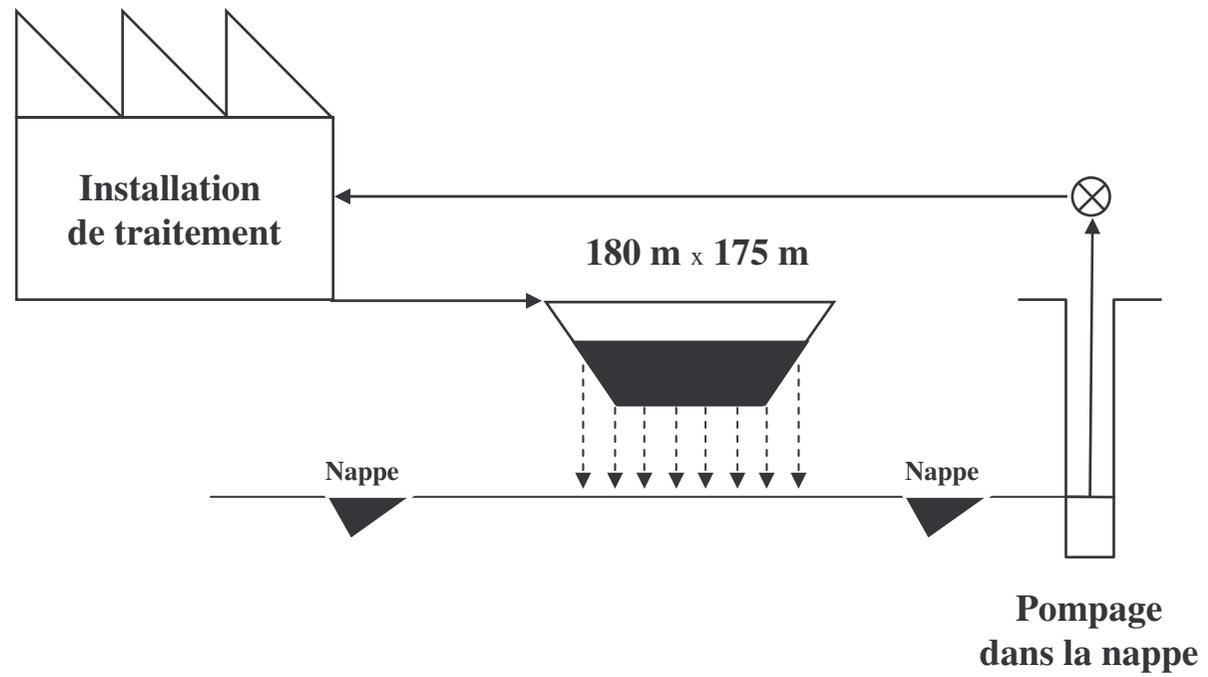
Site de Hirtzfelden



Site de Rumersheim-le-Haut



Site de Baldersheim



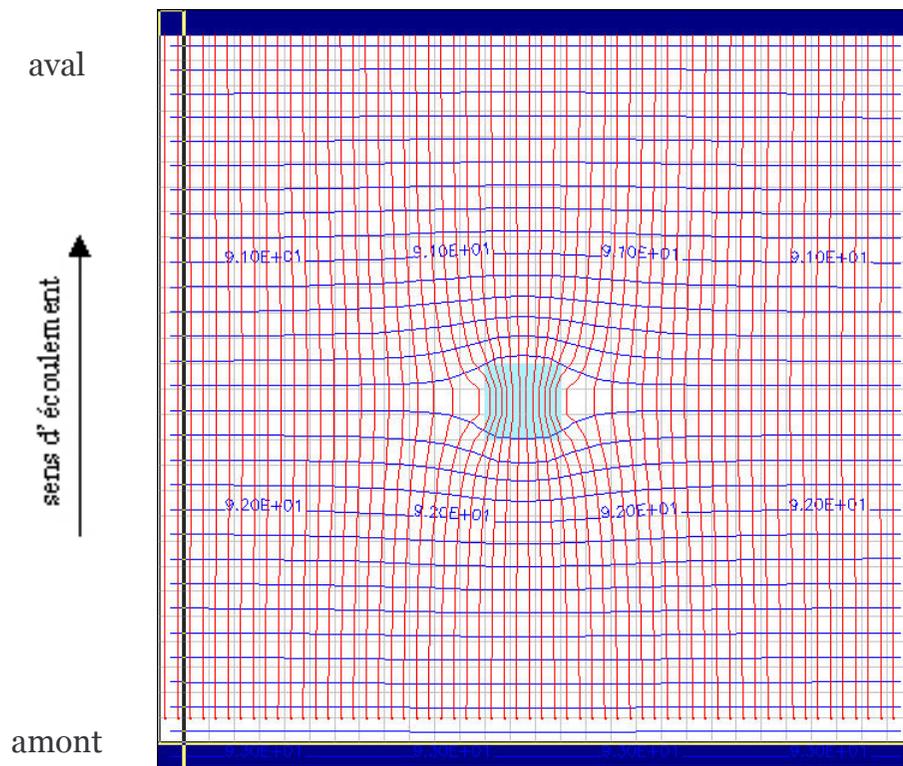


ANNEXE n°4

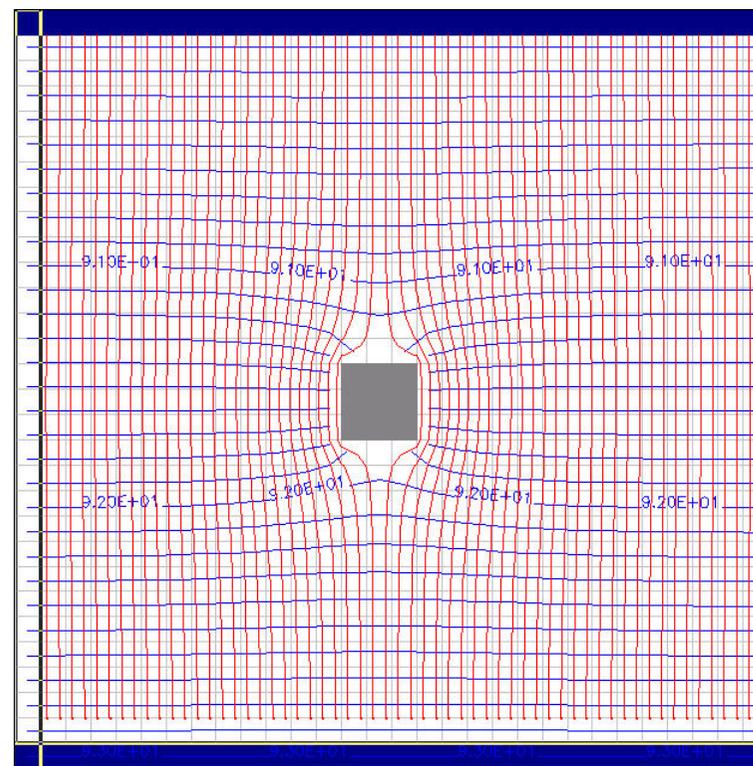
L'impact hydrodynamique d'une
gravière

EFFETS PIEZOMETRIQUES D'UNE GRAVIERE

Gravière non colmatée



Gravière entièrement colmatée



perméabilité de la matrice sédimentaire = 10^{-3} m/s
perméabilité du lac de gravière = 10^5 m/s
perméabilité du colmatage des berges = 0 m/s

