



HPC ENVIROTEC S.A., 187 Avenue du Général Leclerc, 94700 Maisons-Alfort

Tél: (1) 43 96 89 74
Fax: (1) 43 96 89 77

AUDIT DU SITE DE L'ANCIENNE USINE A GAZ DE CHARTRES

DEUXIEME PARTIE

INVESTIGATIONS SUR LE SITE

Chargés d'affaires:

Frank KARG
Géologue-Géochimiste
Directeur Scientifique

Benoît EROUT
Géologue-Géophysicien

Rapport **HPC-F 950021b**

Chantepie, le 12 avril 1996

HPC ENVIROTEC S.A.: Capital 1 338 000 F RCS CRETEIL B 383 974 292 APE 742 C SIRET 383 974 292 000 13

Siège social:
187 Avenue du Général Leclerc
94700 MAISONS-ALFORT
Tél: (1) 43 96 89 74
Fax: (1) 43 96 89 77

Agences nationales:	Tél:	Fax:
☐ Metz	87 36 93 98	87 36 95 24
☒ Rennes	99 41 61 68	99 41 61 91

Internationales:	
London (GB)	Prague (CR)
Berlin (D)	Milano (I)
Linz (A)	Zürich (CH)

<u>1. INTRODUCTION</u>	<u>2</u>
<u>2. DESCRIPTION DU SITE</u>	<u>2</u>
<u>3. INVESTIGATIONS SUR LE SITE</u>	<u>2</u>
3.1. METHODOLOGIE	2
3.2. TRAVAUX REALISES	3
3.2.1. Sondages de reconnaissance	3
3.2.2. Sondages profonds et piézomètres	4
3.3. RECHERCHE DES POLLUANTS	5
<u>4. ANALYSE DES RESULTATS</u>	<u>6</u>
4.1. DESCRIPTION DES PROFILS DE SONDAGES	6
4.2. HYDROGEOLOGIE	7
4.3. ETAT DU SOL	7
4.4. ETAT DE LA NAPPE ALLUVIALE	8
<u>5. EVALUATION DU RISQUE</u>	<u>11</u>
<u>6. CONCLUSIONS</u>	<u>19</u>

CARTOGRAPHIE DES RESULTATS

ANNEXES :

ANNEXE B-1 : PROFILS GEOLOGIQUES DES SONDAGES ET DES PIEZOMETRES

ANNEXE B-2 : SYNTHESE DES RESULTATS D'ANALYSE S PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL ET DE L'EAU

ANNEXE B-3 : DETAILS DES RESULTATS D'ANALYSE S DU SOL ET DE L'EAU

ANNEXE B-4 : GENERALITES SUR L'EVALUATION DES RISQUES

ANNEXE B-5 : ECHANTILLONNAGE DU SOL ET DE L'EAU SOUTERRAINE

1. Introduction

Le GAZ DE FRANCE a décidé de mener des opérations systématiques d'audit sur un certain nombre de sites d'anciennes usines à gaz. Le site de l'agence EDF-GDF de Chartres, a fait l'objet d'une telle opération. A ce titre la méthodologie employée et les résultats obtenus devraient constituer un ensemble de base pour le diagnostic des autres sites.

La démarche adoptée pour réaliser un tel audit consiste dans un premier temps (phase A) à recueillir le maximum d'informations par des démarches et des recherches indirectes: étude bibliographique, interviews, etc ... A partir des informations rassemblées dans le domaine notamment de l'hydrogéologie ou de la connaissance historique des procédés industriels mis en oeuvre sur le site, il est possible de définir la typologie des risques environnementaux et ainsi d'orienter dans un deuxième temps (phase B) l'évaluation de ces risques par des investigations pertinentes sur le terrain, tant au niveau des sols que des eaux souterraines.

Ce deuxième rapport décrit l'ensemble des informations obtenues au cours de la phase B de l'audit et définit un certain nombre de recommandations.

2. Description du site

L'ensemble des informations collectées sur le site tant au niveau historique, géologique qu'hydrogéologique a fait l'objet du rapport séparé (rapport : Etude historique et documentaire HPC-F956007a).

3. Investigations sur le site

3.1. Méthodologie

La méthodologie employée pour mener à bien les opérations d'audit sur des sites de ce type comprend plusieurs phases qui se décomposent comme suit:

- étude historique et documentaire pour bien cibler les investigations sur le terrain en fonction de l'éventuelle présence d'anciennes installations polluantes (rapport : HPC - 956007a).
- recherche des déchets enterrés: il s'agit la plupart du temps de repérer les anciennes fosses, cuves, etc. enterrées pouvant contenir des produits polluants tels que des matières épurantes, du benzol, des goudrons, etc ... Une fois localisées et identifiées, une reconnaissance de l'état des lieux (nature et quantité de produits contenus) peut s'avérer nécessaire.

- sondages de reconnaissance: ces sondages réalisés à partir d'un maillage relativement serré, permettent d'évaluer l'impact des polluants sur les sols. Ils sont réalisés à l'aide d'une sondeuse manuelle (microcarrotages) ou d'une pelle mécanique.
- sondages profonds pouvant être équipés en piézomètres: ces sondages sont réalisés à l'aide d'une machine permettant de forer à des profondeurs supérieures à 10 mètres en destructif ou en carottage intégral. Ils sont généralement localisés à la fois au centre de zones éventuellement contaminées ou identifiées précédemment de façon à mieux appréhender la pollution en profondeur et en des points particuliers (amont et aval hydraulique) assurant une couverture globale de la nappe phréatique.

L'ensemble des échantillons collectés tant au niveau des sols que des eaux souterraines et éventuellement de l'air, donne lieu après sélection à une détermination analytique des principaux polluants traceurs des activités passées.

3.2. Travaux réalisés

3.2.1. Sondages de reconnaissance

Ces sondages ont été effectués par une équipe de notre société HPC entre le 1^{er} et le 2 mars 1995. Vingt deux sondages numérotés de 1 à 22 ont été réalisés.

Les sondages ont été forés à l'aide d'une sondeuse manuelle à percussion de type Wacker équipée de tube à gouge de diamètre 35 mm. Les sondages se répartissent comme suit (voir plan 1):

- S 1 : au Sud du site, à proximité de la citerne à solvant,
- S 2, 3, 4 : au sud-est, à proximité de l'ancien atelier de gaz à l'eau,
- S 5, 16, 17 : au droit et entre les gazomètres de 3000 et 2100 m³,
- S 6, 15, 18, 19, 20 : en proximité des derniers fours du site,
- S 7, 8 : sur et en proximité du casse-coke,
- S 9 : au Nord des anciens bureaux,
- S 10, 11, 12, 13 : près des anciens magasins et de l'ancienne cuve à goudron,
- S 21, 22 : au Nord du site de l'ancienne usine.

3.2.2. Prélèvements des échantillons du sol

Chaque sondage a donné lieu au prélèvement d'un échantillon de sol par mètre linéaire de la colonne de terrain traversé et, au fur et à mesure de l'avancement, à la constitution d'un échantillon représentatif de la colonne complète. Les détails du procédé mis en oeuvre figurent en annexe B-5.

3.2.3. Sondages profonds et piézomètres

Les sondages profonds ont été menés jusqu'à la nappe phréatique (nappe alluviale). Trois sondages (voir *plan 2*), tous équipés en piézomètres, ont été mis en place sur le site. Ces sondages ont été forés entre le 28 février et le 2 mars 1995.

- PZ1 : en bordure du Petit Bouillon, près d'une ancienne cuve,
- PZ2 : entre les anciens fours et l'ancienne cuve à goudron,
- PZ3 : en aval hydraulique du site.

Ils ont tous les trois été équipés en piézomètre PVC de diamètre 125 mm, crépiné à partir de 1m sous la surface du sol. Les tubes crépinés sont recouverts d'une toile filtrante, perméable à l'eau, et imperméable aux fines particules susceptibles de boucher le piézomètre.

Les ouvrages ont été nivelés relativement au piézomètre PZ1. La mesure a été réalisée à partir de la tête nivelée du piézomètre. Le niveau des eaux souterraines indiqué dans le tableau suivant a été mesuré par rapport à cette valeur de référence.

Les sondages profonds ont traversé de haut en bas les terrains suivants:

- remblais de limons sableux à silex de 0 à 3 m sur PZ1, 0 à 2 m sur PZ2 et jusqu'à 4,75 m sur PZ3,
- une formation de grave sableuse et localement tourbeuse sur PZ1,
- puis vers 8 à 9 m la craie altérée du Sénonien (C₆₋₄) sur PZ1 et 2 ; une série de sables limoneux sur PZ3.

Le niveau de la nappe alluviale au droit des piézomètres a été relevé le 1^{er} février 1995 entre 18 et 19 heures. Les valeurs du niveau de la nappe sont les suivantes:

piézomètre	PZ1	PZ2	PZ3
profondeur (m)	8,6	8,0	8,2
formation atteinte	craie altérée	craie altérée	sable limoneux
niveau d'eau (m) / PZ1	- 4,1	- 3,96	- 3,96

Les échantillons d'eau souterraine ont été prélevés à 1 m sous la surface de la nappe alluviale à l'issu du nettoyage des piézomètres.

3.3. Recherche des polluants

Les analyses chimiques ont porté sur les principaux polluants écotoxiques liés aux activités de distillation des charbons, du craquage et des solvants, à savoir:

- hydrocarbures totaux (infra rouge), ➔ carburants et matière première de craquage,
- HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), ➔ naphta, goudron et brais,
- BTX (série des hydrocarbures aromatiques), ➔ benzol, solvants et matière première de craquage,
- phénols, ➔ goudron et naphta,
- cyanures, ➔ matières épurantes et impuretés dans le goudron,
- ammonium, ➔ sulfate d'ammonium de la sulfatation,
- métaux lourds (Pb, Cd, Ni, Cr, Hg) et arsenic, ➔ impuretés du charbon et des matières épurantes.

L'ensemble des analyses a été mené dans nos laboratoires. Les méthodes retenues sont celles appliquées habituellement et décrites en annexe « Détails des analyses physico-chimiques ».

- HAP: détermination par chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (CPG/MS) des 16 principaux HAP correspondant à la liste prioritaire de l'EPA (Environmental Protection Agency des Etats-Unis) : US EPA 8100,
- BTX: détermination par chromatographie en phase gazeuse (CPG/FID) en mode "head-space",
- Phénols: détermination d'un indice phénol par colorimétrie : NFT 90-204,
- Cyanures totaux: détermination des cyanures complexes par colorimétrie après extraction en milieu acide puis après lixiviation : NFT 90-107,
- Cyanures libres (Détermination par colorimétrie) : NFT 90-108,
- Ammonium: détermination par colorimétrie après lixiviation,
- Les métaux lourds: détermination par absorption atomique : NFT 90-119 et DIN38406 E22,
- Hydrocarbures totaux (extraction et spectrométrie en infra-rouge) : NFT 90-114.

Le plan d'analyse est le suivant :

prélèvements	sol		eau
	S1 à S22	S3 à S6 - S8 - S11 à S14 - S18 - S20	PZ1 à PZ3
paramètres			
<i>Hydrocarbures totaux</i>	22		3
<i>HAP</i>	22		3
<i>BTX</i>	22		3
<i>Cyanures</i>	22		3
<i>Métaux lourds (Pb, Cd, Cr tot., As, Ni, Hg)</i>		11	3
<i>Phénols</i>			3
<i>Ammonium</i>			3
<i>Conductivité</i>			3
<i>pH</i>			3
<i>Cyanures libres</i>			3
<i>Indice phénols</i>			3
<i>Ammonium</i>			3

Tous les résultats d'analyses sont joints en annexe « synthèse des résultats d'analyses physico-chimiques du sol et de l'eau » et « Détails des résultats d'analyse physico-chimiques du sol et de l'eau »

Pour les échantillons d'eau, les analyses sont réalisées sur échantillons bruts. En conséquence, les analyses prennent en compte les substances en suspension (principalement les HAP et les ferro-cyanures).

4. Analyse des résultats

4.1. Description des profils de sondages

(voir en Annexe B-1 « description des profils de sondages »)

Les terrains traversés font apparaître, depuis la surface des séries assez hétérogènes : remblais argilo-graveleux jusqu'aux niveaux archéologiques identifiés jusqu'à 4 mètres de profondeur (voir S13).

4.2. Hydrogéologie

En complément des informations sur l'hydrogéologie du secteur figurant dans le rapport 956007a, nous souhaitons indiquer que la sensibilité de la nappe de la craie aux pollutions superficielles est due à la continuité entre la nappe alluviale et celle de la craie. Dans ce contexte, une altération de la qualité des eaux de la nappe alluviale due à la présence de substances nocives solubles ou plus denses, pourra potentiellement s'étendre à celle de la craie.

L'étude menée a tiré partie de la réalisation sur le site des 3 piézomètres. Le relevé du niveau de la nappe phréatique au droit de ces forages permet le tracé d'une carte piézométrique (voir *plan 7*) qui ajuste la connaissance que nous avons des écoulements d'eau souterraine dans la région de Chartres. Lors des investigations et des mesures le Petit Bouillon (bras de la rivière de l'Eure) avait été obturé en amont hydraulique du site ce qui modifie, dans une mesure qu'il paraît difficile d'évaluer sans plus d'information, le contexte hydrogéologique superficiel.

Les alluvions de l'Eure reposent directement sur la craie à silex du Sénonien et renferment la nappe d'accompagnement de la rivière. C'est une nappe libre alimentée régulièrement par celle des coteaux (nappe de la craie) et drainée par la rivière. Son niveau piézométrique peut fluctuer de façon importante et, au moment des crues notamment, il peut y avoir inversion du sens d'écoulement habituel. L'Eure alimente alors les alluvions.

4.3. Etat du sol

L'état du sous-sol du site est appréhendé en premier lieu à partir de la description des profils organoleptiques établis pour chacun des sondages et des tranchées. Cette description, établie en temps réel sur le terrain, permet d'ajuster à tout moment la campagne de sondage en fonction des informations obtenues.

Les analyses chimiques effectuées tant sur le site qu'en laboratoire ont permis de mieux cerner et de quantifier la présence de sous-produits (voir en Annexe B-2 *tableaux 1 à 8*).

Les sondages ont permis d'identifier aucune accumulation de matières épurantes, parfois associées à l'exploitation d'un site pour la production de gaz de houille. Des traces très ponctuelles de goudron ont été localisées au droit de S6, S8 et S20. Quelques traces de charbon à associer vraisemblablement à une occupation très lointaine du site ont été mises à jour (voir S13). De même, les activités de craquage d'essence, n'ont pas, dans la mesure de nos connaissances, généré de déchets ni de sous-produits dans le sous-sol du site.

Les traces de sous-produits identifiées sont :

- S6 : imprégnation par le goudron entre 0,5 et 0,7 m de profondeur,
- S8 : imprégnation par le goudron entre 0,6 et 1,1 m de profondeur,
- S20 : imprégnation par le goudron entre 1,8 et 1,9 m de profondeur.

Tous les autres sondages ne présentent pas de pollution.

Ces constatations sont assez bien corrélées avec les résultats d'analyses des échantillons de sol prélevés lors des investigations. En effet les résultats montrent :

- la présence de traces d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP 16) en teneurs généralement très faibles à l'exception des sondages S6 et S8 qui montrent des teneurs anormales respectives de 978,3 mg/kg et 802,3 mg/kg. Tous les autres échantillons montrent une concentration de 0,3 à 70 mg/kg (valeur moyenne du site : 121 mg/kg),
- la présence de traces d'hydrocarbures aromatiques de la famille du benzène (BTX) en teneurs inférieures à 0,35 mg/kg,
- la présence de traces de cyanures en teneurs également limitées (valeur pointe de 98 mg/kg au droit de S12. Tous les autres échantillons montrent des concentrations inférieures à 10 mg/kg (valeur moyenne du site : 5,47 mg/kg),
- des teneurs en métaux lourds homogènes et probablement conformes aux teneurs naturelles locales, sur l'ensemble des échantillons analysés.

4.4. Etat de la nappe alluviale

La recherche des substances polluantes provenant de l'éventuelle migration dans la nappe de certains sous-produits est synthétisée sur le plan 7: « *Etat de l'eau de la nappe* » et montre que les eaux souterraines, comme le sous-sol, au droit du site, ne sont pas ou peu affectées par l'exploitation qui en fut faite (voir Figures 1 et 2).

Les sous-produits identifiés en teneurs significatives dans les échantillons d'eau prélevés dans le piézomètre PZ1 sont les HAP et les cyanures totaux dont l'essentiel est sous forme complexée de ferro-cyanure et adsorbé sur la matière en suspension.

Les résultats des analyses d'eau sont les suivants :

Paramètres \ Piézomètres	PZ 1	PZ 2	PZ 3
HAP (µg/l)	32,06	< 0,05	< 0,05
BTX (µg/l)	< 1,0	< 1,0	2,0
Cyanures libres (mg/l)	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cyanures totaux (mg/l)	1,47	0,44	0,080
Ammonium (mg/l)	11,2	1,8	9,6
Indice phénols (mg/l)	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Arsenic (mg/l)	0,005	0,002	0,005
Plomb (mg/l)	0,013	< 0,003	< 0,003
Cadmium (mg/l)	0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Nickel (mg/l)	0,004	0,003	0,004
Mercuré (mg/l)	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Chrome tot. (mg/l)	< 0,001	0,001	< 0,001

La connaissance des procédés techniques et des sous-produits propres aux anciennes usines à gaz permettent de définir l'origine et la nature des substances.

Ainsi, les cyanures produits sur le site d'une ancienne usine à gaz sont les ferro-cyanures complexés ($\text{Fe}_4^{\text{III}} [\text{Fe}^{\text{II}} (\text{CN})_6]_3$). Ces ferro-cyanures font partie des matières épurantes produites au cours de l'épuration sec du gaz. Ils sont inertes, stables et quasiment pas solubles. En cas de présence de ferro-cyanures dans l'eau, il y a formation d'une suspension (par opposition à une substance en solution).

Dans le cas présent, les résultats d'analyses montrent clairement l'absence de cyanures solubles (cyanures libres) dans l'eau souterraine (teneurs inférieures au seuil de détection de 0,005 mg/l). Par contre, on observe la présence de "cyanures totaux" en concentrations comprises entre 0,08 et 1,47 mg/l. Il s'agit donc de ferro-cyanures en suspension.

De plus, les expériences précédentes ont démontré que les souillures en suspension (telles les ferro-cyanures = bleu de Prusse) migrent seulement à quelques dizaine de mètres dans les alluvions car ils sont rapidement filtrés dans les couches géologiques.

En aucun cas les ferro-cyanures en suspension d'une concentration maximale de 1,47 mg/l ne peuvent constituer une menace pour l'aquifère de la craie, exploité pour la production d'eau potable dans la région de Chartres.

Il en est de même pour les HAP qui sont très peu solubles :

Exemple :

HAP	Solubilité
naphtalène	25 mg/l (20°C)
phénanthrène	950 µg/l (20°C)
fluoranthène	210 µg/l (20°C)
pyrène	150 µg/l (20-30°C)
anthracène	48 µg/l (25°C)
benzo[a]pyrène	4,5 µg/l (15-30°C)
benzo[a]anthracène	1 µg/l (20-30°C)
pérylène	0,4 µg/l (20-25°C)

Seul le naphtalène montre une solubilité de quelques mg/l. En ce qui concerne les autres HAP, la solubilité est inférieure à 1 mg/l. Il y a donc adsorption rapide sur la matière en suspension dans l'eau (très connue pour les HAP). Dans le piézomètre PZ 1, 32,6 µg/l en HAP ont été décelés. Par ailleurs, la concentration en naphtalène est seulement de 1,6 µg/l. La partie très peu soluble des HAP et principalement adsorbée sur la matière en suspension dans l'eau représente 95 % de la teneur totale.

Les expériences précédentes ont démontré que les souillures en suspension dans l'eau (notamment les HAP) migrent seulement à quelques dizaine de mètres dans l'aquifère du fait de filtrations dans les couches géologiques.

En aucun cas, une concentration de 32,06 µg/l en HAP principalement en suspension au droit du PZ 1 ne peut menacer l'aquifère de la craie, utilisé pour la production d'eau potable dans la région de Chartres.

Il convient aussi de remarquer que dans tous les cas, les échantillons d'eau sont toujours analysés sans filtration préalable. L'analyse des substances en suspension est effectuée en toute transparence pour un constat d'eau brute présente sur le site.

Les autres souillures décelées sur le site de Chartres sont l'ammonium dont les caractéristiques toxicologiques sont beaucoup moins préoccupantes que celles des sous-produits des anciennes usines à gaz déjà énoncées (HAP, etc.).

Il faut néanmoins ajouter que la solubilité très élevée de l'ammonium provoque une dilution très rapide dans l'eau à partir de la source de présence. Les concentrations entre 1,8 et 11,2 mg/l ne constituent donc pas une menace pour l'aquifère de la craie.

Compte tenu de la faible possibilité de migration des polluants, principalement en suspension, il est impossible qu'une pollution de la nappe de la craie ne se produise à partir de souillures ponctuelles constatées sur le site de l'ancienne usine à gaz.

Même dans le cas d'une inversion des écoulements pendant les crues importantes, ces substances principalement en suspension ne peuvent altérer le milieu de façon importante bien que l'usine existe depuis le dernier siècle. Pour preuve, la présence des HAP dans les eaux souterraines a été décelée dans un seul piézomètre (PZ 1). Une migration vers les autres, même sous l'effet des phénomènes de crues et inversion des écoulements des eaux souterraines n'a pas eu lieu. Il en est de même pour les cyanures complexés, principalement présents dans PZ 1. Tous les résultats des analyses de cyanures libres sont inférieurs aux seuils de détection pour chacun des piézomètres.

Par ailleurs, la concentration d'ammonium est dans le PZ 2 presque 10 fois inférieur à celle de PZ 1.

Une nappe alluviale ne peut donc pas être considérée comme souillée au droit du site. Il s'agit d'une dégradation ponctuelle due à des substances dont l'aptitude à migrer est très réduite, un phénomène typique des sous-produits des anciennes usines à gaz.

Enfin, l'eau souterraine du site et de ses environs n'est pas utilisée pour la production d'eau potable.

D'autre part, l'annexe III du décret 89.3 du 3 janvier 1989 modifié, limite ainsi les concentrations en HAP dont la comparaison avec les teneurs identifiées est indiquée dans le tableau suivant :

	Décret	PZ 1	PZ 2	PZ 3
Fluoranthène		0,05	nd	nd
Benzo[3,4]pyrène		nd	nd	nd
Benzo[3,4]fluoranthène		nd	nd	nd
Indeno[1,2,3-cd]pyrène		nd	nd	nd
Benzo[1,12]pérylène		nd	nd	nd
Benzo[11,12]fluoranthène		nd	nd	nd
TOTAL HAP (6)	1,0 µg/l	0,05	nd	nd

nd : non détecté

Les HAP trouvés dans le piézomètre PZ 1 sont les suivants (cf. annexe du rapport d'audit) :

Naphtalène	1,6 µg/l
Acénaphthylène	0,28 µg/l
Acénaphthène	25 µg/l
Fluorène	4,8 µg/l
Phénanthrène	0,22 µg/l
Anthracène	0,11 µg/l
Fluoranthène	0,05 µg/l
TOTAL HAP (6)	32,06 µg/l

La concentration en HAP concernée par le décret 89.3 du 03 janvier 1989 modifié dans les eaux du piézomètre PZ 1 est inférieure au seuil de détection. Les eaux sont donc conformes à ce décret.

L'ingénieur sanitaire de la DDASS du Département de l'Eure et Loir a été interrogé en février 1995 sur la présence de captages. Sa réponse était que tous les captages concernant l'alimentation en eau potable de la ville de Chartres se trouvaient en dehors de la zone d'influence du site.

5. Evaluation du risque

5.1. Généralités

(voir Annexe B-4)

5.2. Evaluation du risque

5.2.1. La source

Sur le site de l'ancienne usine à gaz de Chartres la source est constituée par la présence de sous-produits gaziers définie ci-dessus (§ 4.3. « Etat du sol » et § 4.4. « Etat de la nappe alluviale »). Il s'agit, dans le sol de couches de quelques centimètres d'imprégnation par le goudron sur trois sondages.

5.2.2. Diffusion

La diffusion des souillures peut se faire à travers plusieurs vecteurs :

5.2.2.1. *L'air du sol*

Aucune évaluation de la qualité de l'air du sol n'a été réalisée. Toutefois, les teneurs en BTX ($< 1 \mu\text{g/kg}$ à $342 \mu\text{g/kg}$) identifiées dans le sol ne paraissent pouvoir générer un flux de ces traces dans l'air du sol.

5.2.2.2. *L'air ambiant*

L'évaluation des teneurs en BTX dans l'air ambiant ne s'avérerait pas nécessaire, compte tenu d'une part de la remarque précédente et d'autre part de la couverture quasi totale du site par une couche d'asphalte assurant une « étanchéification » de surface.

5.2.2.3. *Les eaux de surface*

Le site ne présente pas d'accumulation superficielle de goudron ou de matières épurantes qui aurait pour conséquence un risque de migration des sous-produits sous l'effet et vers les eaux de surface inexistant ou très faible au droit des piézomètres PZ1 et PZ2.

5.2.2.4. *Les eaux souterraines*

les assises géologiques du site sont baignées par la nappe alluviale en étroite interaction avec la nappe de la craie sous-jacente. En conséquence, si les formations géologiques superficielles présentaient des souillures faibles, il existerait un faible risque potentiel d'altération de la qualité des eaux de ces nappes par lixiviation puis par migration.

Toutefois, au vu des résultats d'analyse des échantillons d'eau et de sol, ni l'un ni l'autre ne paraissent pouvoir constituer une source primaire potentielle de pollution susceptible de provoquer un flux de souillures d'importance à travers les eaux souterraines.

5.2.2.5. Les sols

Si les opérations de réaménagement impliquent une excavation et un transfert des sols, des mesures d'hygiène et de sécurité spécifiques (prévention d'ingestion ou d'inhalation de déchets - de diffusion des polluants par dispersion des terres) sont conseillées à titre préventif. (surveillance des VME, VLE, LIE, etc).

Compte tenu de l'ensemble des informations recueillies, la diffusion dans l'environnement (eau, air, sol) à partir du site de produits nocifs d'origine gazière est limitée.

5.2.3. Le milieu récepteur

Le contexte environnemental du site se caractérise par un certain nombre de points :

- La zone est située au sud-est de la ville entre deux bras de la rivière Eure.
- La zone est significativement urbanisée (habitation individuelle et logements collectifs de part et d'autre du site).

5.2.4. Le risque

Quant à l'évaluation des risques, il faut systématiquement examiner toutes les caractéristiques du site. Chaque point de ces caractéristiques peut être favorable (+), très favorable (++), défavorable (-) ou très défavorable (--).

5.2.4.1. Caractéristiques géogènes

A-1 Géologie (pétrographie, stratigraphie etc.) :

La géologie du site est caractérisée par :

- (-) - la présence d'une couche de remblais (de 0 à 4,0 m d'épaisseur de gravats provenant de l'ancienne usine et d'exploitations antérieures, de silex, de sables et d'argile), présentant une certaine perméabilité,
- (+) - la présence d'alluvions limoneuses d'épaisseur variable de 4 à 9 m, (relativement étanche),
- (-) - la craie sénonienne au delà (fissuré).

Les remblais et la craie montrent que la perméabilité est significative.

A-2 Pédologie :

La pédologie du site est caractérisée par :

- (-) - la présence réduite de couvert végétale qui ne permet pas la rétention significative des eaux météoritiques,
- (+) - une activité microbienne et une formation réduite de sous-produits comme les phénols dans les eaux.

A-3 Hydrographie :

L'hydrographie du site est caractérisée par :

- (-) - la précipitation moyenne (P) de 533,2 mm par an qui fournit un volume d'eau capable de lixivier le sous-sol.
- (--) - le cours principal de la rivière Eure s'écoule à l'Ouest du site au delà de boulevard Clémenceau. Le Petit Bouillon borde la partie Est du site. Les eaux de surfaces vulnérables sont donc proches du site.

A-4 Hydrogéologie :

L'hydrogéologie du site est caractérisée par :

- (-) - la présence d'une nappe alluviale en continuité avec la nappe de la craie,
- (+) - l'exploitation vraisemblablement nulle ou très réduite de la nappe alluviale, dans la zone d'influence du site,
- (-) - l'exploitation importante de l'aquifère sénonien, mais d'après la DDASS, en amont hydraulique et hors de l'influence du site,
- (+) - une perméabilité réduite de l'aquifère superficiel, mais très hétérogène selon l'hétérogénéité des alluvions. Les limons et argiles dominent.
- (-) - une perméabilité marquée avec des écoulements karstiques de l'aquifère sénonien,
- (+) - un gradient hydraulique faible de la nappe alluviale sur le site en régime normal,
- (+) - un niveau piézométrique de la nappe alluviale situé globalement vers 4 m sous la surface du sol,
- (++) - une hydrochimie normale concernant des paramètres non polluants (pH : de 7,5 à 7,8, conductivité : de 0,72 à 1,65 mS/cm),
- (++) - la capacité d'absorption de certaines substances dans l'aquifère pour des matières en suspension (ferro-cyanures) et HAP absorbés sur les matières en suspension et dans une moindre mesure pour les substances en solution (cyanures libres),

(++) - un site non situé dans un périmètre de protection d'eau potable.

Le cadre hydrogéologique montre donc une sensibilité significative des aquifères vis à vis de souillures superficielles. L'aquifère sous-jacent de la craie sénonienne se trouve toutefois protégé de la présence d'éventuels sous-produits en suspension par la faible granulométrie des formations alluviales qui la recouvre assurant l'épuration naturelle au moins partielle de l'eau.

5.2.4.2. Caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques

Aspects généraux (voir *Annexe*).

B-1 Qualité des polluants :

Les substances polluantes mises à jour dans le sous-sol du site sont par ordre décroissant des teneurs mesurées :

Produits typiquement gaziers

- les ferro-cyanures,
- les hydrocarbures totaux (aliphatiques et aromatiques),
- les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques),
- les BTX (hydrocarbures aromatiques).

B-2 Quantité de polluants :

Les teneurs en sous-produits gaziers décelées sont pour :

- les HAP : de < 0,05 à 32,06 µg/l dans l'eau souterraine,
de 0,03 à 978,3 mg/kg dans le sol,
- les BTX : de < 1 à 2 µg/l dans l'eau souterraine,
de < 1 à 342 µg/kg dans le sol.
- les hydrocarbures aliphatiques
de < 0,005 à 0,4 mg/l dans l'eau souterraine,
de 20 à 1900 mg/kg dans le sol.
- les cyanures totaux :
de 0,08 à 1,47 mg/l dans l'eau souterraine,
de < 1 à 98,3 mg/kg dans le sol.

- les cyanures libres :
 <0,05 mg/l dans l'eau souterraine.
- les métaux lourds :
 - Arsenic de 0,002 à 0,005 mg/l dans l'eau souterraine,
 de 2,1 à 24 mg/kg dans le sol,
 - Plomb de < 0,003 à 0,013 mg/l dans l'eau souterraine,
 de 12 à 130 mg/kg dans le sol,
 - Cadmium < 0,002 mg/l dans l'eau souterraine,
 de < 0,5 mg/kg à 0,7 mg/kg dans le sol,
 - Chrome total de < 0,001 à 0,001 mg/l dans l'eau souterraine,
 de 16 à 36 mg/kg dans le sol,
 - Nickel de 0,003 à 0,004 mg/l dans l'eau souterraine,
 de 12 à 35 mg/kg dans le sol,
 - Mercure < 0,0001 mg/l dans l'eau souterraine,
 < 0,1 à 0,7 mg/kg dans le sol.
- l'ammonium : de 1,8 à 11,2 mg/l dans l'eau souterraine.
- les phénols : < 0,01 mg/l dans l'eau souterraine.

Le risque, sur la base des concentrations mesurées en produits gaziers, est réduit. Seule l'entreprise de travaux en sous-sol nécessite le respect de mesures d'hygiène et de sécurité spécifiques préventives.

B-3 Physique et chimie des polluants

- Etat d'agrégation :

- (+) liquide : Aucun sous-produit liquide n'a été décelé sur le site.
- (+) pâteux : une partie des goudrons trouvés sur le site est à l'état pâteux,
- (++) solide : une partie importante de ces goudrons est à l'état solide dans le sous-sol du site.

La présence des polluants liquides constitue un risque, en particulier pour le phénomène de migration. Seuls existent sur le site des goudrons pâteux et solides qui sont immobilisés.

Les caractéristiques ci-dessous sont spécifiques pour chaque molécule et peuvent être qualitativement communes à une famille (par exemple les BTX (benzène, toluènes, xylènes) possèdent des densités distinctes mais toutes inférieures à celles de l'eau ce qui leur confère un comportement particulier dans l'environnement).

- Densité : cette caractéristique conditionne l'éventuelle existence d'une phase surnageante pour les substances de densité inférieure à celle de l'eau et le dépôt sur le fond de l'aquifère pour les substances de densité supérieure à celle de l'eau. (voir *Annexe B-4*). Aucune phase surnageante n'a été identifiée au droit du site.

- Viscosité : ce paramètre conditionne l'aptitude à la migration en milieu aqueux. (voir *Annexe B-4*).

- Volatilité : ce paramètre conditionne le risque d'émanation et de migration en phase vapeur des sous-produits nocifs (voir *Annexe B-4*). Les teneurs en produits volatils et semi-volatils (essentiellement les BTX) identifiées sur le site ne présentent pas de risque de migration en phase vapeur.

- Persistance : ce paramètre conditionne l'aptitude d'une substance à être dégradée dans le milieu naturel (voir *Annexe B-4*). Ainsi, les ferro-cyanures, les HAP sont-ils très persistants dans l'environnement (fraction dégradée < 1% par an). Les BTX sont moins persistants que les HAP et se dégradent jusqu'à 60% par an dans des conditions favorables.

- Solubilité : cette propriété conditionne les risques de migration en solution, principalement dans l'eau, (voir *Annexe B-4*). Ainsi plus la solubilité d'un produit sera grande, plus une fraction importante de ce produit en contact avec l'eau sera solubilisée et suivra l'écoulement de l'eau (infiltration ou autre). La solubilité des HAP et des ferro-cyanures est faible, celle des BTX est plus importante et atteint 1,77 g/l pour le benzène à 25°C.

(-) - Age de dépôt des sous-produits dans le sous-sol :

L'ancienne usine à gaz de Chartres a fonctionné à partir de 1830 et jusqu'en 1963. Les activités de distillation du charbon et d'épuration du gaz ont généré la présence de traces de goudron et de ferro-cyanures mélangées aux remblais.

(+) - Réactivité chimique :

produits gaziers :

La réactivité chimique dans l'environnement ainsi que le risque de formation de nouvelles substances toxiques en contact avec d'autres produits sont très faibles. Ce risque subsiste cependant pour les ferro-cyanures lorsqu'ils sont en contact avec de forts acides ou dans un milieu aqueux basique. Ce contexte n'existe pas sur le site. Les pH mesurés sont de 7,5 à 7,8. Le risque de dégradation des HAP et des BTX (goudron) en phénols existe également dans une faible mesure compte tenu des accumulations réduites de goudron.

(-) - Explosivité : (aspects généraux : voir *Annexe B-4*)

Compte tenu des teneurs très limitées en hydrocarbures volatils, et en l'état actuel de nos connaissances du site, aucun risque de cette nature n'existe sur le site.

B-4 Toxicologie des polluants,

- Toxicologie (aspects généraux voir *Annexe B-4*)

Un risque de toxicité immédiat peut exister sur le site dans le cas :

d'inhalation,
de contact,
d'ingestion,

(++) En l'état actuel du site, aucun contact, inhalation ou ingestion des polluants n'est possible.

(+) une toxicité à long terme (chronique) : L'absence des voies d'exposition rend impossible toute toxicité à long terme.

Le risque d'une toxicité chronique subsiste seulement dans le cas :

d'inhalation ou d'ingestion à long terme des HAP, des BTX, des phénols et des ferro-cyanures. Ce risque n'existe pas sur le site car les activités qui y sont exercées n'entrent pas en interaction avec les sous-produits « confinés » en sous-sol.

5.2.4.3. Caractéristiques d'utilisation et de destination du site

(++) C-1 - Le propriétaire du site est aujourd'hui le GAZ DE FRANCE qui a en charge le respect des mesures d'hygiène et de sécurité.

(-) C-2 - Utilisation du site :

Le site accueillant différents services de l'agence EDF-GDF de Chartres est moins sensible aux impacts éventuels des souillures constatés.

(-) C-3 - Destination du site

L'aliénation prochaine du terrain est prévue.

(-) C-4 - Environs du site

Les environs du site comptent une densité significative d'habitations et de personnes, dont certaines situées en bordure de l'un ou l'autre des bras de la rivière Eure.

(+) C-5 - Biens à protéger sur le site :

(++) Le site n'est pas situé dans une réserve naturelle.

(+) La nappe alluviale en étroite interaction avec la nappe de la craie qui constitue une source importante pour les divers besoins en eau du secteur. Cependant elle n'est pas exploitée dans la zone sous influence du site.

- (-) Les cours d'eau superficiels qui bordent le site et les habitations environnantes.
- (-) Les personnes intervenants pour d'éventuels travaux en sous-sol du site.

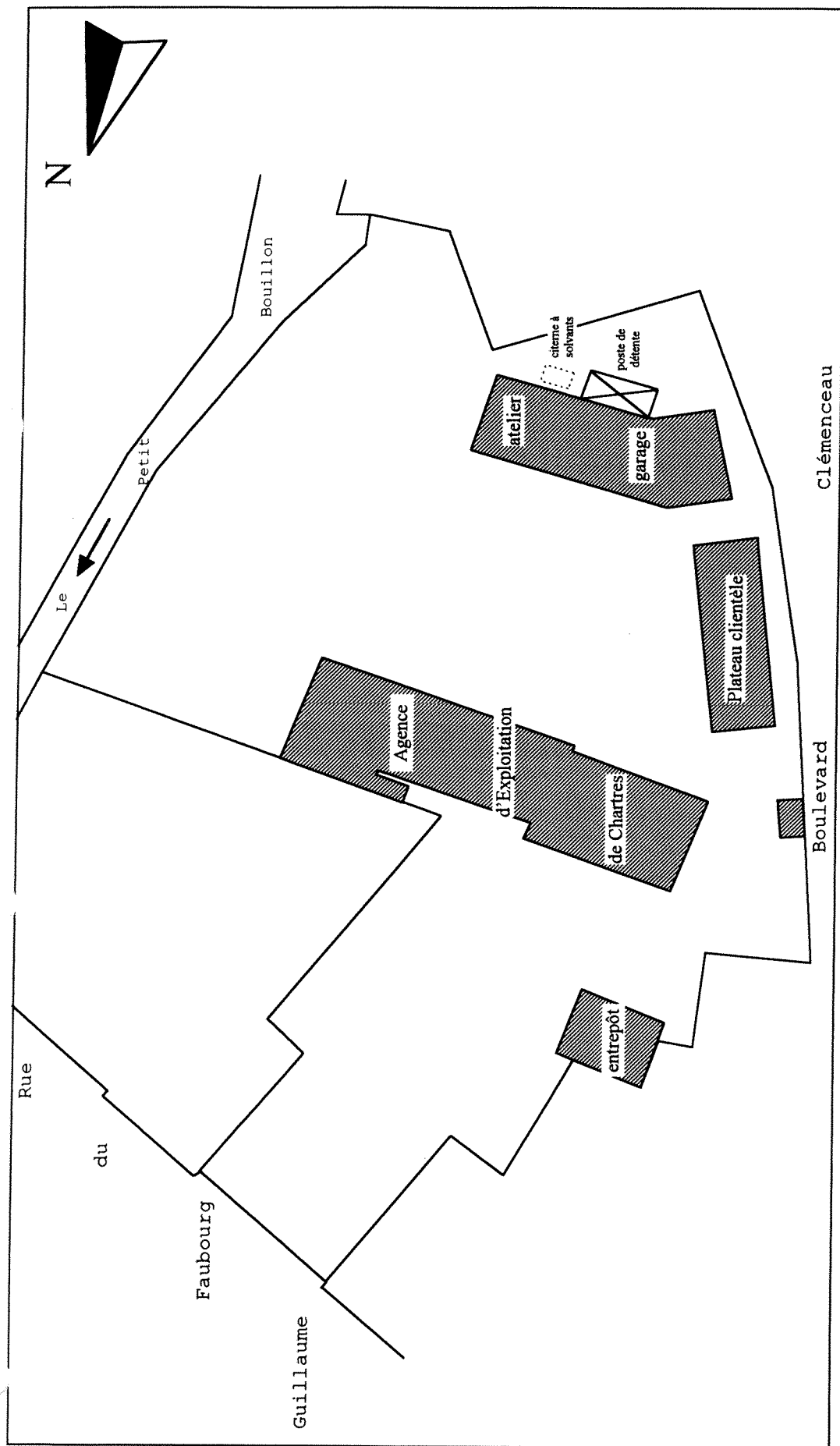
Compte tenu de l'importance réduite en terme de concentration (points B1 à B4) de sous-produits gaziers nocifs et des facteurs du site (points A1 et A4), les risques vis à vis de l'environnement (point C5) ne justifient pas en l'état actuel de nos connaissances la mise en oeuvre d'opérations spécifiques de réhabilitation. Dans le cadre des projets immobiliers envisagés, la mise en place des mesures d'hygiène et de sécurité sont nécessaires (surveillance des VME, VLE, etc., élimination ou traitement des terres souillées par le goudron).

6. Conclusions

L'usine à gaz de Chartres a fonctionné de 1850 à 1963 pour laisser place au gaz obtenu par craquage catalytique d'essence. Avant son extinction l'usine s'étendait sur une surface de 15.000 m², sur les deux rives du Petit Bouillon. La partie Est du site (rive droite du Petit Bouillon) a été vendue pour la construction de logements collectifs. Le diagnostic portait donc sur la seule partie située sur la rive gauche du Petit Bouillon, toujours propriété de EDF-GDF et occupée, aujourd'hui, par différents services de EDF-GDF Eure et Loir.

Le diagnostic de l'état du sous-sol du site du 12, boulevard Clémenceau a consisté en la réalisation de 22 sondages à 4 mètres de profondeur, avec prélèvement et analyse d'échantillons de sol sur chacun des sondages. L'état des eaux souterraines a été appréhendé par la mise en place de trois piézomètres qui ont permis de prélever trois échantillons d'eau en amont, au centre et en aval hydraulique du site. Ces investigations n'ont pas permis d'identifier dans le sol d'accumulations importantes de sous-produits nocifs (goudron, matières épurantes) associés à la manufacture du gaz. Les analyses chimiques des échantillons de sol et d'eau ont toutefois révélé la présence de cyanures complexés à l'état de trace dans le sol et l'eau souterraine ainsi que la présence ponctuelle de HAP dans le sol. Ces HAP sont présents en couches de quelques centimètres imprégnées par le goudron sur trois points. Les teneurs mesurées sont toutefois généralement faibles et ne justifient en conséquence aucune mesure conservatoire quant au risque qu'elles représentent pour l'environnement et la santé humaine. Toutefois, et dans la mesure où l'on ne peut reconnaître chaque point du site, si d'éventuels travaux en sous-sol du site (excavation, terrassement, etc.) devaient mettre à jour des sous-produits de la manufacture du gaz, il est recommandé d'observer les mesures d'hygiène et de sécurité appropriées tant pour les personnels à l'oeuvre que pour l'élimination ou le traitement des sous-produits ou des terres souillées par ces derniers.

Cartographies des résultats d'analyses

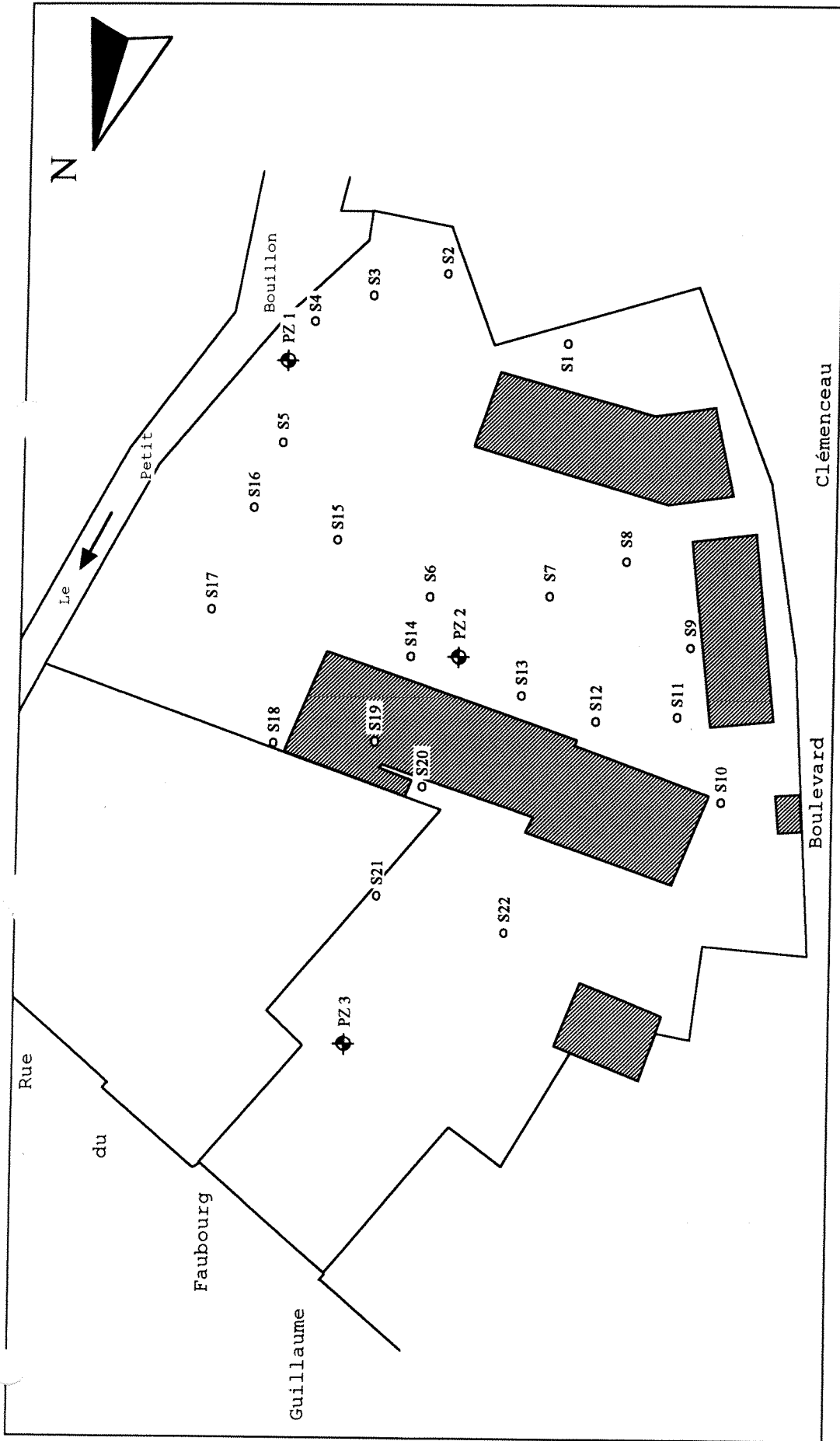


- Plan 1 -

Site de l'ancienne usine
à gaz de Chartres

Plan de masse du
12, Boulevard Clémenceau

ECH: 0 10 m



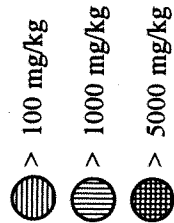
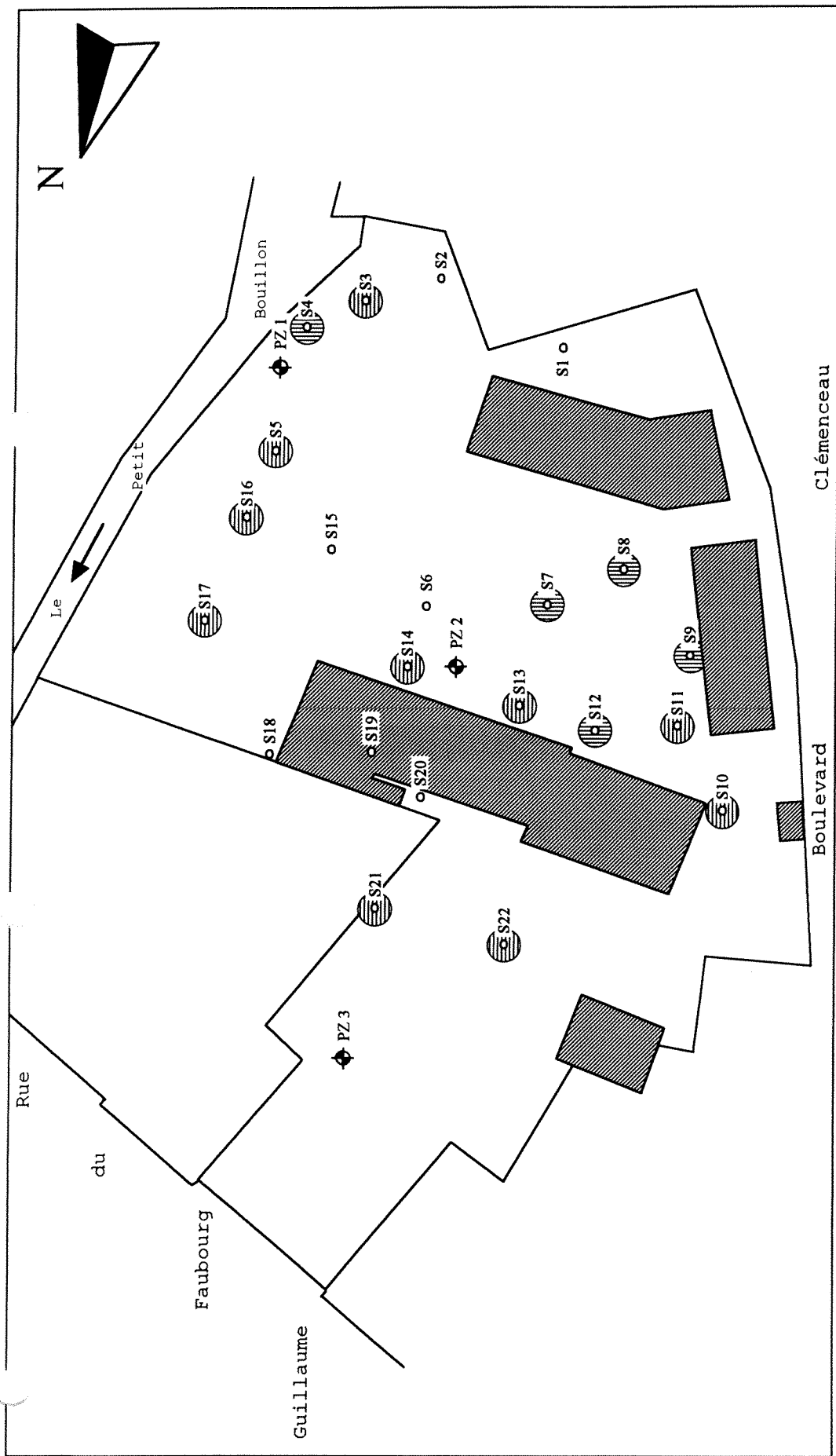
EDF
GDF

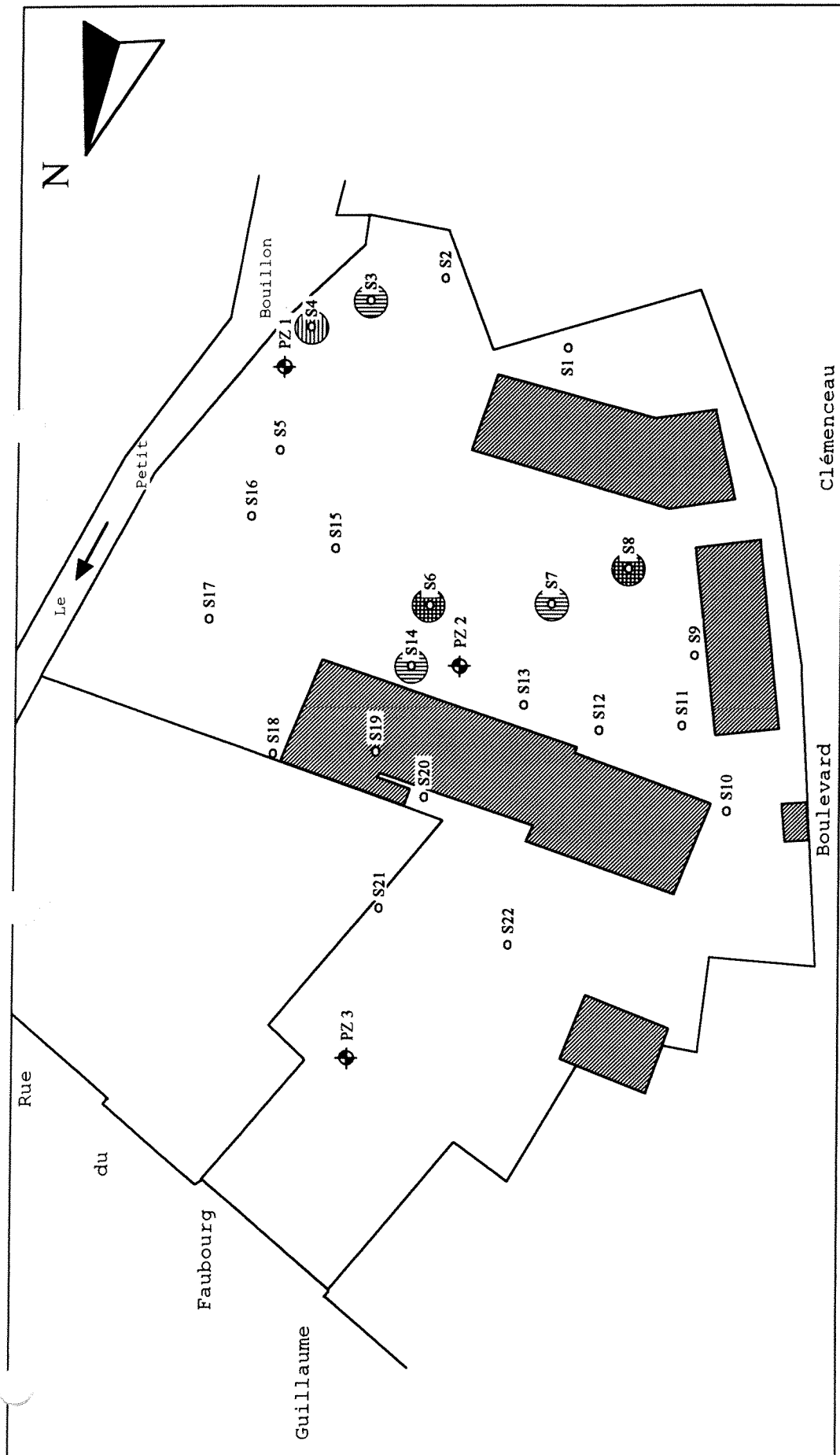
**Site de l'ancienne usine
à gaz de Chartres**

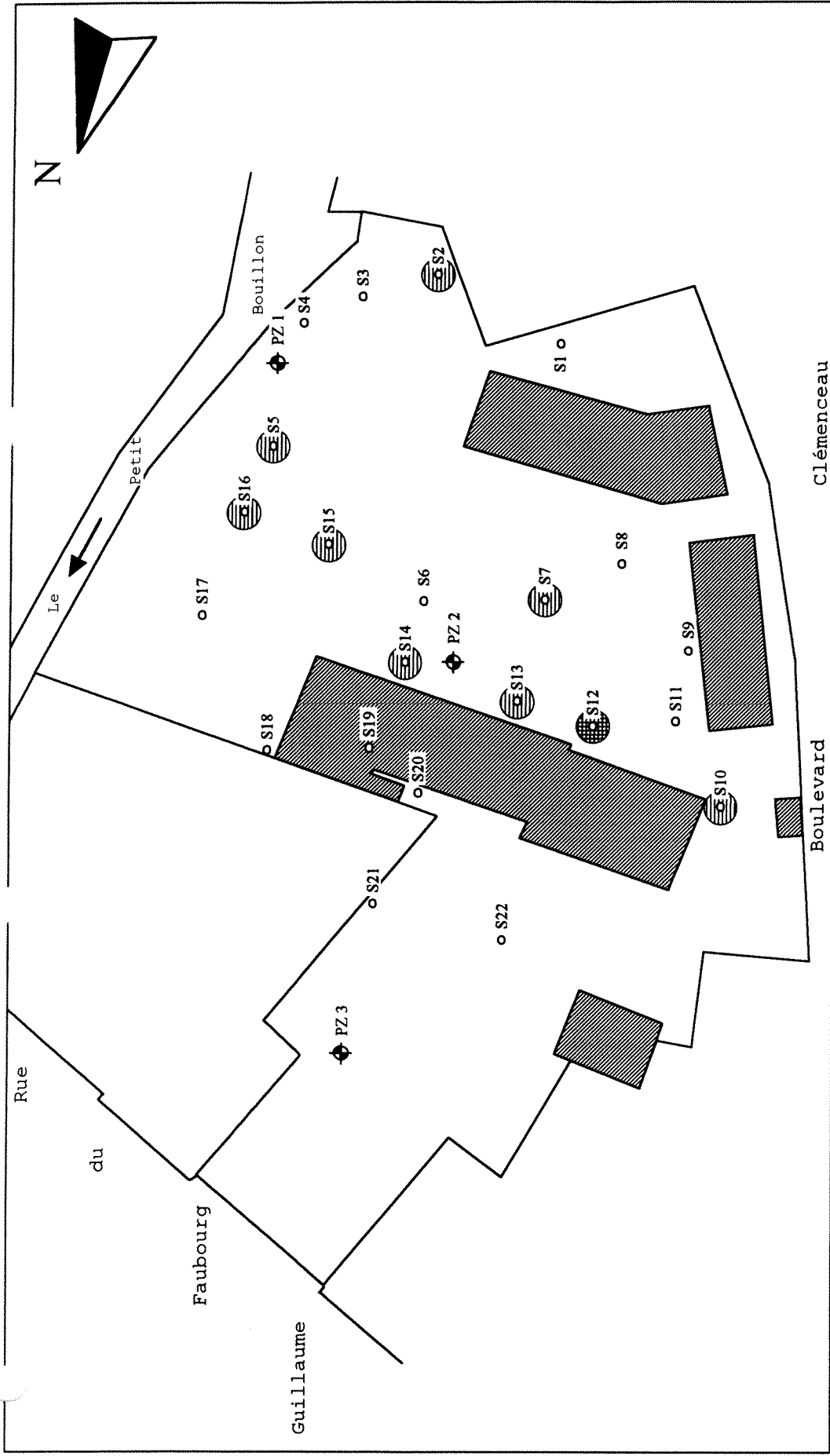
**- Plan 2 -
Position des sondages et des
piézomètres**

○ S1 : sondages
⊕ PZ 2 : piézomètres

ECH: 0 10 m



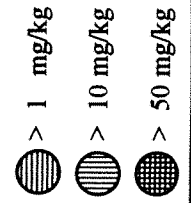




Site de l'ancienne usine
à gaz de Chartres

- Plan 5 -

Etat du sol
Cyanures totaux

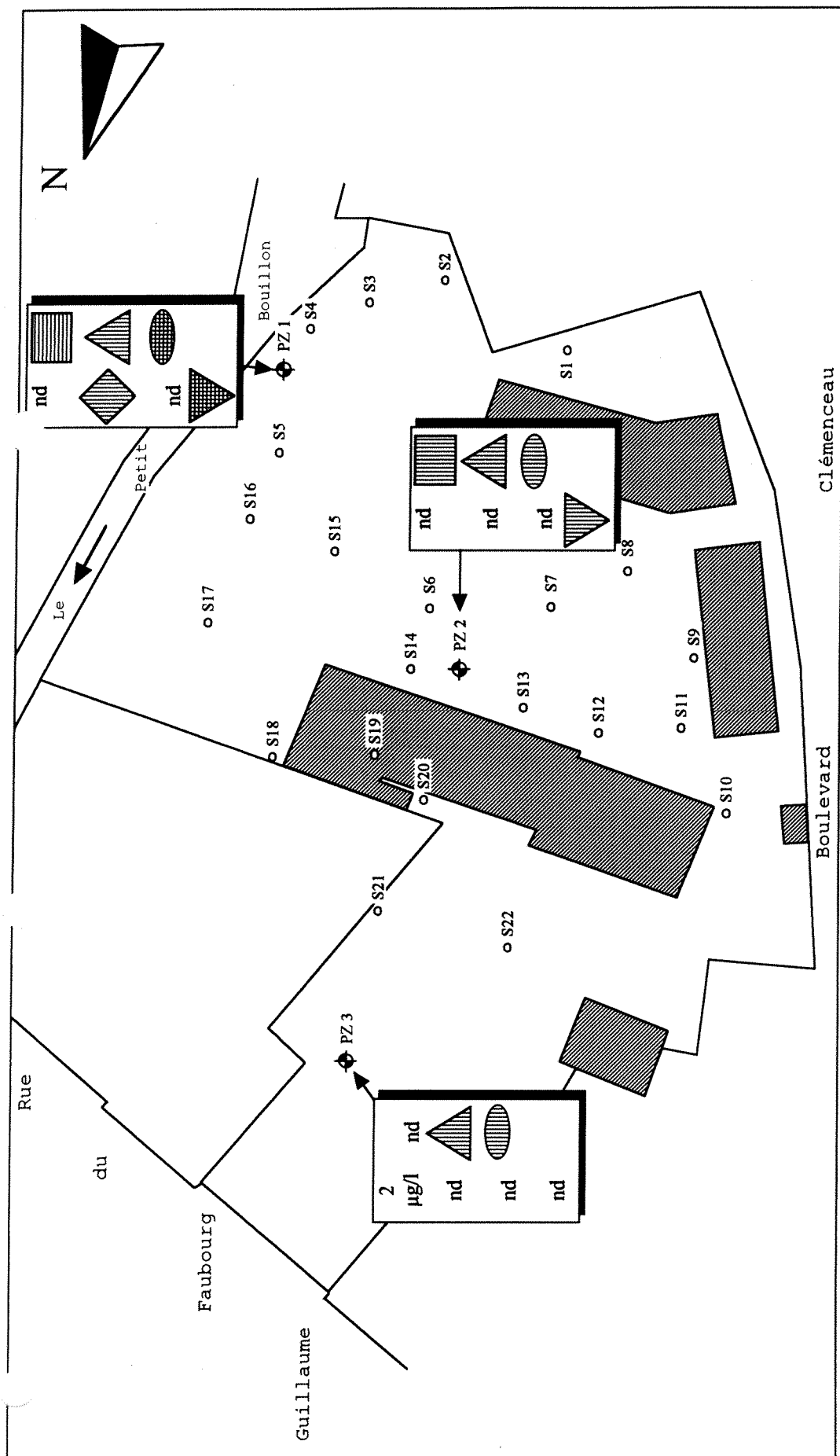


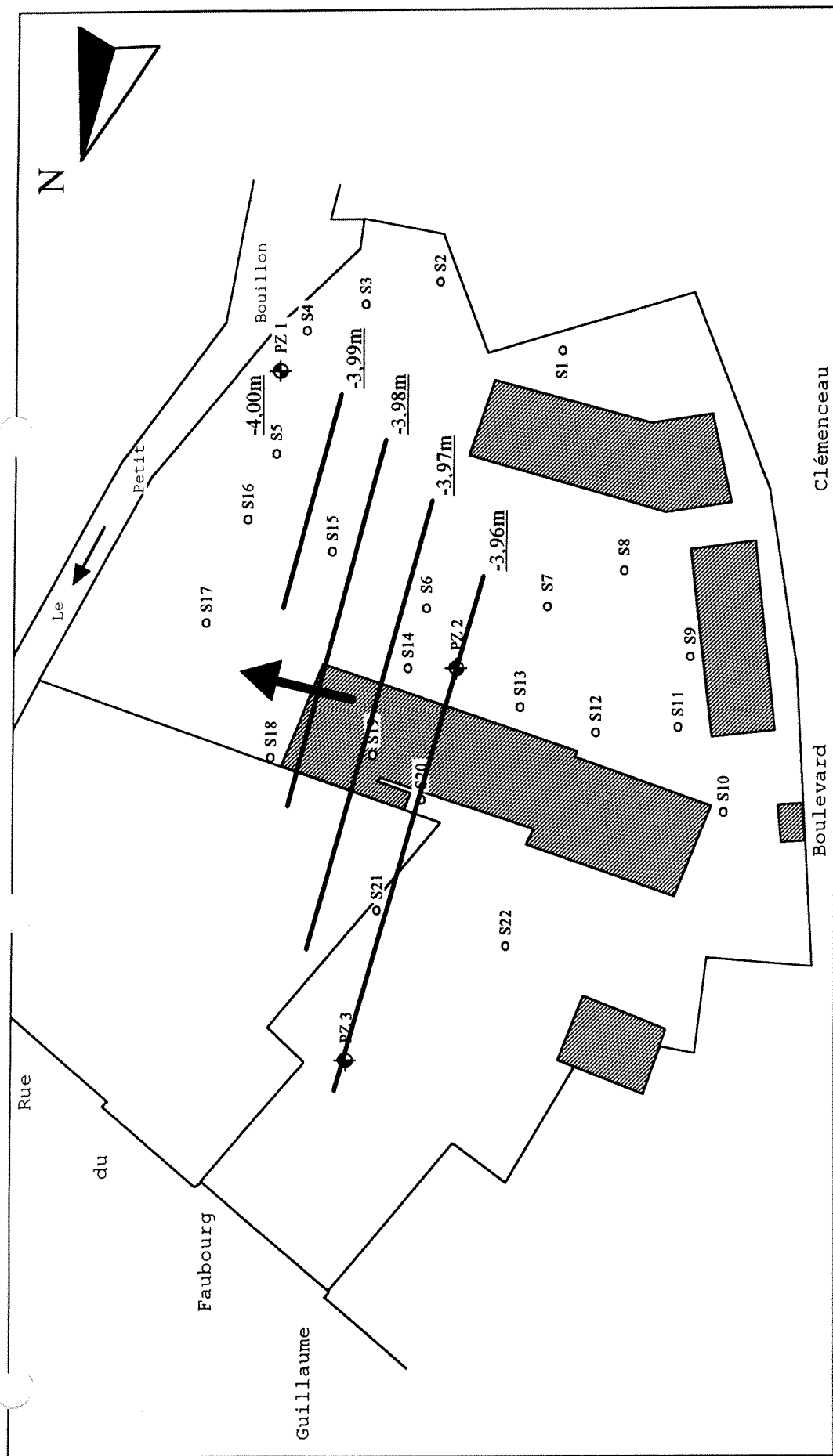
EDF
GDF

Etat de la nappe alluviale

LÉGENDE

BTX		Hydrocarbures totaux	
	> 10 $\mu\text{g/l}$		> 10 $\mu\text{g/l}$
	> 50 $\mu\text{g/l}$		> 100 $\mu\text{g/l}$
	> 100 $\mu\text{g/l}$		> 600 $\mu\text{g/l}$
HAP		Cyanures totaux	
	> 1 $\mu\text{g/l}$		> 10 $\mu\text{g/l}$
	> 20 $\mu\text{g/l}$		> 200 $\mu\text{g/l}$
	> 40 $\mu\text{g/l}$		> 1500 $\mu\text{g/l}$
Indice Phénols		Ammonium	
	> 1 $\mu\text{g/l}$		> 1 $\mu\text{g/l}$
	> 50 $\mu\text{g/l}$		> 500 $\mu\text{g/l}$
	> 200 $\mu\text{g/l}$		> 3000 $\mu\text{g/l}$
Cyanures libres			
	> 10 $\mu\text{g/l}$		
	> 50 $\mu\text{g/l}$		
	> 100 $\mu\text{g/l}$		
nd: non détecté - na : non analysé			





PZ 2 : piézomètre
 -3.96m : courbe isopieze/PZ1
 : sens d'écoulement

ECH: 0 10 m