

**Annexe 4**

---

Plan prévisionnel d'implantation de sphères de  
stockage sur le site de Saint-Aubin-sur-Mer  
19 juin 1958

---





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  
SAINT-AUBIN-SUR-MER**

---

DEUXIEME PARTIE:

**INVESTIGATIONS  
SUR LE SITE**

Chargés d'affaire: **Frank KARG**  
Géologue-Géochimiste

**Benoît EROUT**  
Géologue-Géophysicien

**Rapport HPC-F 940211b**

**août 1994**

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:  
Leader Club n° 106  
94373 SUCY EN BRIE CEDEX  
Tél: (1) 49 82 90 10  
Fax: (1) 49 82 47 55

Agences, nationales:    Tél:                    Fax:  
 Metz                    87 63 25 80        87 55 24 67  
 Rennes                99 41 61 68        99 41 61 91

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

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIPTION DU SITE</b>	<b>2</b>
<b>3. INVESTIGATIONS SUR LE SITE</b>	<b>2</b>
3.1. METHODOLOGIE	2
3.2. TRAVAUX REALISES	3
3.2.1. Localisation des déchets en surface et enterrés - stockage des produits pétroliers et des solvants	3
3.2.2. Sondages de reconnaissance	3
3.3. RECHERCHE DES POLLUANTS	4
<b>4. ANALYSE DES RESULTATS</b>	<b>5</b>
4.1. DESCRIPTION DES PROFILS DE SONDAGES.	5
4.1.1. Sondages à la sondeuse manuelle	5
4.1.2. Sondages à la pelle mécanique	7
4.2. HYDROGEOLOGIE	9
4.3. ETAT DU SOL	9
4.4. ETAT DE LA NAPPE DU DOGGER	11
4.4.1. en dehors du site	11
4.4.2. sur le site	13
<b>5. EVALUATION DU RISQUE</b>	<b>14</b>
5.1. GENERALITES	14
5.2. EVALUATION OBJECTIVE DU RISQUE.	15
5.2.1. La source	15
5.2.2. La diffusion	15
5.2.3. Le milieu récepteur	16
5.2.4. Le risque	16
<b>6. RECOMMANDATIONS</b>	<b>16</b>
<b>7. CONCLUSIONS</b>	<b>17</b>
<b>TABLEAUX</b>	
<b>ANNEXES</b>	

## **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 Saint-Aubin-sur-Mer, 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 qu'hydrogéologique a fait l'objet du rapport séparé (rap. HPC-F940211a).

## **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:

- recherche des déchets enterrés: il s'agit la plupart du temps de repérer les anciennes fosses 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.
- 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 donne lieu après sélection à une détermination analytique des principaux polluants traceurs des activités passées.

## **3.2. Travaux réalisés**

### **3.2.1. Localisation des déchets en surface et enterrés - stockage des produits pétroliers et des solvants**

Les recherches effectuées au cours de la phase A de l'audit ont permis de bien identifier et de confirmer la présence de deux ouvrages comportant un risque vis à vis de l'environnement.

Ces recherches ont été réalisées à l'aide d'une pelle mécanique par la société Leroyer le 21 juin 1994. Elles avaient pour but de mettre à jour une cuve et une fosse à goudron, une citerne à naphtha et une éventuelle fosse à proximité des anciens fours.

- La cuve à goudron qui avait fait l'objet d'excavation lors des études environnementales précédentes a été partiellement mise à jour. Ces excavations ont permis, d'une part d'identifier son contenu, d'autre part de dégager ses flancs afin d'en estimer le volume et de constater partiellement son état de conservation.
- La fosse à goudron qui avait été identifiée au photoioniseur a été reconnue par sondages et son extension déterminée.
- La citerne à naphtha avait été excavée puis éliminée par les services de EDF-GDF.

### **3.2.2. Sondages de reconnaissance**

Ces sondages ont été réalisés par une équipe de notre société HPC entre le 26 et 28 avril 1994. Dix huit sondages numérotés de 1 à 18 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. Trente huit échantillons provenant des sondages ont été prélevés. Les sondages se répartissent comme suit (cf. plan 1):

S 1, 2 : au Nord-Ouest du site,

S 3	: à l'Ouest du site, sur une zone souillée par des matières épurantes,
S 4	: au centre du dépôt de vieille fonte,
S 5	: à l'Ouest des anciens fours,
S 6, 7, 8	: autour de la fosse à goudron,
S 9	: à proximité du site des petits gazomètres, à l'Est du site,
S 10	: à proximité de la cuve à goudron,
S 11, 12	: à proximité de l'endroit supposé de la citerne à naphta,
S16 17 18	: à côté de l'ancien stockage sous sphère.

### 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),
- HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques),
- BTX (série des hydrocarbures aromatiques),
- phénols,
- cyanures,
- ammonium,
- métaux lourds (Pb, Cd, Ni, Cr, Hg) et arsenic.

L'ensemble des analyses a été mené dans nos laboratoires de Kassel (Allemagne) et de Zurich (Suisse). Les méthodes retenues sont celles appliquées habituellement et décrites en annexe.

- 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),
- BTX: détermination par chromatographie en phase gazeuse (CPG/FID) en mode "head-space",
- Phénols: détermination d'un indice phénol par colorimétrie.
- Cyanures totaux: détermination des cyanures complexes par colorimétrie après extraction en milieu acide puis après lixiviation,
- Ammonium: détermination par colorimétrie après lixiviation,
- Les métaux lourds: détermination par absorption atomique,

Les échantillons retenus pour l'analyse sont de l'ordre d'une vingtaine pour les HAP dans les sols, ces éléments étant les meilleurs traceurs de l'activité de cokéfaction. En ce qui concerne les autres éléments, une dizaine d'échantillons a été retenue dans le but d'être analysée, ceci en fonction de la localisation de ces derniers et de la probabilité de présence de tel ou tel élément.



- S 12 : - profondeur 4 m,  
 - remblais modernes (Sm de 0 à 1,0m),  
 - série quaternaire (Sm de 1,0 à 1,3m - L, A de 1,3 à 3,2m - Sm de 3,2 à 4,0m),  
 - pas d'indice de pollution.
- S 13 : - profondeur 4 m,  
 - remblais modernes (Sm de 0 à 1,0m),  
 - série quaternaire (Sm de 1,0 à 1,6m - L, A de 1,6 à 3,0m - Sm de 3,0 à 4,0m),  
 - pas d'indice de pollution.
- S 14 : - profondeur 4 m,  
 - remblais modernes (Sm, Gf de 0 à 1,5m),  
 - série quaternaire (Sm de 1,5 à 3,0m - L, A de 3,0 à 3,5m - Sg de 3,5 à 4,0m),  
 - pas d'indice de pollution.

Les terrains successifs font apparaître, à partir de la surface:

- des remblais constitués de sables brun avec localement des cassons de briques, des matières épurantes et du goudron sur une épaisseur de 1 m à 1,5 m,
- des séries attribuées au quaternaire constituées de sable moyen, brun, puis de limons argileux de 1,5 à 3,5m qui surmonte un niveau sableux dans lequel tous les sondages se sont arrêtés.

#### 4.1.2. Sondages à la pelle mécanique

- La cuve

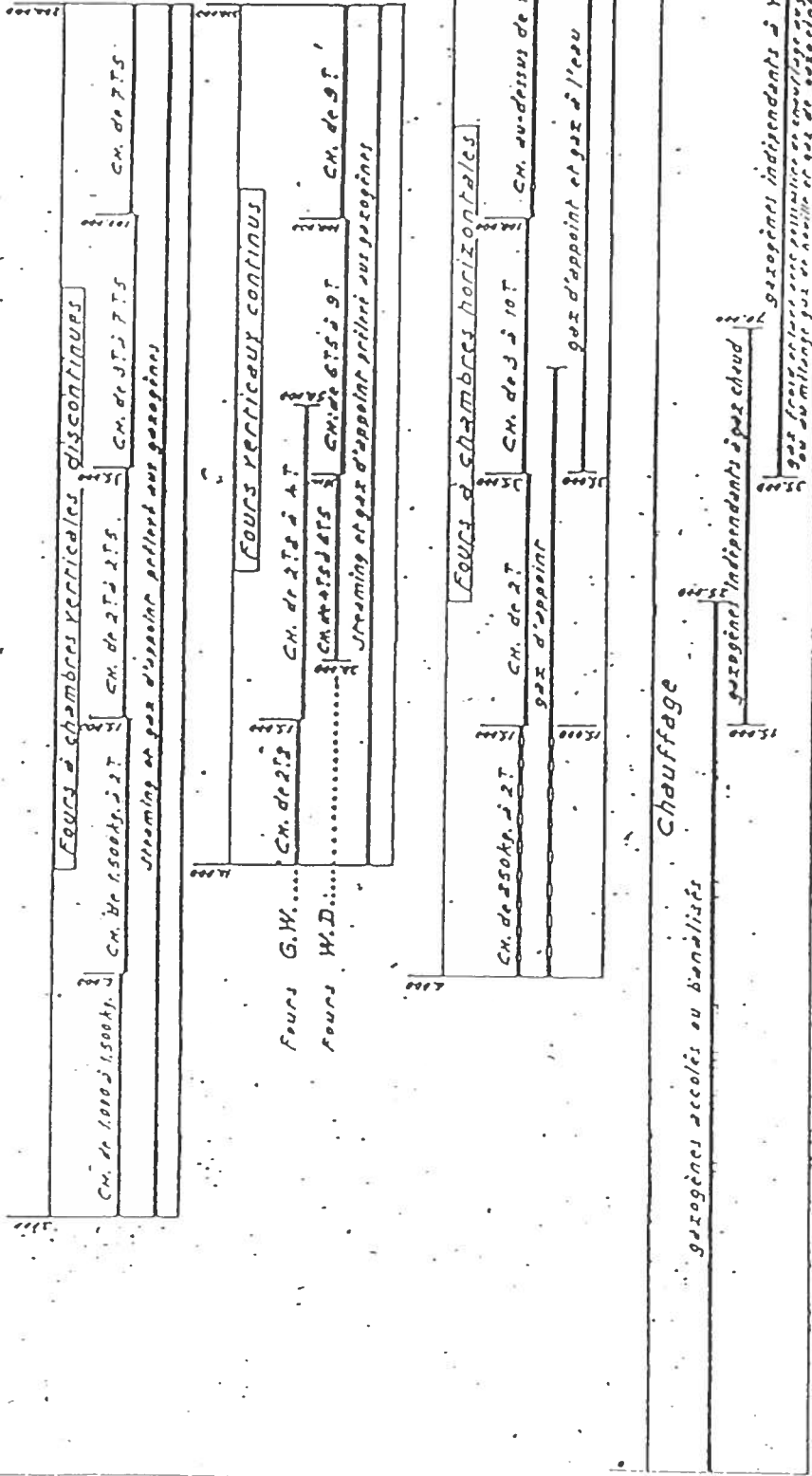
La cuve à goudron mise à jour se trouve (voir *figure 1*) à l'Est du garage encore en place, qui abritait les extracteurs et les épurateurs, et au Sud des anciennes installations de distillation du charbon. Le flanc Est a été partiellement dégagé et le flanc Sud complètement. Elle est longue de 8 mètres, large de 4 et haute d'environ 2 mètres. Aucun écoulement en provenance de la cuve n'a été constaté. Les investigations réalisées à l'intérieur de la cuve montrent qu'elle contient, en surface, environ 1 mètre de remblais (restes de fours, des siphons, etc ...), puis du goudron franc et visqueux jusqu'au fond (ce dernier est également mélangé à des remblais). Le volume total de la cuve est donc de 64 m<sup>3</sup> dont environ 40 m<sup>3</sup> sont contaminés par du goudron.

# CHOIX D'UN TYPE DE FOURS

## TABEAU SYNOPTIQUE A

Fours à cornues horizontales

avec gaz d'appoint, ou Steaming et gaz d'appoint  
Gazogènes Siemens accolés



CATEGORIE F	1100	CATEGORIE E	6100	10.000	CATEGORIE D	15.000	20.000	25.000	30.000	CATEGORIE C	35.000	50.000	70.000	100.000	CATEGORIE B	200.000	CATEGORIE A
-------------	------	-------------	------	--------	-------------	--------	--------	--------	--------	-------------	--------	--------	--------	---------	-------------	---------	-------------

Figure 4: Classification des fours des usines à gaz

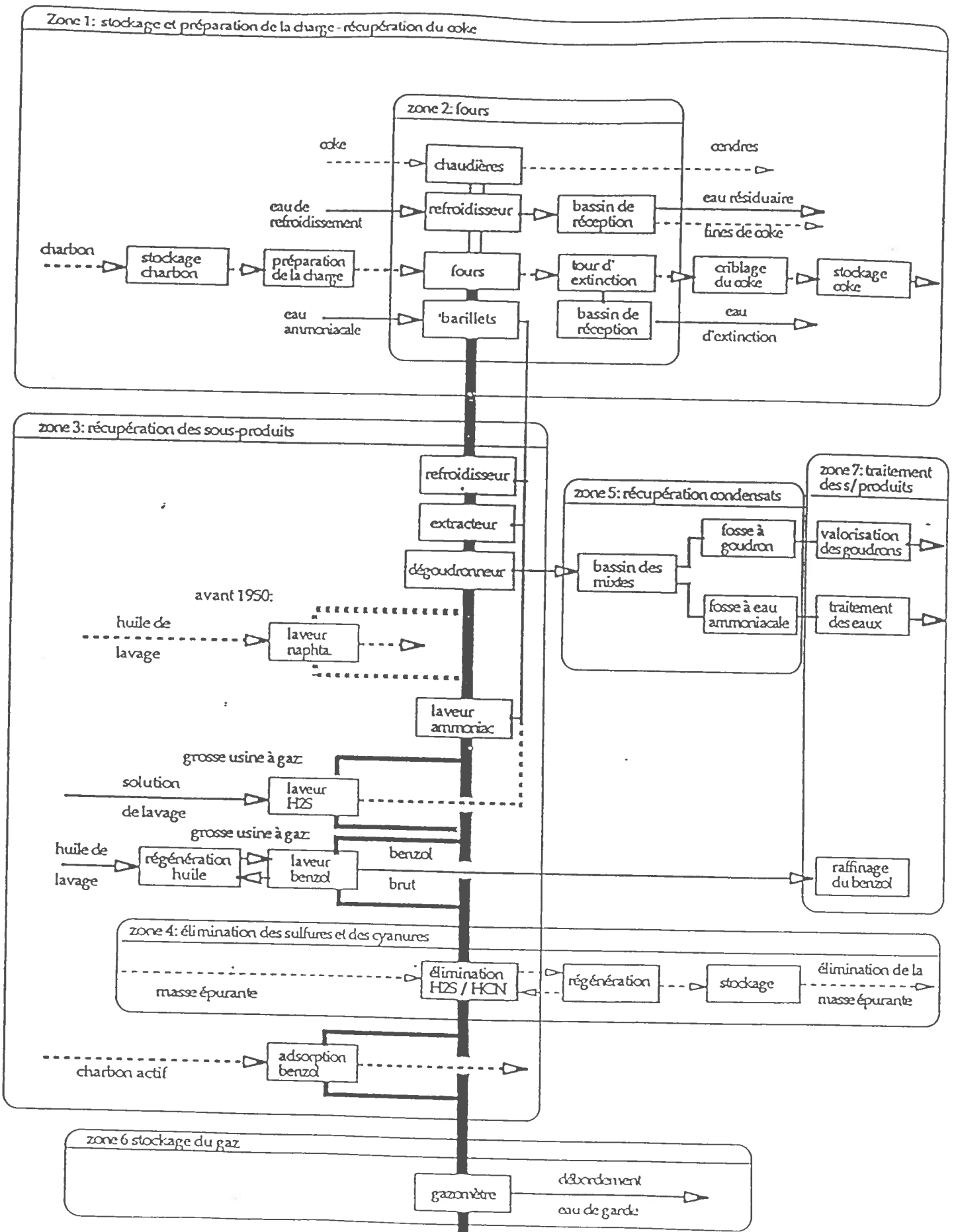
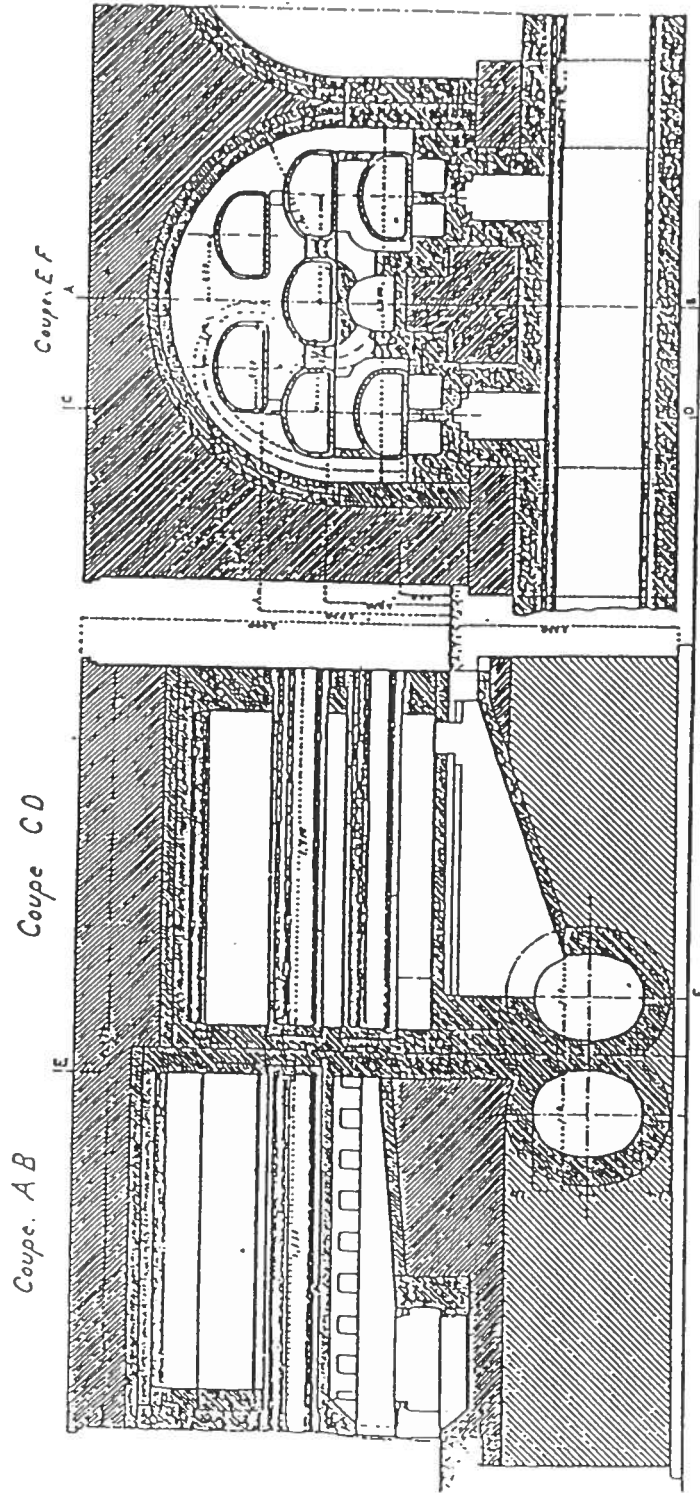


Figure 5bis: Schéma de fabrication du gaz manufacturé



Plan schématique d'un four à cornues horizontales

Figure 6: Plan schématique d'un four à cornues horizontales

## LE GOUDRON ET SA DISTILLATION

-  de Charbonnages de France
-  de la Sidérurgie
-  de Gaz de France
-  Indépendantes

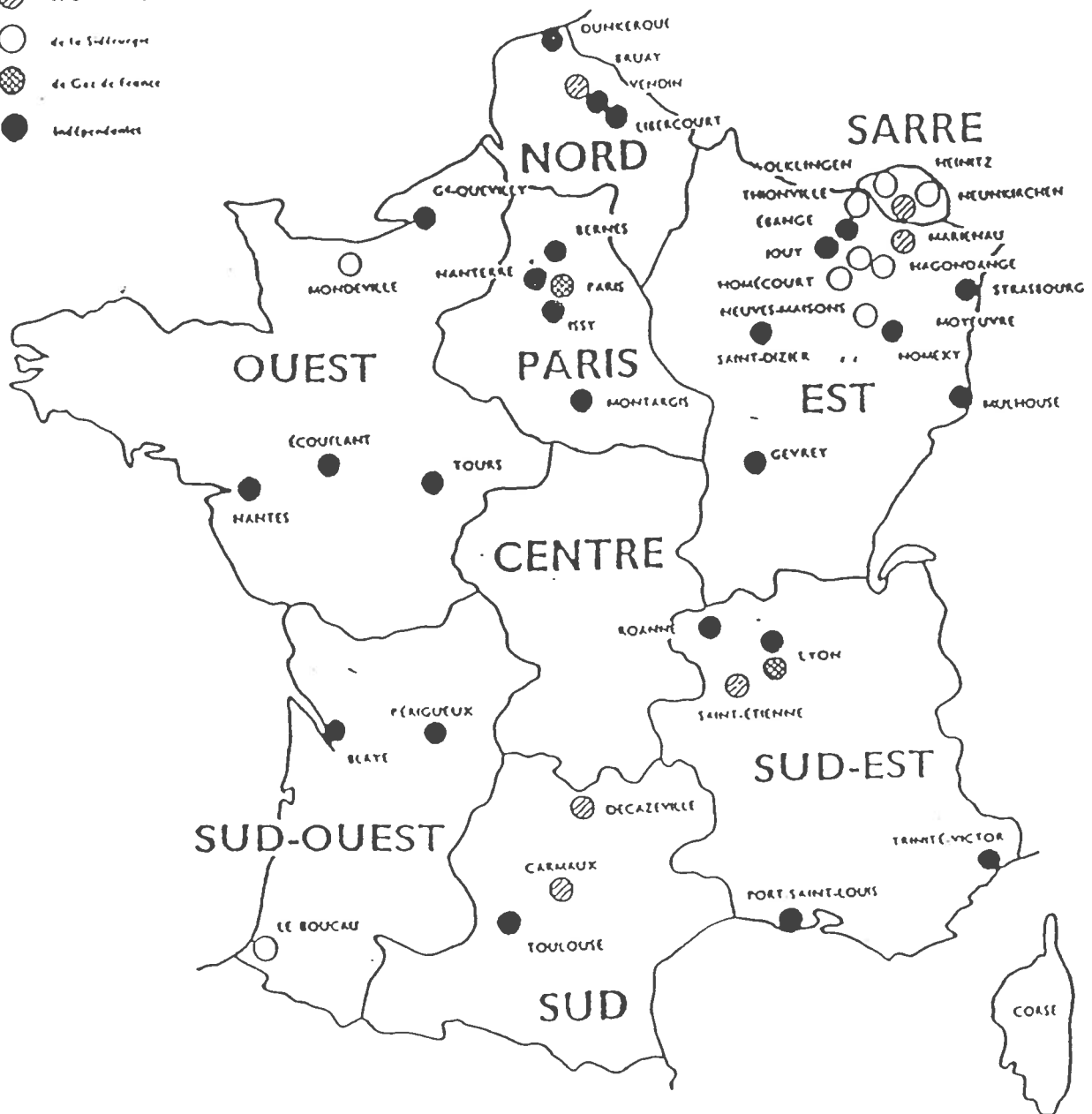


Figure 7: Le goudron et sa distillation en France

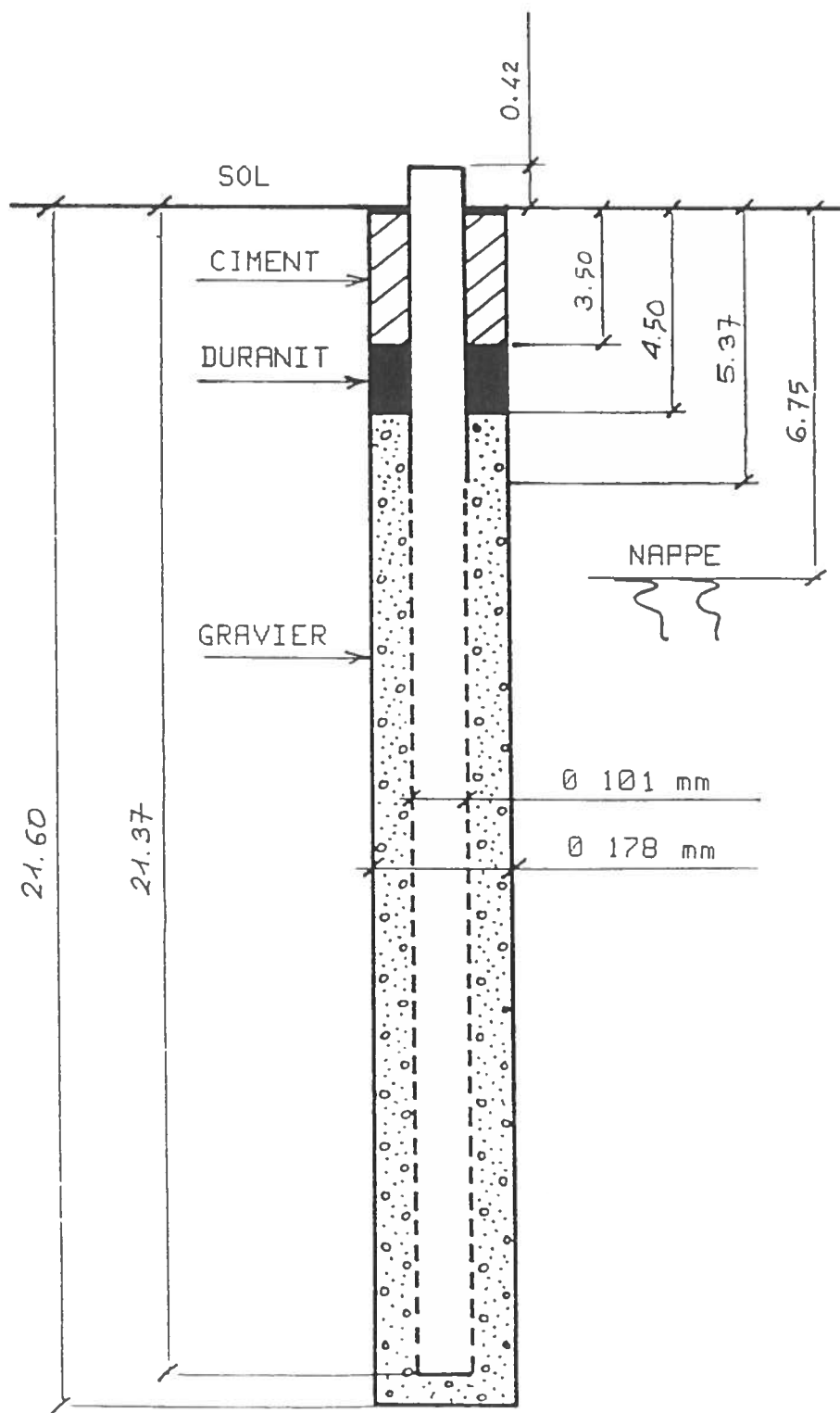
**Annexe 2**

---

Extraits du rapport de la société Sol-  
Environnement concernant les piézomètres  
implantés sur le site de l'ancienne usine à  
gaz de Saint-Aubin-sur-Mer

---

# PIEZOMETRE N° 1



## COUPE PRESUMEE

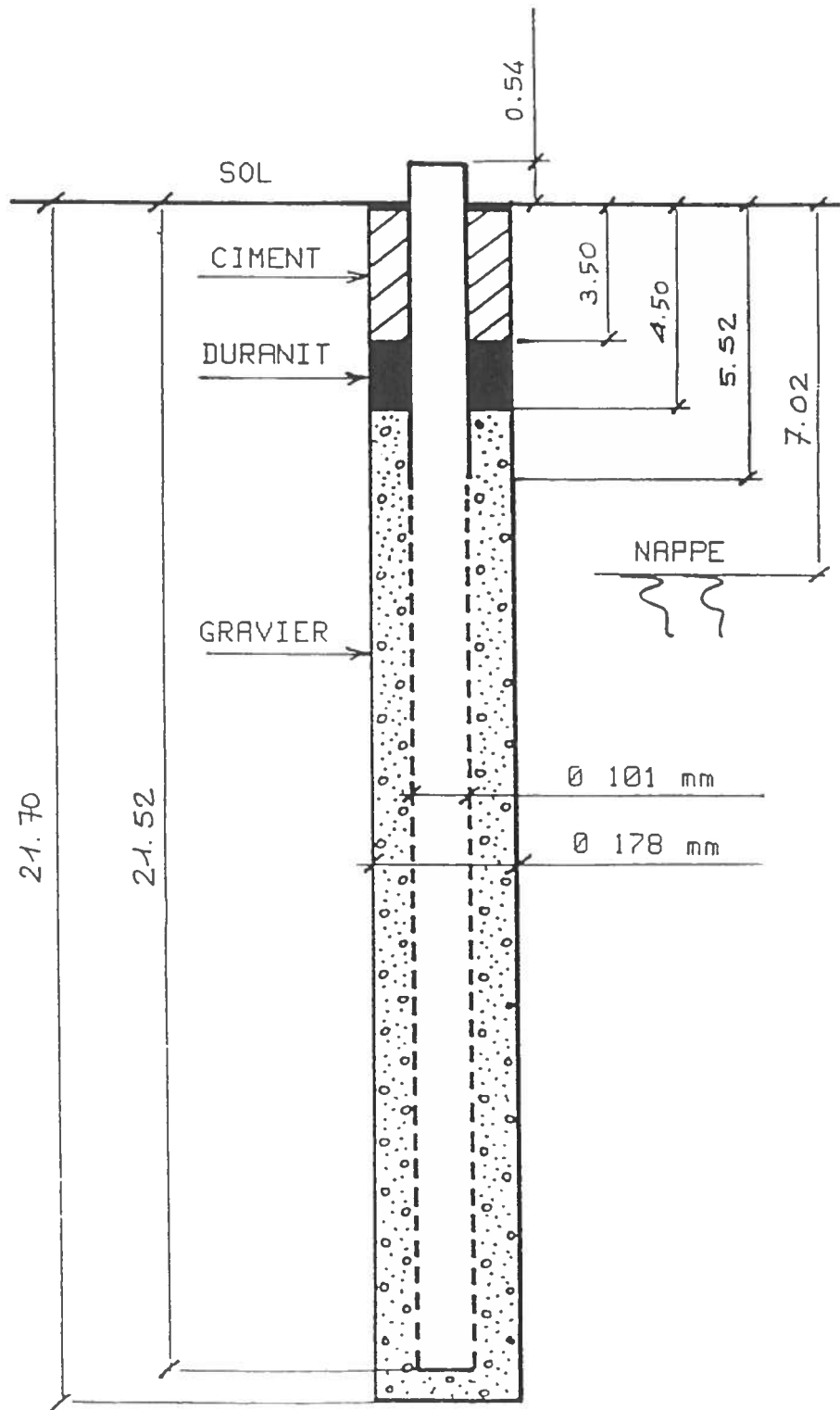
~ 1 m Remblais

---

~ 2.3 m Sable & moneux

Calcaire à  
rares bancs  
massifs.

# PIEZOMETRE N°2



## COUPE PRESUMEE

~1.5m	Remblais
~3m	Sable limoneux

Calcaire à  
rares bancs  
massifs.

**Annexe 1**

---

Généralités sur les usines à gaz

---

## Généralités sur les usines à gaz

### Historique

#### Evolution commerciale

Les premiers balbutiements de l'industrie du Gaz en France se situent à la fin du XVIIIème siècle, époque où certains esprits inventifs découvrirent les possibilités offertes par la carbonisation en vase clos de certaines substances. Les uns cherchaient à produire du goudron pour les chantiers navals, d'autres des gaz légers pour l'aérostation. Les premières réalisations pratiques importantes de production de gaz remontent en France à 1816, année où l'on note l'éclairage au gaz du Passage du Panorama, du Luxembourg et du pourtour de l'Opéra à Paris.

Le premier débouché a été l'éclairage des particuliers et des voies publiques. La qualité du gaz était à l'origine définie par son pouvoir éclairant; c'était l'époque du bec papillon, remplacé par le tube à incandescence en 1892, puis par le bec d'éclairage public alimenté en gaz surpressé, réalisé pour la première fois à Paris à l'occasion de l'exposition universelle. La force motrice fut également au début de la naissance de la grande industrie une ressource considérable pour les gaziers.

Ces débouchés initiaux ont progressivement disparu au profit de l'électricité. Il a donc fallu à partir de 1900 s'élancer à la conquête de nouvelles utilisations. Les gaziers se sont ainsi tournés vers les usages domestiques (cuisines, chauffage, production d'eau chaude) auxquels se sont rapidement ajoutés les utilisations industrielles et commerciales les plus variées.

#### Evolution technique

La substitution de débouchés a conduit à remplacer la notion initiale de pouvoir éclairant par celle de pouvoir calorifique, cet aspect nouveau a progressivement conditionné la transformation des techniques de production. Les cahiers des charges de concessions établis au lendemain de la guerre 14-18 ont consacré cette évolution en imposant un pouvoir calorifique de 4500 calories par m<sup>3</sup>.

Aux ateliers de distillation, généralement à cornues horizontales produisant du gaz riche à 4800 ou 5200 calories, se substituent des installations susceptibles de fournir à partir de la houille le volume maximum de gaz à 4500 calories. Il fallut mélanger au gaz riche un gaz d'appoint donnant un gaz moyen à 4500 calories. Les gaz d'appoint furent selon les cas, le gaz de gazogène, le gaz à l'eau bleue ou le gaz à l'eau carburée.

A la veille de la seconde guerre mondiale, l'équipement des usines à gaz françaises pouvait se schématiser comme suit, selon l'importance et la capacité de production (cf. Fig. 4):

- les petites usines à gaz étaient encore équipées de fours à cornues horizontales, produisant du gaz riche dilué par un appoint de gaz de gazogène ou de gaz à l'eau produit en fin de distillation par injection de vapeur surchauffée dans les cornues,

- les usines moyennes étaient munies principalement de fours à chambres verticales discontinues avec production de gaz à l'eau par steaming in situ,
- les usines importantes étaient dotées de fours à chambres de grandes capacités ou de fours à coke et d'ateliers de gaz à l'eau carburée.

### Structures de l'industrie du gaz

Jusque dans les années 30, le service du gaz était dans chaque ville confié à une compagnie privée. La concurrence que s'était livrée les diverses compagnies pour la reprise de concessions expirées ou l'obtention de concessions nouvelles, avait en général, mis entre des mains différentes des exploitations voisines, alors qu'il aurait été possible voire souhaitable de n'avoir qu'une usine productrice importante alimentant les agglomérations voisines.

Le caractère municipal dû à l'aspect administratif a nui en France à l'accession du gaz au stade de la grande industrie. Les concentrations industrielles ont été rares et limitées au Nord de la France et à la région parisienne.

Sur la période 1900-1914 on recensait d'après Pierre Mougin 843 usines. Au sortir de la guerre en 1946 survint la loi de nationalisation qui rassemble en un seul établissement les 546 exploitations existantes, réparties entre 200 compagnies concessionnaires différentes. Les 290 plus petites usines représentaient moins de 4% de la production totale de gaz, ce qui montre le nombre important d'usines restées au stade de l'artisanat.

La concentration de la production en un petit nombre de grandes usines mécanisées d'où partaient d'importants feeders de transports de gaz s'est faite parallèlement au développement du gaz naturel. L'utilisation du gaz naturel et des excédents de gaz des cokeries minières et métallurgiques ont finalement supplanté l'utilisation du gaz manufacturé, la dernière usine à gaz, celle de Belfort, ayant fermée en 1971.

### **Le procédé de fabrication du gaz**

La fabrication à partir du charbon est montrée sur les figures 5 et 5bis . Le procédé de fabrication du gaz à partir de la houille était un procédé relativement complexe, comme le montre la figure 5, nécessitant un nombre important d'opérations élémentaires.

### La distillation

Dans les anciennes usines à gaz de petite dimension, produisant moins de 5000 m<sup>3</sup> de gaz par jour, la distillation était réalisée généralement dans les cornues horizontales (cf. Fig. 6). La forme des cornues, en terre réfractaire, varie avec chaque usine et la durée des charges s'échelonne entre quatorze et douze heures.

La matière première utilisée dans les fours était la houille provenant des différents bassins houillers français. Le bilan moyen du processus de distillation donnait en moyenne le résultat suivant:

1 t de charbon

à 30 % de matières volatiles

=>

710 Kg de coke
170 Kg de gaz (340 Nm <sup>3</sup> ) dont 60 % H <sub>2</sub> et 25% CH <sub>4</sub>
50 Kg de goudron
12 Kg de benzol (BTX)
3 Kg d'ammoniaque NH <sub>3</sub>
3,5 Kg d'hydrogène sulfuré H <sub>2</sub> S
51,5 Kg d'eau

### Le chauffage

Le mode de chauffage des fours a fortement évolué au fil des ans. En 1914, presque toutes les usines chauffent encore le four en brûlant le combustible, houille-coke-goudron, dans le four même. Avec ce système, les foyers se détériorent assez rapidement et de nombreuses interventions sont nécessaires pour maintenir les fours en état.

L'emploi du combustible gazeux pour chauffer les fours s'est ensuite répandu sous l'impulsion notamment des usines métallurgiques. Les fours sont généralement chauffés à une température de 1100 °C par des brûleurs alimentés en gaz pauvre. Ce gaz pauvre est lui-même produit dans des gazogènes spéciaux de la façon suivante: dans un cylindre vertical, un puissant courant d'air est soufflé sur du coke incandescent et les produits gazeux de cette combustion sont envoyés vers les fours de distillation pour leur mise en température.

### Le Barillet

Le gaz sort des fours à une température élevée, de l'ordre de 600°, une pulvérisation d'eau ammoniacale dans le barillet fait baisser la température à 90°, ce qui permet de condenser une partie des goudrons et de l'eau, et diminue le volume de gaz à refroidir.

### Les condenseurs primaires

Leur rôle est de refroidir indirectement le gaz afin d'éliminer une partie de l'eau, de l'ammoniaque, du goudron et de la naphthaline. L'obtention d'un refroidissement maximum dans les condenseurs primaires (entre 20° et 30°) est essentielle pour les raisons suivantes:

- réduire le volume de gaz à extraire, faciliter ainsi le travail des extracteurs de gaz,
- améliorer le rendement des appareils de traitement situés plus en aval.

Le refroidissement est assuré par la circulation du gaz dans les tubulures verticales ou hélicoïdales arrosées d'eau collectée dans un bassin de réfrigération.

## La salle des machines

On y trouve les extracteurs qui servent à assurer la circulation du gaz, leur rôle est donc :

- d'aspirer le gaz des fours à travers les condenseurs primaires et de le refouler jusqu'au gazomètre à travers les diverses installations des sous-produits,
- de maîtriser dans les barillets une légère surpression et d'assurer une pression de refoulement suffisante pour vaincre les pertes de charge du circuit,
- de dégoudronner le gaz; par suite de grande vitesse de rotation, les extracteurs éliminent du gaz une importante quantité de goudron.

## Le lavage du gaz

Il regroupe un certain nombre d'appareils parfois situés dans la salle des machines ou d'ateliers destinés à extraire du gaz une partie des principaux constituants indésirables;

- le lavage  $\text{NH}_3$

cette opération consiste à retirer l'ammoniaque du gaz par pulvérisation d'eau de lavage pouvant contenir une solution faible d'acide sulfurique. Le gaz est ensuite refroidi par contact direct dans les saturateurs.

- le lavage hydrocarbures

le gaz après condensation finale contient encore des hydrocarbures aromatiques. Le but du lavage du gaz est ici d'éliminer une composante du gaz en le retenant par affinité par mise en contact avec de l'huile lourde. Cette mise en contact s'effectue dans un laveur, huile et gaz circulent à contre-courant, l'huile récupérée est refoulée vers l'installation, si elle existe, de débenzolage et de dénaphthalinage.

## Les épurateurs

L'épuration du gaz était par le passé réalisée principalement dans les épurateurs. Le principe consistait à mettre en contact le gaz avec une matrice particulière appelée "masse épurante" qui par réaction chimique fixait les cyanures et les sulfures présents dans le gaz. Le mélange le plus couramment utilisé était le mélange Laming dont la composition moyenne était la suivante:

Sulfate de Fer ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ )	400 Kg
Chaux éteinte ( $\text{CaO}$ , $\text{H}_2\text{O}$ )	110 Kg
Matière inerte (sciure, ...)	10 hectolitres

d'autres utilisaient soit des oxydes de fer purs, qui pouvaient être périodiquement revivifiés par oxydation, soit uniquement de la chaux.

## Stockage du gaz

Le gaz une fois épuré est envoyé dans des gazomètres permettant le stockage de quantités plus ou moins importantes de gaz. Ils sont constitués d'une partie basse contenant de l'eau ou citerne construite généralement en béton et parfois enterrée et d'une partie haute composée de un à trois éléments coulissants assurant ainsi un volume variable.

Les tuyaux d'arrivée et de départ du gaz montent dans toute la hauteur de la citerne et se terminent au-dessus du niveau de l'eau. Les citernes sont parfois équipées de trop plein.

## La citerne à goudron et à eau ammoniacale

Le goudron qui s'est déposé dans les différents appareils de condensation se rend, avec l'eau ammoniacale, par une canalisation distincte de celle du gaz, dans ces fosses ou citernes qui sont construites en maçonnerie ou en béton.

Autrefois, les citernes recevaient généralement toutes les condensations à la fois, eaux ammoniacales et goudrons. Les deux liquides se séparaient d'eux-mêmes, par suite de la différence de densité (qui est d'un rapport de 1 à 1,2), le goudron plus lourd tombant au fond. Pour séparer et récupérer les produits, eaux ammoniacales et goudrons, les fosses étaient généralement séparées en trois parties :

- un compartiment de réception des condensats bruts
- un compartiment de récupération des goudrons par siphonage
- un compartiment de récupération des eaux ammoniacales par débordement.

Le goudron réchauffé par des tubulures immergées était récupéré par pompage pour valorisation externe, notamment la distillation qui était réalisée dans les unités spécialisées réparties sur l'ensemble du territoire (cf. Fig. 7). Les eaux ammoniacales étaient la plupart du temps rejetées dans le milieu naturel sans aucun traitement préalable.

## Les pollutions spécifiques des usines à gaz

### Origines des polluants

Les polluants générés par le processus de gazéification sont très différents d'un atelier à un autre. Le tableau ci-dessous recense les principaux résidus produits sur le site et susceptibles de générer une pollution.

site	type d'activité	résidus
1. dépôt de charbon et de coke	<ul style="list-style-type: none"> <li>stockage et préparation de la charge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> fines de charbon</li> </ul>
tour à charbon	<ul style="list-style-type: none"> <li>séparation et stockage du coke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> coke</li> </ul>
2. fours	<ul style="list-style-type: none"> <li>distillation du charbon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> eau de refroidissement</li> </ul>
chaufferie	<ul style="list-style-type: none"> <li> chauffage des fours</li> <li> extinction du coke</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> eau ammoniacale</li> <li> fines de charbon</li> <li> coke</li> <li> mâchefer</li> <li> cendres et suies</li> </ul>
3. salle des machines avec unité de traitement	<p>refroidissement et lavage du gaz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> refroidissement avec eau ammoniacale, condensats récupérés dans une fosse à goudrons</li> <li> séparation mécanique ou électrostatique du goudron acheminé vers la fosse</li> <li> élimination de l'ammoniaque par lavage, les eaux sont entraînées vers la fosse</li> <li> élimination de la naphtaline par un laveur à naphta (jusqu'en 1950)</li> <li> récupération du benzène (BTX) revalorisé dans l'industrie chimique, ou élimination par adsorption sur charbon actif après épuration (élimination de H<sub>2</sub>S)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> condensats</li> <li> goudrons</li> <li> eau ammoniacale</li> <li> résidus de lavage (par ex. huile)</li> </ul>
4. élimination des sulfures et des cyanures	<ul style="list-style-type: none"> <li> lavage à sec du gaz par filtration sur un lit ou masse épurante contenant des oxydes de fer III</li> <li> régénération de la masse épurante par oxydation (revivification)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> masse épurante saturée</li> </ul>
5. unité de récupération des condensats (fosse)	<ul style="list-style-type: none"> <li> séparation des condensats entre l'eau ammoniacale et les goudrons</li> <li> stockage et récupération des produits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> condensats liquides</li> <li> eau ammoniacale</li> <li> goudrons</li> </ul>
6. gazomètre	<ul style="list-style-type: none"> <li> stockage du gaz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> eau de garde</li> <li> huile d'isolement</li> </ul>
7. ateliers divers	<ul style="list-style-type: none"> <li> distillation du goudron</li> <li> traitement des eaux ammoniacales</li> <li> récupération du benzène (BTX)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> résidus divers</li> </ul>

site	type d'activité	résidus
8. conduites enterrées	<ul style="list-style-type: none"> <li>transport de fluides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>condensats</li> <li>eaux ammoniacales</li> <li>goudrons</li> <li>solutions de lavage</li> </ul>
9. zone de manutention	<ul style="list-style-type: none"> <li>chargement et déchargement de résidus et produits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>masse épurante</li> <li>produits d'addition</li> </ul>
10. zone de dépôt	<ul style="list-style-type: none"> <li>mise en dépôt temporaire de déchets et produits</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>goudrons</li> <li>masse épurante</li> </ul>
11. zone d'infiltration	<ul style="list-style-type: none"> <li>déversement de résidus liquides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>eaux ammoniacales</li> <li>eaux d'extinction</li> </ul>

Les principaux résidus issus de la distillation du charbon dans les usines à gaz sont:

- les goudrons
- les eaux ammoniacales
- les masses épurantes saturées

#### Nature et toxicité des polluants spécifiques

En se basant sur la composition moyenne de ces sous-produits présentés dans le tableau IV, il est possible de dresser la liste des principaux éléments écotoxiques susceptibles d'être émis dans le milieu environnant; air ambiant, sol, eaux souterraines et de surface. On retrouve ainsi:

- les hydrocarbures

Les molécules organiques du charbon se décomposent en donnant des produits volatils plus simples parmi lesquels on trouve tous les types d'hydrocarbures; parafiniques, oléfiniques, naphéniques, aromatiques.

Parmi ces derniers, dont la base est le benzène, on trouve principalement le phénol et ses homologues supérieurs, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). La plupart de ces éléments sont volatils et se retrouvent de façon notable dans les eaux résiduaires.

Sur le plan de la toxicité, il faut noter que certains de ces éléments sont réputés dangereux de part leurs effets cancérigènes et tératogènes. Il s'agit notamment du Benzène et des HAP tel que le Benzo(a)pyrène.

- les composés azotés

Au cours de la carbonisation, une partie de l'azote des charbons, dont la teneur est de 1 à 2%, se dégage sous forme d'ammoniaque  $\text{NH}_3$  (10 à 20 %), une autre sous forme d'acide cyanidrique HCN (2 à 4%), une autre sous forme d'azote élémentaire. La majeure partie restera cependant combinée au coke (50 à 60%). L'ammoniaque  $\text{NH}_3$  peut rester libre ou se combiner sous

forme de sels fixes ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), une fraction ira dans les eaux ammoniacales, une autre restera dans le gaz. Une partie des cyanures sera retenue par la masse épurante principalement sous forme de Bleu de Prusse  $\text{Fe}_4(\text{FeCN}_6)_3$ , de ferrocyanures et de sulfocyanures.

L'ammoniaque libre est beaucoup plus toxique que l'ammoniaque combinée. La limite de toxicité pour les poissons se situe selon les espèces entre 0,5 et 5 mg/l pour l'ammoniaque libre, alors que la limite est de 400 mg/l pour le chlorure d'ammonium. L'ammoniaque stimule par ailleurs la croissance des algues et est responsable du phénomène d'eutrophisation des lacs et des cours d'eau.

Les cyanures libres sont très toxiques; une concentration de 1 mg/l entraîne la mort de la plupart des poissons en quelques heures. Cependant, les cyanures se transforment rapidement en cyanates beaucoup moins toxiques (seuil limite de l'ordre de 75 mg/l) lorsque les conditions d'oxygénation sont bonnes.

- les composés soufrés

Le soufre du charbon se répartit de façon suivante dans les produits de la carbonisation:

- à 60% dans le coke,
- à 30% dans le gaz sous forme de  $\text{H}_2\text{S}$ , en grande partie retenu dans les masses épurantes sous formes de soufre, sulfocyanures ou de sulfates de chaux,
- le complément se retrouve dans les goudrons et les eaux ammoniacales.

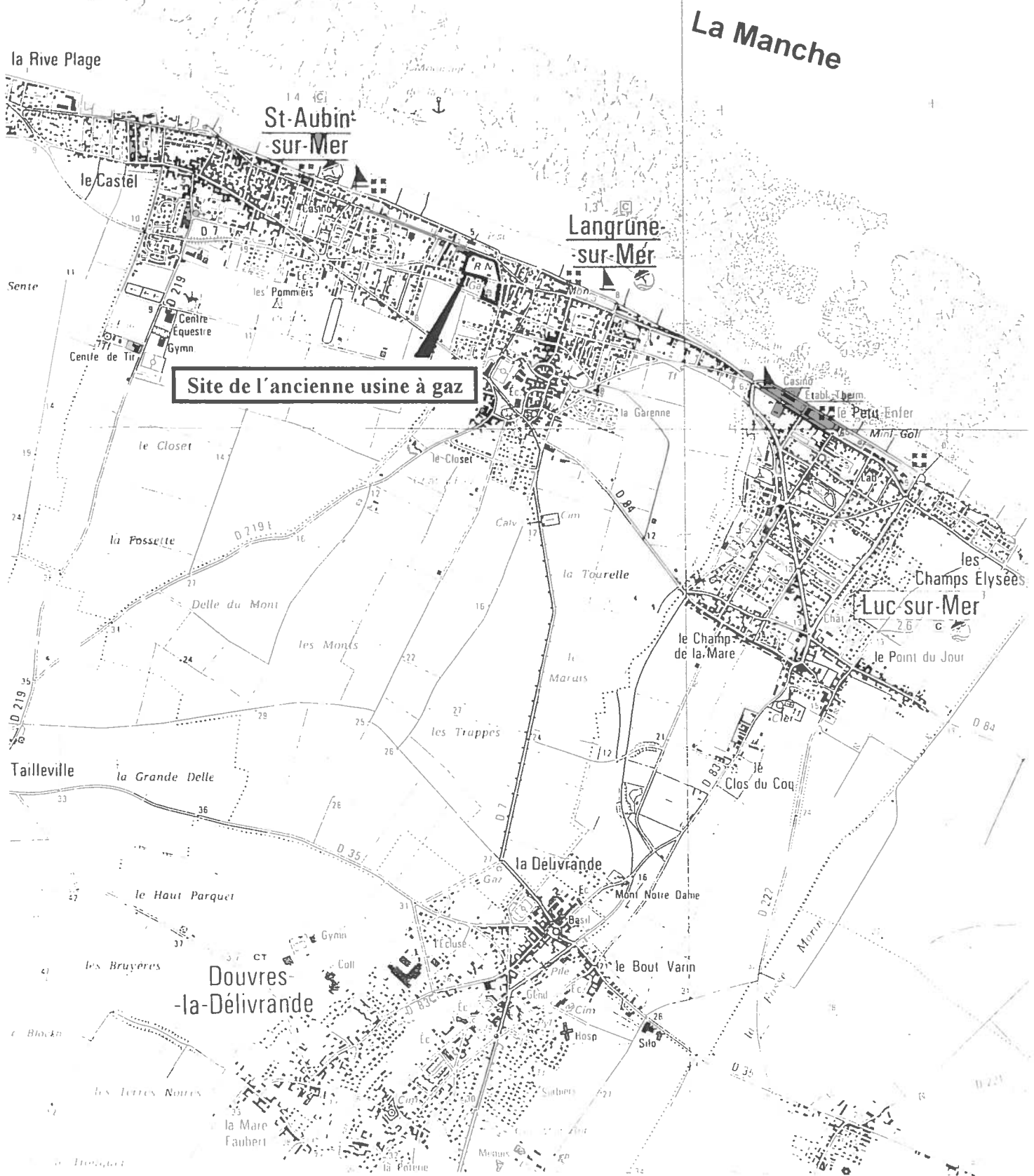
La présence de sulfures en quantités importantes peut nuire à la qualité du milieu par l'instauration d'un milieu réducteur. Les organismes vivants comme les poissons ont une grande sensibilité vis à vis du manque d'oxygène; ils ne peuvent généralement survivre au-dessous de 2,5 mg  $\text{O}_2/\text{l}$ .

Les risques liés aux activités des usines à gaz (cf. Fig. 8) nous amèneront à rechercher en priorité les éléments suivants:

- HAP
- BTX
- Phénols
- Cyanures complexes
- Ammoniaque

à la fois dans les sols et les eaux souterraines ou de surface.

L'étude de l'altération des eaux souterraines dans l'environnement immédiat des usines à gaz est une préoccupation déjà ancienne des exploitants puisque l'on note un article sur ce thème écrit par M. Melon et M. Renard présenté au congrès des Usines à Gaz à Lyon en juin 1890. Les résultats des analyses et observations faites tendaient à s'opposer "... aux prétentions souvent mal fondées des personnes qui imputent au voisinage des usines à gaz les altérations des eaux dont elles font usage".



**Figure 1:** Extrait de la carte 1512 de Caen au 1/25000 et localisation du site de l'ancienne usine à gaz