

DOCUMENT PUBLIC

Aide à la recherche de l'origine de la pollution du forage F1 de l'usine Philips de Caen (Calvados) par des composés organo-halogénés volatils (OHV)

***Avis relatif au rapport du bureau d'études GESTER
Orientations dans la recherche de l'origine de la pollution***

Etude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 2002-PIR-105

**C. Nowak
Avec la collaboration de
E. Equilbey**

**Mars 2002
BRGM/RP-51655-FR**



Mots clés : pollution, forage, Organo-halogénés volatils, expertise, Philips, analyses eaux, écoulement fissural, écoulement karstique, calcaires, aquifère du Bathonien, aquifère du Bajocien, Zone Non Saturée, BASIAS, BASOL, Vallée Orne, Caen, Calvados

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Nowak C., Equilbey E. (2002) Aide à la recherche de l'origine de la pollution du forage F1 de l'usine Philips de Caen (Calvados) par des composés organo-halogénés volatils (OHV) – Avis relatif au rapport du bureau d'études GESTER – Orientations dans la recherche de l'origine de la pollution, Rapport BRGM/RP-51655-FR, 95 p, 9 fig, 5 tabl, 3 ann.

1. Synthèse

Le forage industriel F1 sur le site industriel de Philips Semiconducteurs à Caen est touché depuis 1996 par une pollution persistante de trichloroéthylène à tétrachloroéthylène. Le forage AEI a dû être abandonné (dégradation chimique des eaux incompatible avec les eaux de process requises). Un suivi de la qualité chimique des eaux des deux forages du site, F1 et F2 (d'indices nationaux n°01198C0063 et n°01198C0066) a été effectué par l'exploitant entre 1996 et 2001.

Un rapport de recherche de l'origine de la pollution constatée a été ensuite réalisé pour le compte de l'exploitant par le B.E.T GESTER (rapport n°01/0707 du 05 mai 2001). Ce rapport a permis d'éclaircir la connaissance du secteur, notamment sur la géologie régionale, l'hydrogéologie à l'aplomb des forages (nature des aquifères, sens d'écoulements, vulnérabilités) et sur l'historique industriel du site Philips.

Des incertitudes demeurent et les investigations menées n'ont pas permis de tirer de conclusions quant à l'origine de la pollution. Des informations complémentaires ont été apportées sur le contexte hydrogéologique, les possibles points sources, le comportement des polluants, sans pouvoir davantage conclure sur la localisation du point source origine.

La mesure la plus urgente à mettre en œuvre est de condamner le forage F1 sur le site de Philips Semiconducteurs, qui actuellement transfère les substances polluantes à la fois dans l'aquifère du Bathonien et dans l'aquifère du Bajocien. Pour cela, une mise en veille du puits devra rapidement être réalisée dans les règles de l'art. Les quelques autres ouvrages connus dans le voisinage mettant en communication les deux aquifères devront également être neutralisés partiellement ou en totalité, s'ils s'avèrent également atteints par la même pollution.

Les étapes nécessaires à la recherche de l'origine de la pollution des eaux souterraines ont été systématiquement considérées dans le rapport GESTER mais n'ont pu être toutes entreprises de manière exhaustive, notamment hors du site.

Une définition d'un périmètre d'étude élargi ayant été présentement proposé, il conviendra d'approfondir les recherches déjà menées hors du périmètre du site Philips. Dans un premier temps, la campagne de terrain pourra essentiellement s'appuyer sur des analyses de la qualité chimique des eaux souterraines effectuées sur les forages et les puits proches et accessibles.

Compte tenu de l'usage industriel courant des substances polluantes décelées et des nombreuses activités industrielles passées ou en cours, plusieurs sources de pollution différentes pourraient exister et être ainsi mises à jour.

Des analyses de sols (recherche en zone non saturée) pourraient, si nécessaire, compléter dans un second temps les mesures effectuées sur les eaux. La réalisation de forages piézométriques, captant une seule unité aquifère, assurant la surveillance d'un

panache de pollution ou sur le site Philips le contrôle de la qualité des eaux souterraines, pourra alors être étudiée de manière pertinente.

Sommaire

1. Synthèse.....	3
2. Introduction	9
3. Description générale du secteur	11
3.1. Caractéristiques de l'ouvrage concerné.....	11
3.2. Environnement autour du captage F1.....	14
3.3. Contexte hydrogéologique.....	14
3.3.1. Aquifère régional du Dogger.....	15
3.3.2. Aquifère du Bathonien	15
3.3.3. Aquifère du Bajocien.....	17
3.3.4. Fonctionnement hydraulique de l'ouvrage F1.....	17
3.4. Mesures urgentes à réaliser	17
3.5. Vulnérabilité des formations au droit du forage F1.....	18
3.5.1. Zone non saturée.....	18
3.5.2. Aquifère du Bathonien	19
3.5.3. Aquifère du Bajocien.....	19
4. Substances polluantes détectées	21
4.1. Historique de la pollution	21
4.2. Caractéristiques des substances polluantes	24
4.3. Hypothèses sur le comportement des substances retrouvées	26
5. Avis relatif au rapport GESTER	29
5.1. Contexte de l'expertise.....	29
5.2. Principes de l'expertise.....	29
5.3. Pièces du dossier d'expertise.....	29
5.4. Examen du Rapport GESTER.....	30
5.4.1. Rappel du contexte	30
5.4.2. Description des investigations	32
5.5. Conclusions et recommandations.....	36
6. Orientations pour la recherche de l'origine de la pollution	39
6.1. Les éléments connus.....	39
6.2. Définition de la zone d'étude	39
6.3. Recherche des accès à la nappe et des sites susceptibles de la polluer	43

6.3.1. Inventaire des points d'accès aux aquifères concernés	43
6.3.2. Recherche des sites susceptibles d'être à l'origine de la pollution	43
6.4. Corrélation entre les polluants trouvés et les sources de pollution identifiées	47
6.5. Etude par traçage	48
7. Conclusion.....	49

Liste des annexes

Annexe 1 - Coupes géologiques et techniques des deux forages

Annexe 2 - Rapport GESTER

Annexe 3 – Fiche BASOL – Informations substances chimiques

Liste des illustrations

Fig. 1 – Localisation des deux forages sur carte topographique 1/25 000.....	13
Fig. 2 – Extrait de la carte hydrogéologique à 1/100 000 du département du Calvados (1991).....	16
Fig. 3 – Suivi des teneurs en trichloéthylène octobre 1998-novembre 2001.....	22
Fig. 4 – Suivi des teneurs en tétrachloroéthylène octobre 1998-novembre 2001.....	23
Fig. 5 – Suivi des teneurs en tétrachlorure de carbone octobre 1998-novembre 2001...	23
Fig. 6 – Proposition de mise en place de nouveaux ouvrages.....	37
Fig. 7 – Exemple de définition de la zone d'étude.....	41
Fig. 8 – Localisation des ouvrages inventoriés dans la BSS.....	42
Fig. 9 – Localisation des sites inventoriés dans BASIAS.....	46
Tabl. 1 : Références des forages F1 et F2.....	12
Tabl. 2 : Concentrations des deux composés (analyses des 20 et 25 mars).....	21
Tabl. 3 : Valeurs des deux OHV selon les normes françaises, européennes et OMS....	21
Tabl. 4 : Suivi des teneurs en OHV fourni par PHILIPS.....	22
Tabl. 5 : Synthèse des caractéristiques physico-chimiques des hydrocarbures aliphatiques chlorés volatils (DNAPL).....	24

2. Introduction

Une pollution de l'eau captée à usage industriel sur le forage privé F1 (d'indice national n°01198C0063) par des composés organo-halogénés volatils (OHV), forage implanté dans l'enceinte de l'établissement industriel Philips (Caen, 14), est connue depuis janvier 1996. Suite à l'apparition de la contamination des substances organochlorés et malgré un pompage pendant près de six mois, le forage qui assurait l'alimentation en eau industrielle de l'usine (avec un complément d'eau de ville) a dû être arrêté. Le procédé de l'usine nécessitant une eau de qualité ultra pure, l'alimentation ne se fait depuis qu'avec de l'eau de ville.

Les polluants détectés sont le tétrachloroéthylène et le trichloroéthylène. Seul ce dernier produit a été utilisé par l'établissement Philips dans le passé (plus de 10 ans) et à des quantités limitées, quantités peu compatibles avec le flux identifié de polluant. L'exploitant a fait appel au bureau d'étude GESTER (rapport n°01/0707 du 05 mai 2001) pour mettre en évidence l'origine de la pollution.

Dans le cadre des actions du BRGM d'appui aux administrations, la DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement, délégation du Calvados) a sollicité le Service Géologique Régional de Basse Normandie pour valider d'une part le rapport fourni par le bureau d'étude GESTER (rapport n°01/0707 du 05 mai 2001), et d'autre part pour donner des orientations dans la recherche de l'origine de la pollution.

Le présent rapport s'appuie sur :

- Une rencontre avec l'ingénieur sécurité de l'établissement Philips Semiconducteurs de Caen, complétée par une visite succincte du site le 7 février 2002 en présence d'un représentant de la DRIRE du Calvados;
- La consultation des documents administratifs mis à disposition par de la DRIRE du Calvados ;
- Les données issues de la Banque de Sous Sol (BSS) ;
- La consultation de divers documents pour la recherche de l'origine de la pollution, dont notamment la base de données numériques BASIAS (Inventaire des Anciens Sites Industriels et Activités de Service).

3. Description générale du secteur

Plusieurs documents ont été consultés de façon à apprécier le secteur de l'établissement Philips, dont notamment le contexte hydrogéologique :

- Carte topographique « Caen » au 1 / 25 000, n° 1512 E, IGN (1991) ;
- Carte géologique de « Caen » au 1 / 50 000, n° 120, BRGM (1986)
- Carte géologique de « Bayeux-Courseulles-sur-Mer » au 1 / 50 000, n° 119, BRGM (2000)
- Carte hydrogéologique au 1 / 100 000 du département du Calvados, BRGM (1991)
- Résultats provisoires de l'Inventaire Historique Régional des anciens sites industriels et activités de service sur le département du Calvados (Base de données BASIAS) ;
- « Gestion des sites (potentiellement) pollués – Version 2 », Evaluation Simplifiée des Risques, Annexe 3-Matrices simplifiées activités – polluants ;
- Polluants organiques courants : caractéristiques physico-chimiques et comportement dans le milieu naturel – Rapport ANTEA n° A00495, juin 1994 ;
- Note du 06 août 1997 du BRGM, concernant cinq questions posées par la DRIRE du Calvados et relatives au forage Philips F1 (119/8C/063) et à la pollution dont il a été l'objet (1997) ;
- Analyse succincte de dossiers E.S.R. Zone industrielle de Caen Mondeville (Calvados). Contexte et vulnérabilité hydrogéologique. Avis du BRGM, octobre 2001 ;
- Méthodes de recherche de l'origine de pollution(s) dans les sols ou dans les eaux souterraines, BRGM/RP-51260-FR, à paraître ;
- Données sur les forages, document Philips Semiconducteurs d'août 1999, B. Vertongen ;
- « Guide méthodologique pour la mise en place et l'utilisation d'un réseau de forages permettant d'évaluer la qualité de l'eau souterraine au droit ou à proximité d'un site (potentiellement) pollué.

3.1. CARACTERISTIQUES DE L'OUVRAGE CONCERNE

Le forage F1 (code BSS : 01198C0063) réalisé en 1961, est implanté dans l'enceinte de l'établissement de Philips Composants et Semi-Conducteurs, 2 rue de la Girafe à Caen. Il est un des deux forages privés appartenant à l'usine (code BSS de l'autre forage (F2) : 01198C0066). Il y a une dizaine d'année, le second forage F2 a été abandonné pour encrassement (fig. 1). Suite à l'apparition de la contamination de substances organochlorés en janvier 1996, le forage F1 qui assurait l'alimentation en eau industrielle de l'usine (consommation journalière moyenne de 3 200 m³), avec un complément d'eau de ville, a été arrêté courant 1997. En effet, le procédé de l'usine nécessitant une eau de qualité ultra pure, l'alimentation ne se fait depuis qu'avec de l'eau de ville. Le tableau 1 présente les références de ces deux forages.

Forage	Code BSS	X (Lambert I)	Y (Lambert I)	Z (Lambert I)	Profondeur du forage
F1	01198C0063	403,095	170,775	59,22	87,5 m
F2	01198C0066	403,225	170,635	63,15	65 m

Tabl. 1 : Références des forages F1 et F2

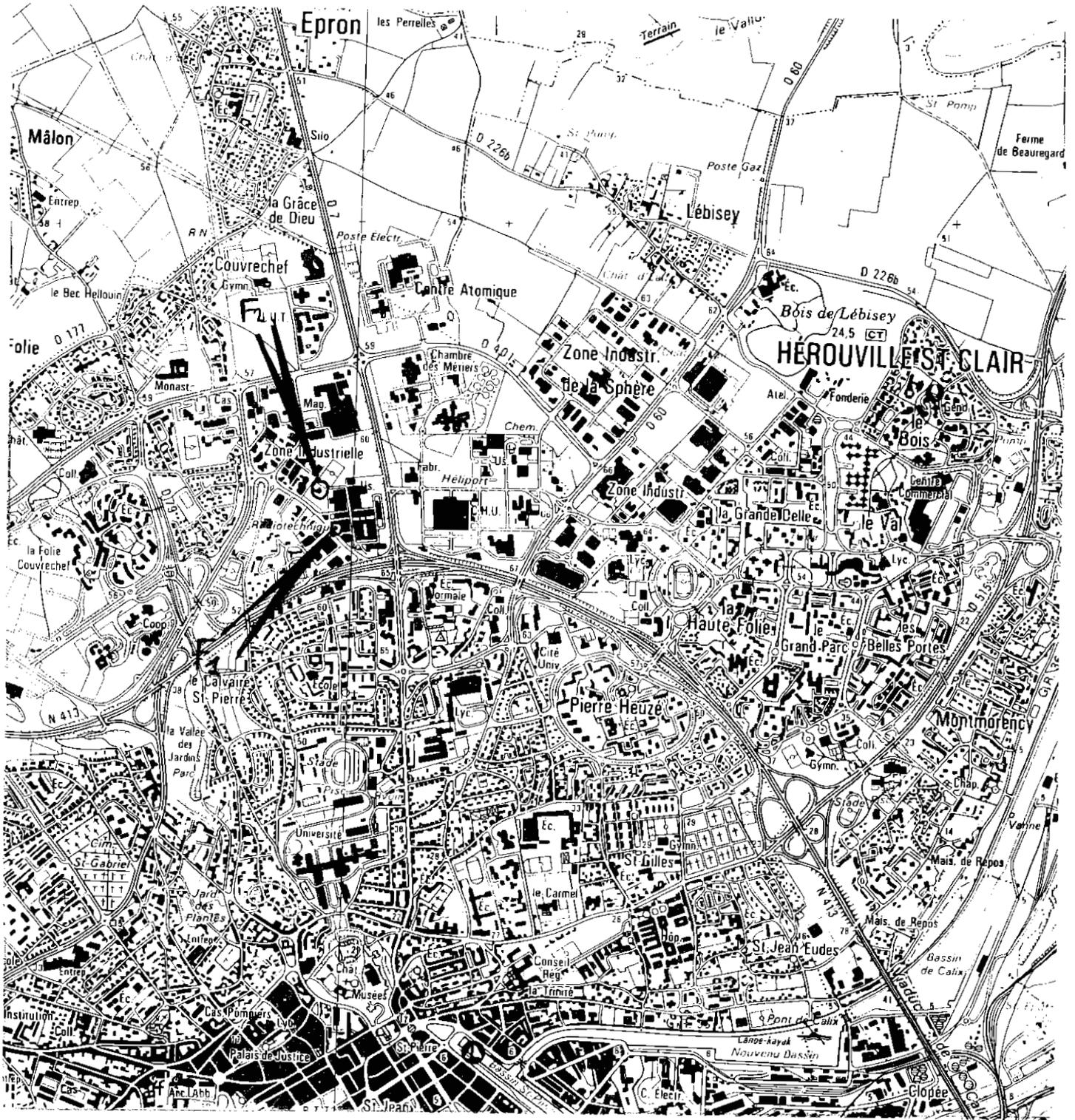


Fig. 1 : Localisation des deux forages F1 et F2 sur la carte topographique à 1/25 000 (1512 Est Caen, IGN)

La coupe géologique du terrain au niveau du forage F1 est schématiquement, de haut en bas :

0 m – 26 m	Calcaire graveleux crème à Bryozoaires et Encrines : Pierre de Ranville (Bathonien) ;
▪ 26 m – 34 m	Calcaire graveleux blanc : Pierre de Ranville (Bathonien) ;
▪ 34 m – 44 m	Calcaire oolithique : Pierre de Blainville (Bathonien) ;
▪ 44 m – 49 m	Calcaire siliceux : Pierre de Caen (Bathonien) ;
▪ 49 m – 60 m	Calcaire massif : Pierre de Caen (Bathonien) ;
▪ 60 m – 62 m	Marnes grises ;
▪ 62 m – 65 m	Calcaire gris : Pierre de Caen (Bathonien) ;
▪ 65 m – 78,5 m	Marnes grises : Marnes de Port-en-Bessin (Bathonien) ;
▪ 78,5 m – 87,5 m	Calcaire gris : Calcaire à Spongiaires (Bajocien).

Le forage F2 moins profond (65 mètres) n'atteint pas les calcaires à spongiaires du Bajocien. Les coupes techniques des deux forages sont présentées en annexe 1.

3.2. ENVIRONNEMENT AUTOUR DU CAPTAGE F1

Le 7 février 2002 une rencontre avec l'Ingénieur sécurité de l'établissement Philips Semiconducteurs, complétée par une visite succincte du site a été organisée en présence d'un représentant de la DRIRE du Calvados. Cette visite a permis d'observer l'environnement direct autour du captage F1. L'emplacement de ce dernier est marqué par un coffrage de ciment. Cette cimentation annulaire réalisée sur 20-25 mètres l'isole des pollutions par les eaux de surface.

3.3. CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Le contexte hydrogéologique du site est celui de l'aquifère du Dogger, qui comporte deux unités aquifères, l'aquifère multicouche des calcaires du Bathonien et l'aquifère multicouche des calcaires du Bajocien sous-jacents.

Ces réservoirs aquifères sont caractérisés par une double porosité, porosité matricielle et porosité de fissure : il ne s'agit pas de nappes au sens propre (porosité uniquement matricielle) et les circulations aquifères sont essentiellement localisées dans des réseaux de fissures élargies par dissolution et réparties suivant des horizons géologiques déterminés (fonction conductive assurée surtout par la porosité de fissures).

L'ouvrage F1 traverse les deux unités aquifères, l'aquifère du Bathonien et l'aquifère du Bajocien. L'ouvrage F2 concerne uniquement l'aquifère du Bathonien.

3.3.1. Aquifère régional du Dogger

Ce sont les horizons géologiques du Bathonien inférieur qui sont à l'origine de la distinction entre les deux unités aquifères du Bathonien et du Bajocien.

Dans la partie amont de la Plaine de Caen (sud est de l'agglomération de Caen), les niveaux du Bathonien inférieur sont à faciès calcaires. Mais une évolution latérale de faciès de ces dépôts est observée : les calcaires font progressivement place aux horizons dit des « bancs bleus » (semi-imperméables à imperméables) à hauteur de Caen, puis évoluent vers le Bessin à la formation des Marnes de Port-de-Bessin (imperméables).

Dans l'amont, les deux aquifères sont ainsi en continuité hydrogéologique marquée (absence d'interface à perméabilité limitée) et ne constituent qu'une seule et unique unité aquifère, l'aquifère dite du Dogger.

En se rapprochant de Caen, les couches du Bathonien inférieur à la perméabilité décroissante constituent de plus en plus une barrière hydrogéologique : les deux unités se dissocient peu à peu à hauteur de Caen pour devenir vraiment distinctes dans le Bessin. Les piézométries bajocienne et bathonienne se désynchronisent peu à peu et l'aquifère du Bajocien devient semi-captif à captif.

3.3.2. Aquifère du Bathonien

La partie aquifère des calcaires bathoniens se limite aux formations de la Pierre de Caen (Bathonien inférieur et moyen). Au vu de la coupe géologique de l'ouvrage Philips (01198C063) et des coupes de quelques ouvrages voisins, les formations aquifères de la pierre de Caen sont constituées de haut en bas par des calcaires assez massifs :

- Des calcaires massifs, cohérents (Bathonien moyen) ;
 - Des calcaires marneux bleutés (Bathonien inférieur) ;
 - Des calcaires gris, moins massifs mais cependant cohérents (Bathonien inférieur).
- Le mur de la nappe du Bathonien est constitué par les marnes de Port en Bessin et les bancs bleus.

La zone non saturée au droit du forage correspond aux formations qui surmontent la nappe, c'est à dire à 44 mètres de calcaires bioclastiques :

- 0 m – 34 m : Calcaire graveleux crème à Bryozoaires et encrines et calcaire graveleux blanc : Pierre de Ranville (Bathonien) ;
- 34 m – 44 m : Calcaire oolithique : Pierre de Blainville (Bathonien) ;

La figure 2 présente la carte hydrogéologique du Calvados au 1/100 000, laquelle permet de déterminer le sens d'écoulement général de l'aquifère du bathonien, à savoir NW – SE, en direction du « nouveau bassin » du canal.

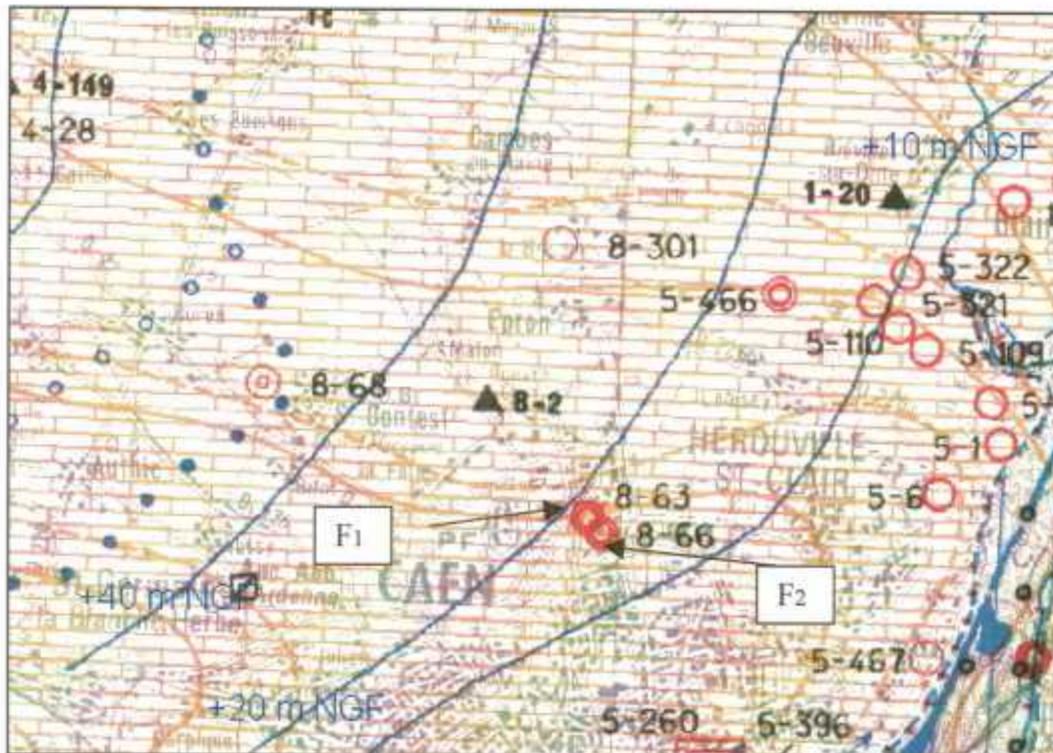


Fig. 2 : Extrait hydrogéologique au 1/100 000 du département du Calvados (1991)

*Hachurés oranges : aquifère du Bathonien
Fond gris : nappe alluviale de l'Orne*

Lignes oranges : isobathes du mur de l'aquifère du Bathonien (Toit des marnes de Port en Bessin)

Lignes bleues : isopièzes de l'aquifère du Bathonien (niveau de moyennes eaux)

*Rond : ouvrages de captages des eaux souterraines avec :
usage AEI (8-63 et 8-66 ; Philips), usage agricole (5-466), AEP pour les autres.*

Triangle : piézomètre (AESN-BRGM)

Carré barré en diagonale : station météorologique METEO-France.

3.3.3. Aquifère du Bajocien

L'aquifère 'captif' du Bajocien est constitué par les différentes couches calcaires (calcaires de la Malière, calcaires oolithiques, calcaires gris à spongiaires) d'âge Bajocien-Aalénien et Toarcien. Son mur est formé par la formation des Argiles à Poisson du Toarcien inférieur et son toit correspond aux bancs bleus du Bathonien inférieur. Le sens d'écoulement général de l'aquifère bajocien est SW – NE, en direction de la mer.

3.3.4. Fonctionnement hydraulique de l'ouvrage F1

L'ouvrage testé en cours de foration à la profondeur de 57,10 mètres pour l'aquifère bathonien seul présente un niveau piézométrique stabilisé à 46,80 mètres de profondeur, ce qui représente une tranche d'eau de 10,30 mètres (soit une pression de un bar).

Après foration jusqu'à 87,50 mètres et mise en communication de la nappe inférieure captive avec la nappe libre supérieure, le niveau s'est stabilisé à une profondeur de 45,93 mètres, soit 0,87 mètres plus haut que la nappe du Bathonien seule. Ceci montre que l'ascendance de l'aquifère captif est importante puisqu'elle se manifeste jusqu'à la profondeur de 45,93 mètres, soit 32,57 mètres au-dessus du toit de l'aquifère captif situé à la profondeur de 78,50 mètres. L'ascendance de l'aquifère bajocien serait encore plus importante si elle s'exprimait seule.

Si l'on compare les débits respectifs d'exploitation des deux forages voisins, F1 (captant les deux nappes) et F2 (captant le Bathonien seul), on constate une différence importante qui pourrait être attribuable pour partie à la production de l'aquifère captif bajocien :

- Entre 1962 et 1965, le forage F1 était exploité pour un débit de 100 à 145 m³/h ;
- En 1965, le forage F2 était exploité pour 40 à 44 m³/h.

Le niveau statique de l'eau mesuré le 23 juillet 1997 dans les deux forages Philips était de :
F1 = 50,43 m/sol, soit 8,79 m NGF ;
F2 = 63,15 m/sol, soit 11,06 m NGF.

3.4. MESURES URGENTES A REALISER

Sur les ouvrages AEP proches, une analyse de contrôle de concentration en dichloroéthylène trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, tétrachlorométhane seront à effectuer par la DDASS du Calvados, si cela n'a pas été fait depuis la découverte de la pollution en 1996.

Les ouvrages concernés sont :

- l'ouvrage AEP de Saint-Contest (01198X0068)
- l'ouvrage AEP de secours de la promenade du Fort (01198X0196) à Caen.
- les ouvrages AEP d'Hérouville-Saint-Clair (01205X0001, 01205X0005, 01205X0006 si possible, 01205X0109, 01205X0110)
- l'ouvrage AEP du Centre Pédagogique d'Hérouville-Saint-Clair (01205X0467)
- en cas de présence d'un des polluants sur un ouvrage AEP d'Hérouville-Saint-Clair, un complément de mesures sur les ouvrages AEP de Biéville-Beuville (01205X0321 et 01205X0322).

Au vu des éléments décrits précédemment, il est urgent de condamner le forage F1 qui actuellement transfère les substances polluantes dans les deux nappes. Pour cela, une mise en veille du puits devra rapidement être réalisée dans les règles de l'art, c'est à dire en prenant soin d'enlever tout l'équipement, y compris le massif filtrant qui pourrait continuer à transférer les polluants.

Si au cours des investigations futures, d'autres forages, mettant en communication les deux aquifères, s'avèrent également touchés, il faudra de même envisager de condamner de la même façon ces ouvrages pour partie ou totalité. Sur la rive gauche de l'Orne, autour du site Philips, on peut citer, captant les deux aquifères, au moins les puits d'indice n°01198D0154 (AEI) et n°01205X0465 à Caen, et le forage n°01198X0068 (AEP) de Saint-Contest.

3.5. VULNERABILITE DES FORMATIONS AU DROIT DU FORAGE F1

3.5.1. Zone non saturée

Au droit du forage F1, la zone non saturée se compose de 44 mètres de calcaires bioclastiques. Puisqu'il s'agit de calcaires, leur vulnérabilité liée aux vitesses de transfert dans la zone est fonction de leur degré de fracturation et/ou de l'existence de karst, ce qui reste totalement inconnu.

Les notices des cartes géologiques sur le secteur de Caen (*Carte de Caen» au 1 / 50 000, n° 120, BRGM (1986) et carte de « Bayeux-Courseulles-sur-Mer » au 1 / 50 000, n° 119, BRGM (2000)*) renseignent sur le caractère karstique potentiellement marqué de la zone non saturée :

- la formation de Ranville, sub-affleurante au niveau du forage F1 est considérée comme karstique avec généralement obturation des conduits par l'argile ;
- La formation de Blainville sous jacente est localement signalée comme siège d'un karst obturé à l'argile, mais ce qui ne semblerait pas le cas à proximité du captage de Philips d'après les coupes géologiques des forages.

Toutefois afin de confirmer le caractère karstique de la zone non saturée à proximité du forage, seuls des tests de traçage et d'infiltration pourraient donner des informations complètes sur les vitesses de transfert dans ces formations.

3.5.2. Aquifère du Bathonien

L'aquifère bathonien est un aquifère à caractère mixte, à la fois poreux et fissuré mais dont la composante conductive essentielle est la fissuration. En effet, la connaissance de l'aquifère au niveau régional montre que lorsqu'il est productif, c'est toujours parce qu'il est fissuré.

Il est probable que ces conditions soient identiques à celles des formations au droit du site Philips. Les vitesses d'écoulement habituellement attribuées à des calcaires fissurés sont de l'ordre de la centaine de mètre par heure dans les parties conductives de l'aquifère (*Valeurs d'après Castany, Paloc, Roux et Lallemant-Barrès, Bogomolov*). Dans les conduits karstiques, les vitesses d'écoulement peuvent atteindre des valeurs jusqu'à 1000 mètres par heure et les transferts sont extrêmement rapides.

Hors du fond de la vallée de l'Orne, l'aquifère du Bathonien est très vulnérable à toutes les activités sur la plaine de Caen.

3.5.3. Aquifère du Bajocien

Cet aquifère est dans la plaine de Caen pour l'essentiel surmonté des horizons bathoniens : ces formations, surtout dans les faciès à dominante argileuse du Bathonien inférieur (niveaux des bancs bleus ou mieux Marnes de Port-en-Bessin), offrent une bonne protection à l'aquifère du Bajocien.

Faiblement rechargé en amont par les apports transitant par les niveaux bathoniens ou percolant dans les secteurs où les couches du Bajocien sont directement affleurants, l'aquifère bajocien se décharge par drainance verticale via l'interface semi-imperméable à imperméable dans l'aquifère sur-jacent du Bathonien : il reste peu drainé, peu renouvelé et sa vulnérabilité s'avère faible.

Au sud-ouest de Caen (hors contexte du site de Philips), les horizons bajociens sont directement à l'affleurement sur la rive gauche de l'Orne. Dans cette partie, l'aquifère est libre, drainée par la vallée de l'Orne et présente la même vulnérabilité que pour l'aquifère du Bathonien.

4. Substances polluantes détectées

4.1. HISTORIQUE DE LA POLLUTION

Depuis janvier 1996, plusieurs analyses réalisées sur le forage privé (F1) de l'usine Philips Semiconducteurs ont révélé une pollution des eaux par des composés organo-halogénés volatils (OHV). Les composés retrouvés sont le trichloroéthylène et le tétrachloroéthylène. Malgré un pompage pendant près de six mois (jusque début juillet) avec la réalisation d'analyses régulières, la pollution a persisté. Voici les concentrations mesurées dans l'eau du forage les 20 et 25 mars 1996 :

Composés	Limite de détection	Résultats du 20/03/96 (µg/L)	Résultats du 25/03/96 (µg/L)
Trichloroéthylène	0,5	560	923
Tétrachloroéthylène	1	320	820

Tabl. 2 : Concentrations des deux composés (analyses du 20 et 25 mars)

A titre indicatif, les teneurs de ces deux éléments dans les eaux de boisson selon les normes françaises (annexe 1.1 du décret du 3 janvier 1989), européennes (directive européenne CE 98/83) et mondiales (OMS 1994) sont les suivantes :

	Norme française en µg/L	Norme Europe en µg/L	Recommandations OMS 1994 en µg/L
Trichloroéthylène	-	10	70
Tétrachloroéthylène	-	10	40

Tabl. 3 : Valeurs des deux OHV selon les normes françaises, européennes et OMS

L'établissement Philips a fourni un suivi des teneurs, depuis octobre 1998, de quatre composés analysés dans les eaux des deux forages (cf. tableau 4 et figures 3, 4 et 5). Il s'agit du trichloroéthylène, du tétrachloroéthylène, du tétrachlorure de carbone et du dichlorométhane. Ce dernier a uniquement été retrouvé dans les eaux du forage F1 en septembre 2000 et 2001.

Norme (µg/l)		28/10/1998	09/02/1999	12/05/1999	04/10/1999	26/10/1999	17/03/2000	05/06/2000	06/09/2000	14/12/2000	13/03/2001	12/06/2001	04/09/2001	09/11/2001
Trichloréthylène	F1	136	5430	3030	2346	1320	1486	7180	818.34	3260	3904	3742	2910	4471
	F2					890	3436	2230						3655
Tétrachloréthylène	F1	87	445	203	154.5	55	54	446	27.16	71	25.4	198	62	42
	F2					65	485	343						182
Tétrachlorure de C	F1	0.15	2	2	1.8	2.4	9.4	31.5	< 0,1	1.4	0.5	< 0,1	3.4	9.4
	F2					3.2	65.5	32.5						35.8
Dichlorométhane	F1	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	250.4	< 100	< 100	< 100	1166	< 100
	F2					< 100	< 100	< 100						< 100

Tabl. 4 : Suivi des teneurs en OHV fourni par l'établissement Philips

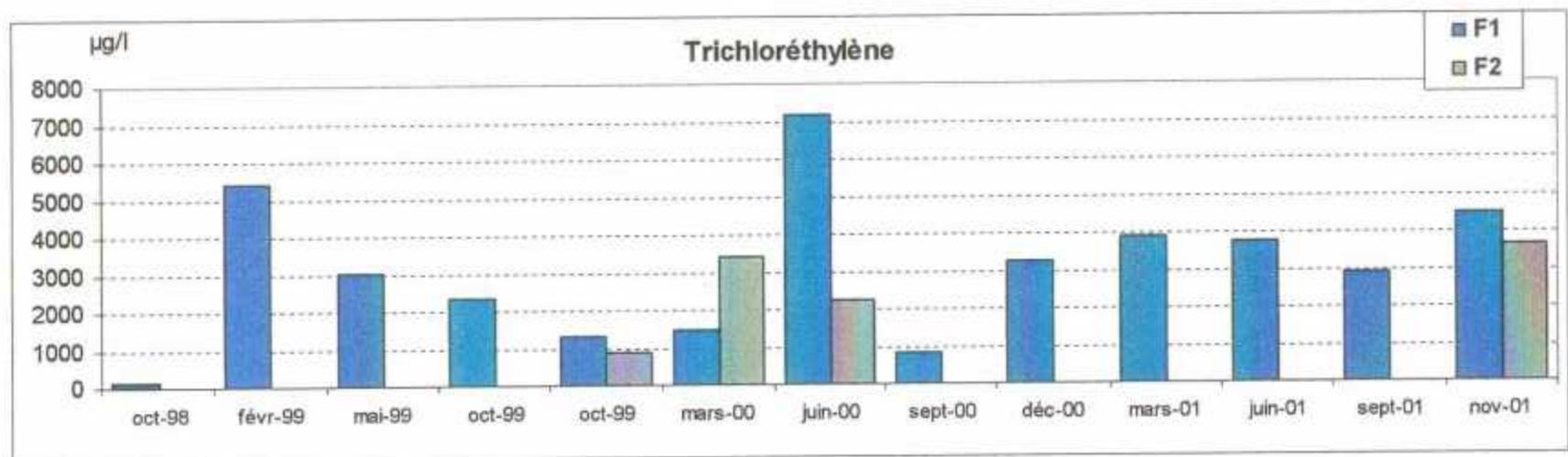


Fig. 3 : Suivi des teneurs en Trichloroéthylène d'octobre 1998 à novembre 2001

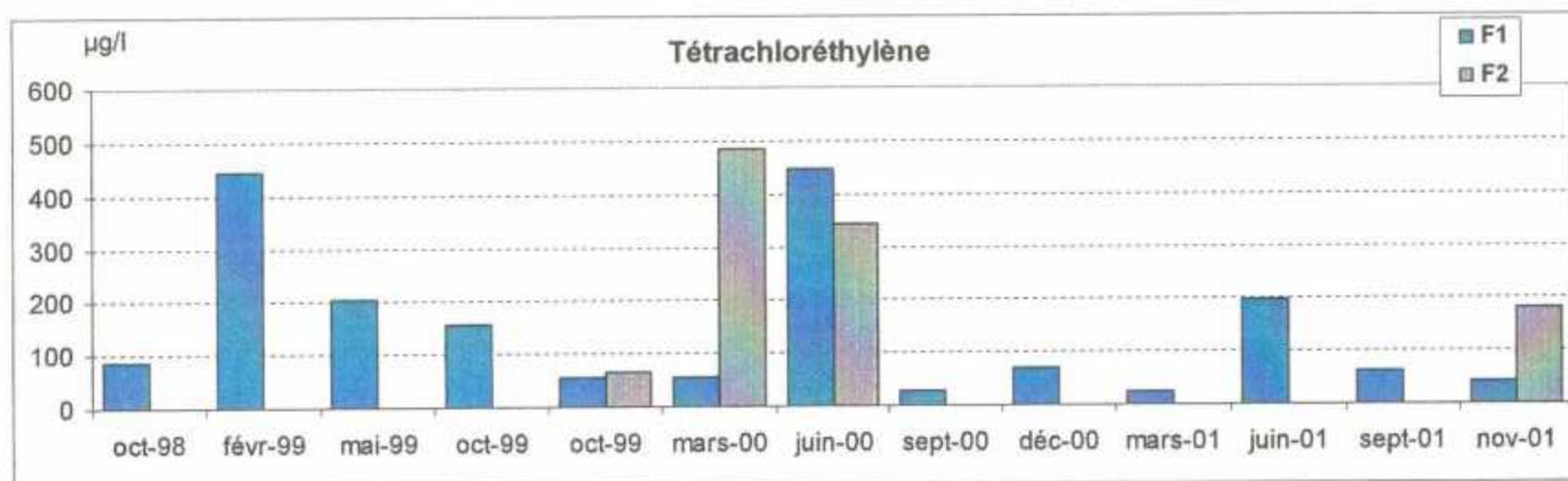


Fig. 4 : Suivi des teneurs en Tétrachloroéthylène d'octobre 1998 à novembre 2001

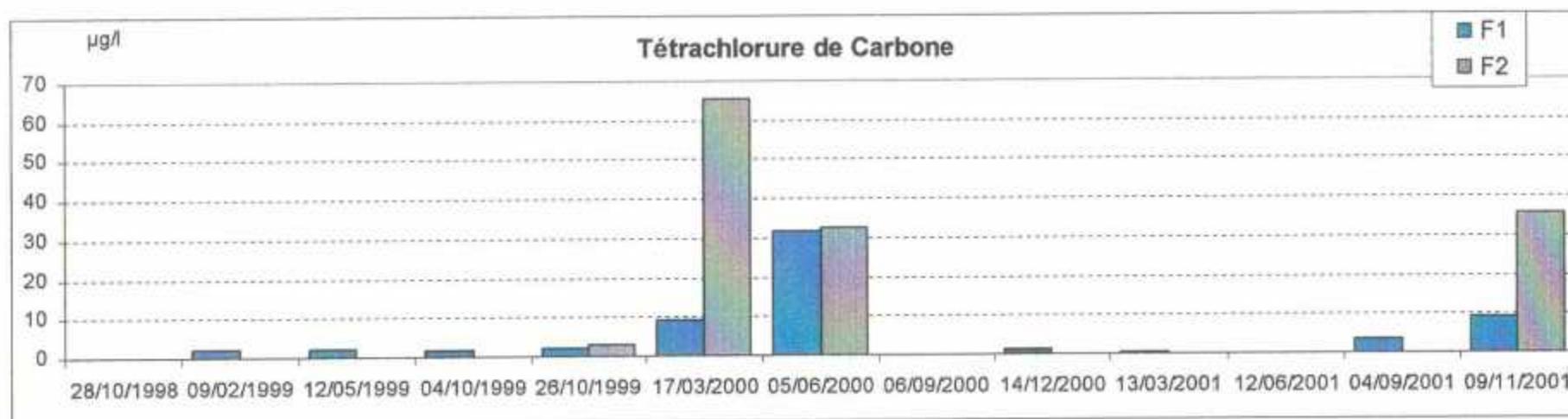


Fig. 5 : Suivi des teneurs en Tétrachlorure de Carbone d'octobre 1998 à novembre 2001

4.2. CARACTERISTIQUES DES SUBSTANCES POLLUANTES

Dans la démarche de la localisation de la source d'une ou de plusieurs substance(s) polluante(s) détectée(s) dans un milieu « eau », il convient de considérer le comportement et les caractéristiques physico-chimiques de la ou des substances polluantes.

Les substances polluantes retrouvées dans les eaux du forage Philips sont des composés organo-halogénés volatils qui appartiennent à la famille des Hydrocarbures aliphatiques halogénés, également appelés solvants chlorés ou en anglais Dense Nonaqueous Phase Liquids DNAPL). D'une façon générale, le comportement d'un polluant organique dans le sol et le sous sol peut être décrit grâce aux principales caractéristiques physico-chimiques suivantes :

Critères de comportement	Grandeurs caractéristiques	Trichlor éthylène	Tétra-chloro éthylène	Tétrachlorure de Carbone
Capacité à se solubiliser	Solubilité dans l'eau (mg/l)	1000 (à 20 °C)	150 (à 25 °C)	800 (à 25 °C)
Ecoulement vertical du fluide	Densité du liquide par rapport à l'eau	1,465	1,623	1,594
	Viscosité dynamique (cP) à 20°C	0.580	0.880	0.970
Capacité à se volatiliser	Pression de vapeur (Pa)	7710 (à 20 °C)	5466 (à 40 °C)	11940 (à 20 °C)
	Température d'ébullition (°C) (1 atm)	87	121	77
	Constante de Henry (Pa.m ³ /mol)	719	1216	2128
Migration verticale des vapeurs	Densité des vapeurs, par rapport à l'air	4,45	5,80	5,30
Affinité avec l'eau (polarité, hydrophobie)	Coefficient de partage eau/octanol (logKow)	2,29	2,60	2,73
Capacité à être piégé (adsorption)	Coefficient de partage eau/carbone organique (Koc)	2.10	2.56	
Stabilité biochimique	Temps de demi-vie	?	?	?

Tabl. 5 : Synthèse des caractéristiques physico-chimiques des hydrocarbures aliphatiques chlorés volatils (DNAPL), extrait de « Polluants organiques courants : caractéristiques physico-chimiques et comportement dans le milieu naturel – Rapport ANTEA n° A00495, juin 1994 »

Solubilité dans l'eau (fonction de la température et de la pression) : il s'agit de la masse maximale de produit qui peut se solubiliser dans un litre d'eau. Si le composé n'est pas soluble, il flottera à la surface de la nappe ou se déposera sur le fond. A titre indicatif, les classes établies pour la solubilité à dans le classeur ESR sont :

- S < 0,001 mg/l = Pas ou très peu soluble ;
- S de 0,001 à 1 mg/l = Très peu soluble ;
- S de 1 à 1000 mg/l = Soluble ;
- S > 1000 mg/l = Très soluble.

Densité du composé (écoulement vertical par gravité) : pour un composé non soluble, sa position par rapport à l'eau dépendra de la densité relative du matériau. Les composés les plus légers que l'eau (densité < 1) flotteront et les composés organiques plus lourds que l'eau (densité > 1) se concentreront dans la partie inférieure de la nappe ;

Capacité à s'évaporer : les composés ayant une constante de Henry (Kh) élevée passent facilement de la phase liquide à la phase vapeur. On considère que le produit est volatil pour des valeurs de Kh supérieures à 100 (soit 0,001 atm.m³/mol). De même, la pression de vapeur du produit (exprimée en Pa) indique sa capacité à se volatiliser : une valeur supérieure à 133 Pa à 25 °C indique que le produit est relativement volatil.

Affinité avec la matrice solide (Adsorption) : s'exprime à la fois par la constante de Henry et par le coefficient de partage carbone organique – eau (noté Koc et exprimé en log). Ce dernier quantifie la répartition relative du composé entre la matière organique et l'eau :

- Quand Kh est < à 100 (soit 0,001 atm.m³/mol) , plus les phénomènes d'adsorption jouent un rôle;
- Dans le sol (zone non saturée), plus le coefficient Koc est élevé (proportionnellement à la richesse de la matière organique du sol), plus le produit est adsorbé dans la phase solide au détriment de sa solubilité dans l'eau.

Densité des vapeurs : plus la densité des vapeurs du composé (calculée par rapport à l'air) est élevée ($d > 1$), plus l'air du sol chargé de la fraction volatile s'accumulera en surface de la nappe. Si $d < 1$ alors la fraction volatile aura tendance à se disperser vers l'atmosphère.

Biodégradabilité : capacité du composé à être « digéré » par des micro-organismes présents dans le milieu d'exposition.

Les caractéristiques physico-chimiques des hydrocarbures aliphatiques chlorés volatils (DNAPL) permettent de décrire leurs **comportements** comme suit :

Ce sont des composés relativement solubles dans l'eau (entre 100 et 1000 mg/l) qui présentent une volatilité importante. Celle-ci génère, dans la zone non saturée et en surface de nappe, l'accumulation de vapeurs (en raison d'une densité des vapeurs de 3 à 6 fois supérieure à celle de l'air). Leur affinité pour la matrice solide est relativement

faible et leur densité est supérieure à 1, ce qui contribue à favoriser leur écoulement vers le bas. Cette migration génère au fur et à mesure un corps d'imprégnation qui à travers l'aquifère s'associe à une solubilisation progressive du produit entraîné par la nappe. Ils continuent à se déplacer jusqu'à ce qu'ils aient atteint le substratum ou une formation imperméable. Ils peuvent alors rester piégés dans les irrégularités du substratum ou bien migrer dans le sens du pendage de celui-ci, éventuellement dans le sens contraire de la direction générale de l'écoulement de la nappe.

Ces caractéristiques soulignent l'importance de prélever des échantillons de contrôle à des profondeurs différentes dans la nappe jusqu'à son substratum.

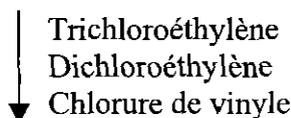
4.3. HYPOTHESES SUR LE COMPORTEMENT DES SUBSTANCES RETROUVEES

La biodégradation est le processus dominant intervenant dans l'atténuation naturelle des solvants chlorés. Elle s'effectue principalement par déhalogénéation réductrice qui est l'expulsion du chlore du solvant et qui est plus ou moins efficace selon les conditions du milieu (présence de carbone organique représentant une source d'énergie pour la population microbienne, conditions aérobies ou anaérobies, etc...). Les molécules les plus chlorées sont plus sujettes au processus de déhalogénéation réductrice et se dégradent de façon séquentielle en d'autres composés halogénés volatils appelés métabolites.

Comme vu précédemment, quatre solvants chlorés ont été retrouvés dans les eaux des deux forages. Voici leur biodégradation probable :

Trichloroéthylène

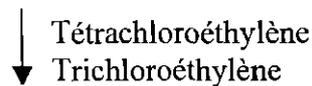
Le trichloroéthylène peut à la fois être une source possible de pollution mais également être issu de la dégradation du tétrachloroéthylène. Sa dégradation peut également se poursuivre en dichloroéthylène puis en chlorure de vinyle :



Il sert principalement pour le dégraissage des pièces métalliques mais aussi dans les industries, des peintures et vernis, des textiles, des produits phythosanitaires, de l'aérospatiale, et des produits pharmaceutiques.

Tétrachloroéthylène

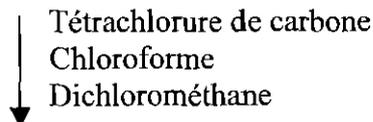
Le tétrachloroéthylène est une source potentielle de pollution. Sa dégradation peut aboutir au trichloroéthylène :



Il sert pour le dégraissage des pièces métalliques, de solvant à divers usages (usage général, pour le nettoyage à sec et la coloration des matières textiles, pour la désulfuration du charbon, pour le ramonage des chaudières industrielles) . Il sert aussi de fluide diélectrique, de composants d'écrans chimiques et a même été utilisé dans le passé pour le traitement médical de certaines infections.

Tétrachlorure de carbone

Ce composé est une source possible de pollution. Sa réduction en chloroforme et en dichlorométhane est un exemple connu de la biodégradation du tétrachlorure de carbone :



Dichlorométhane.

Le dichlorométhane est également une source possible de pollution. Il est un dérivé du chloroforme.

5. Avis relatif au rapport GESTER

5.1. CONTEXTE DE L'EXPERTISE

Une contamination des eaux souterraines par des composés organo-halogénés volatils (OHV) affecte le forage privé de l'établissement industriel Philips sur Caen depuis janvier 1996. Malgré un pompage pendant près de six mois, la pollution s'est révélée persistante et le forage qui assurait l'alimentation en eau industrielle de l'usine a dû être arrêté courant 1997. Le procédé de l'usine nécessitant une eau de qualité ultra pure, l'alimentation ne se fait depuis qu'avec de l'eau de ville.

Les polluants détectés sont le tétrachloroéthylène et le trichloroéthylène. Seul ce dernier produit a été utilisé dans le passé (plus de 10 avant 1996), mais à des doses qui ne correspondent aux quantités de polluants constatés. Ce dernier a confié au bureau d'étude GESTER la réalisation d'une étude pour comprendre les origines de la pollution.

Dans le cadre des actions du BRGM d'appui aux administrations, la DRIRE (Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement, délégation du Calvados) a sollicité le Service Géologique Régional de Basse Normandie pour valider le rapport réalisé par le bureau d'étude GESTER (rapport n°01/0707 du 05 mai 2001).

5.2. PRINCIPES DE L'EXPERTISE

L'expertise du rapport GESTER par le BRGM consiste en une analyse critique des éléments du dossier justifiant des vérifications particulières. Elle consiste à détecter dans le document soumis à l'expertise et au regard de la réglementation en vigueur, ce qui est conforme, ce qui manque et les incertitudes du dossier.

5.3. PIECES DU DOSSIER D'EXPERTISE

La présente expertise concerne le rapport GESTER n°01/0707 du 05 mai 2001, appelé « Investigations hydrogéologiques, Philips Semiconducteurs, Usine de Caen ».

Cette expertise se base également sur les documents cités précédemment (chapitres 2 et 3), ainsi que sur des résultats communiqués par l'établissement Philips présentés en annexe 2 et concernant la recherche de pollution des sols de l'ancienne zone de collecte de solvants et de redistillation de solvants.

5.4. EXAMEN DU RAPPORT GESTER

Un avis sur chacune des parties présentées dans le rapport sera donné. La structure de l'expertise suivra les différents chapitres.

5.4.1. Rappel du contexte

Données sur l'historique du problème de la qualité de l'eau

GESTER débute ce chapitre par une présentation des deux forages de l'établissement Philips et rappelle clairement l'historique de l'apparition de la pollution.

La localisation manquante des deux puits F1 et F2 au sein de l'établissement Philips serait nécessaire. De même, la description des deux ouvrages est très succincte. Aucune illustration n'est fournie : la coupe technique aurait pu être placée en annexe pour illustration des propos. Il est uniquement mentionné que les deux ouvrages interceptent l'aquifère supérieure du Bathonien sans indiquer que le forage F1 traverse également l'aquifère captif du Bajocien. Un descriptif rapide concernant leur fonctionnement hydraulique aurait mis en évidence le caractère ascendant de l'aquifère inférieur.

Par ailleurs, la visite du site du 21 décembre 1999 faite par GESTER sur le site Philips, n'apporte aucune information quant à l'environnement immédiat des forages, ce qui aurait permis d'évaluer les risques potentiels de pollution par les eaux de surface.

Le rappel de l'historique de la pollution est bien posé. Il pourrait toutefois être complété par un suivi dans le temps de l'évolution des concentrations des polluants afin de vérifier la possibilité d'une éventuelle relation des teneurs analysées avec les phénomènes saisonniers et météorologiques.

Informations sur la recherche d'une origine de la pollution

Dans ce chapitre, GESTER rappelle l'utilisation révolue du trichloroéthylène et le non-usage de tétrachloroéthylène par l'établissement Philips. L'existence d'une ancienne zone de collecte de solvants et de redistillation de solvants est évoquée, et une estimation théorique du volume de la source calculée.

D'après l'ingénieur sécurité de l'établissement Philips, rencontré le 7 février 2002, l'utilisation de tétrachloroéthylène est effectivement terminée et la présence de tétrachloroéthylène sur le site n'aurait été que de quelques bouteilles. Toutefois aucun chiffre sur la quantité de ces deux composés n'est donné. Compte tenu d'une des activités anciennes de Philips intitulée « Traitement et revêtement des métaux (traitement de surface, sablage et métallisation, traitement électrolytique, application de vernis et peintures) », activité confirmée par Philips, on pourrait considérer que les quantités utilisées n'étaient pas non négligeables. Ces aspects auraient mérité des précisions.

Concernant l'ancienne zone de collecte de solvants et de redistillation de solvants, GESTER informe qu'elle a été exploitée pendant 7 ans, puis démantelée en 1984 et recouverte d'une dalle en béton après l'évacuation d'une tranche de 0,5 mètres de sols pollués suite à un bilan de pollution des sols. Lors de la visite de terrain du 7 février 2002, il a été constaté que cette zone avait été reconvertie en aire de stockage de déchets, ferraille et bois (présence de la dalle en béton confirmée), et qu'il existait des cuves enterrées a priori non utilisées.

D'après les résultats de la recherche de pollution des sols sur cette zone de stockage, document communiqué par Philips (annexe 2), la pollution ne concernait que la partie superficielle des sols (jusqu'à 0,5 mètres). La profondeur des prélèvements n'ayant pas dépassé les 1,35 mètres et compte tenu de la tendance des solvants chlorés à s'écouler vers le bas (cf. sous-chapitre 3.2), aucune conclusion ne peut être donnée concernant l'éventuelle présence en profondeur de composés organo-halogénés volatils dans la zone non saturée.

Par ailleurs, les conclusions de cette recherche de pollution signalent un projet d'enterrement de cuves de stockage de solvants usées : « ... lors des travaux de terrassement programmés en vue d'enterrer des cuves de stockage de solvants usés et de réaliser une dalle en béton... ». Il s'avérerait donc que les actuelles cuves enterrées ont été construites après les investigations de dépollution des sols, et qu'il est fort probable que des solvants usées ont été stockés après 1984. Cette éventualité aurait du être analysée.

Au vu des données citées, l'ancienne zone de collecte de solvants et de redistillation de solvants ne doit pas être écartée des sources potentielles de la pollution, comme GESTER l'affirme. Seules une recherche historique approfondie et de nouvelles investigations de terrain (analyses de sols plus profonds dans la zone non saturée) permettraient de renseigner les incertitudes citées. En effet, même si cette zone est localisée en aval hydraulique du forage F1, il n'est pas impossible que des solvants chlorés aient été entraînés plus en amont, compte tenu du débit d'eau exploité (environ 100 m³/h) et de l'éventualité du piégeage des solvants dans les irrégularités du substratum (cf. sous-chapitre 3.2).

GESTER réalise une appréciation du stock de substances polluantes basée sur le débit d'eau pompé dans le forage F1 en 1996 et sur la teneur moyenne en trichloroéthylène. Les chiffres utilisés pour le calcul n'étant pas mentionnés dans le rapport, il est difficile d'apprécier les résultats. Il s'agit du calcul de la charge polluante qui d'ordinaire s'exprime en gramme par heure.

Contexte administratif

GESTER indique dans ce chapitre que l'établissement Philips n'est actuellement soumis ni à déclaration, ni à autorisation concernant l'utilisation ou le stockage de solvants organo-halogénés volatils.

La DRIRE du Calvados confirme effectivement ces exigences vis à vis des OHV, mais ne connaît pas celles du passé. Une enquête au sein des archives de la DRIRE aurait du les confirmer. Signalons par ailleurs que le fait de ne pas être soumis à des exigences particulières pour ces substances, n'implique pas que celles-ci ne soient pas présentes sur le site. En effet, étant des produits soumis à autorisation seulement pour un volume supérieur à 1500 litres, les composés organo-halogénés volatils sont fréquemment utilisés par les industriels pour le dégraissage des machines.

5.4.2. Description des investigations

GESTER a proposé de suivre quatre étapes dans la mise en œuvre de ses investigations pour comprendre l'origine de la pollution au droit du site Philips :

- 1- Approfondissement des connaissances géologiques et hydrogéologiques locales ;
- 2- Connaissance de la répartition de la pollution en fonction de la profondeur dans F1 ;
- 3- Recherche panoramique d'autres polluants que les organo-halogénés ;
- 4- Connaissance de la qualité des eaux en amont du site Philips.

Approfondissement des connaissances géologiques et hydrogéologiques

Afin de répondre à l'objectif de ce chapitre, GESTER a réalisé une recherche de qualité auprès de nombreux services administratifs. Toutefois, avant d'effectuer cette recherche, il aurait été préférable de délimiter une zone d'étude en fonction du contexte hydrogéologique régional.

Points d'accès aux nappes phréatiques

GESTER présente un recensement précis des points d'accès aux aquifères sous jacents (et pas uniquement à la nappe comme cité dans le rapport) aux alentours du site Philips, en précisant l'usage actuel ou passé des ouvrages. L'annexe 1 est une carte qui fait apparaître les positions des différents ouvrages et la nature de l'aquifère capté. Toutes les informations étant basées sur les fiches techniques de cet inventaire, il aurait été judicieux d'une part de les lister, et d'autre part de les présenter en annexe.

GESTER fait également mention du fait que l'aquifère du Bathonien est vulnérable aux activités de surface, alors que celui du Bajocien, protégé par la formation imperméable des bancs bleus, ne l'est pas. Une éventuelle pollution à partir de puits existants qui mettraient en communication l'aquifère du Bajocien est pourtant possible.

Piézométrie de la nappe du Bathonien

Dans cette partie, GESTER donne une interprétation exacte du sens d'écoulement général de l'aquifère du Bathonien à partir de la carte piézométrique de cet aquifère. Il signale par ailleurs le sens d'écoulement général NW – SE au droit du site Philips. Afin de confirmer ces données, des mesures piézométriques ont été réalisées sur cinq ouvrages, dont le forage pollué F1.

Les mesures piézométriques sur le forage F1 ne peuvent être considérées comme pertinentes pour la piézométrie du Bathonien, compte tenu de sa mise en communication avec l'aquifère inférieure qui par son caractère ascendant fausse les mesures piézométriques. De même, une incohérence existe concernant le piézomètre PZ4, signalé par GESTER sur la carte « Pas d'information ». Il n'est donc pas certain que la mesure piézométrique représente le niveau de l'aquifère du Bathonien.

A l'issue de la campagne piézométrique, le sens d'écoulement générale NW – SE de la nappe du Bathonien est confirmé par GESTER, alors qu'aucune mesure au nord-ouest du forage F1 n'a été réalisée. Il est effectivement vrai que le piézomètre d'indice 01198X0002 est en amont hydraulique des deux forages Philips et que les ouvrages PZ5 et F3 en aval, mais cela permet uniquement de donner un sens d'écoulement NNW – SSE. Une mesure plus au nord-ouest du forage F1, par exemple dans le puits communal de Saint-Contest (indice BSS : 01198X0175) aurait précisé le sens d'écoulement de la nappe au droit du site.

Piézométrie de la nappe du Bajocien

Il est mentionné dans le rapport qu'il n'existe pas d'information directe concernant la piézométrie de la nappe du Bajocien. Après analyse, GESTER indique que la nappe captive s'écoulerait du sud-ouest vers le nord-est au droit du site Philips. Or les rares forages atteignant les niveaux bajociens interceptent également les niveaux bathoniens et ne permettent pas de vérifier ces affirmations sur un sens d'écoulement NE-SW opposé à celui du bajocien. Néanmoins, ces suppositions nous semblent peu convaincantes : les exutoires principaux sont d'une part la vallée de l'Orne (coté sud et sud-est du site) et les niveaux aquifères bathoniens. En absence d'exutoire en aval pendage, les considérations sur le pendage avancées dans des niveaux bajociens totalement saturés nous semblent peu pertinentes. Sans pouvoir l'affirmer davantage, le sens d'écoulement est probablement le même que pour l'aquifère du Bathonien au droit du site, à savoir NW-SE.

Interface entre Bathonien et Bajocien

La description du toit des marnes de Port en Bessin révèle un pendage vers le NNE. L'hypothèse émise par GESTER est l'existence d'une source potentielle de pollution en OHV provenant du sud ou sud-ouest et qui s'écoulerait sur le toit des marnes en direction du nord. Cette hypothèse est effectivement probable à partir du moment où le

panache de pollution soit suffisamment large pour polluer les deux forages à la fois, distants de 200 mètres l'un de l'autre. Afin de vérifier cette hypothèse, il s'agirait de réaliser une analyse des eaux dans un ouvrage atteignant le substratum de l'aquifère bathonien et localisé au sud du site Philips.

Aucune présentation précise du contexte géologique local n'a été faite. Il aurait été intéressant de présenter au moins la carte géologique du secteur de Caen de façon à localiser les formations qui affleurent.

Connaissance de la répartition de la pollution en fonction de la profondeur dans les puits F1 et F2

Dans cette partie, GESTER souhaite préciser la répartition de la pollution en fonction de la profondeur dans les forages pollués F1 et F2, afin de mesurer les teneurs des composés dans chacun des aquifères. Pour cela plusieurs prélèvements d'eau ont été réalisés à différentes profondeurs, cinq dans F1 et trois dans F2. GESTER a choisi d'analyser uniquement les échantillons issus de l'ouvrage F1.

Sachant que le forage F1 est en communication avec la nappe captive inférieure et que celle-ci possède une ascendance reconnue, l'eau issue du forage F1 est un mélange des eaux des deux nappes. Il est alors impossible d'analyser les eaux du Bajocien à partir de l'ouvrage F1, comme signalé dans le rapport. Aucune conclusion ne peut être donnée concernant l'établissement d'un gradient de concentrations des substances détectées en fonction des aquifères. Par conséquent, les deux hypothèses émises par GESTER pour expliquer les impacts constatés sur la qualité de l'eau ne peuvent être vérifiées.

Seule la réalisation d'un nouveau forage qui capterait uniquement la nappe du Bajocien (selon les recommandations du fascicule de documentation AFNOR-FD-X-31-614 d'octobre 1999) permettrait de dire si celle-ci est également contaminée par des substances organo-halogénés volatils.

Recherche panoramique d'autres polluants que les organo-halogénés

Ce paragraphe présente les résultats d'analyse d'autres composés chimiques dans les eaux du puits F1, l'objectif étant d'identifier des composés spécifiques d'une activité qui pourrait être l'origine de la pollution. La démarche est intéressante même si aucun composé n'a été identifié et n'apporte pas de données nouvelles. GESTER appuie de nouveau sa théorie, présentée dans le chapitre précédent, sur la répartition de la pollution en fonction de la profondeur de F1. Rappelons qu'il n'est pas possible de différencier l'eau de la nappe du Bathonien de celle du Bajocien au sein du captage F1, compte tenu de la mise en connexion des deux aquifères.

Connaissances de la qualité des eaux en amont du site Philips

GESTER n'a pas pu vérifier la qualité des eaux des deux nappes en amont du site Philips. L'accès à l'ouvrage 01198X0002 ne leur a pas été autorisé pour l'analyse des eaux du Bathonien et aucun forage au sud (en amont hydraulique de la nappe du Bajocien selon le B.E.T n'a été repéré.

L'analyse des eaux en amont est une étape importante pour la compréhension du contexte hydrogéologique à l'aplomb du site et dans la recherche de l'origine de la pollution. Il est donc important d'effectuer cette opération avant d'envisager toute nouvelle investigation. Le choix du captage pour la réalisation des analyses est délicat compte tenu des caractéristiques des composés organo-halogénés (cf. 3.2) qui soulignent l'importance de prélever des échantillons de contrôle à des profondeurs différentes dans une aquifère jusqu'à son substratum.

Pour la nappe du Bathonien, il existe plusieurs ouvrages situés en amont hydraulique (au nord-ouest de Philips). La grande majorité des ouvrages à proximité de F1 ne captent que les niveaux aquifères du Bathonien moyen. Il serait toutefois intéressant d'analyser leur eau pour détecter l'éventuelle présence de solvants chlorés. A titre indicatif, voici quelques-uns de ces puits d'indice national n°01198X0186, 01198X0187, 01198X0176, etc...

Pour les ouvrages captant les niveaux aquifères du Bathonien inférieur, une analyse pourrait être envisagée, par exemple sur le captage d'indice n°01198C0135. Une enquête auprès des services compétents permettrait de connaître l'accessibilité de ces ouvrages.

Pour la nappe du Bajocien, il n'existe effectivement pas de forage dans le secteur nord de Caen, qui capte uniquement la nappe du Bajocien.

5.5. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le rapport réalisé par le bureau d'étude GESTER constitue une compilation documentaire, complétée par des investigations de terrain. Cette synthèse est relativement complète concernant le contexte hydrogéologique régional, mais un approfondissement des connaissances sur la géologie du secteur, sur l'hydrogéologie à l'aplomb du site Philips et sur l'historique de ce dernier (notamment sur l'ancienne zone de stockage de solvants) serait nécessaire.

En effet, au vu des informations présentées dans ce rapport, il n'est actuellement pas possible de tirer de conclusions quant à l'origine de la source de la pollution.

Seule une campagne d'analyse des eaux sur les ouvrages autour du site accédant aux aquifères phréatiques, notamment en amont hydraulique, permettrait d'apporter de nouvelles informations sur l'origine possible de la pollution et les compléments nécessaires à l'élaboration d'un cahier des charges argumenté pour l'éventuelle réalisation de nouveaux ouvrages.

Sur les zones "suspectes" mises en évidence par la campagne de mesures de la qualité chimique des eaux, des analyses complémentaires de sols (superficiels et/ou plus profondes) pourront être envisagées pour la caractérisation du degré de pollution dans la zone non saturée. Des investigations plus profondes des sols sur le site pourraient être envisagées à hauteur de l'ancienne aire de stockage du trichloroéthylène et à hauteur des cuves semi-enterrées à enterrées.

On gardera en mémoire au vu des divers usages courants des substances polluantes recherchées dans un secteur comportant de nombreux sites industriels, que de multiples sources pourraient être détectées).

La recherche d'autres substances associées au panache de pollution (caractérisation des impuretés associées aux tri- et tétra- chloroéthylène, ou recherche de substances utilisées couramment en association ou en complément des contaminants) serait à poursuivre afin de caractériser davantage le flux polluant source.

A l'issue des résultats de ces analyses, un réseau de forages pourrait être ainsi installé de façon à acquérir des données sur le contexte hydrogéologique à l'aplomb du site, et à apprécier la qualité des eaux dans chacune des deux nappes respectives. Dans un premier temps, le réseau se constituerait de (cf. figure 6) :

- la réalisation d'un forage en amont hydraulique de l'ouvrage F1 qui capterait uniquement la nappe du Bathonien ;
- la mise en place d'un forage en aval hydraulique qui ne capterait que la nappe bajocienne.

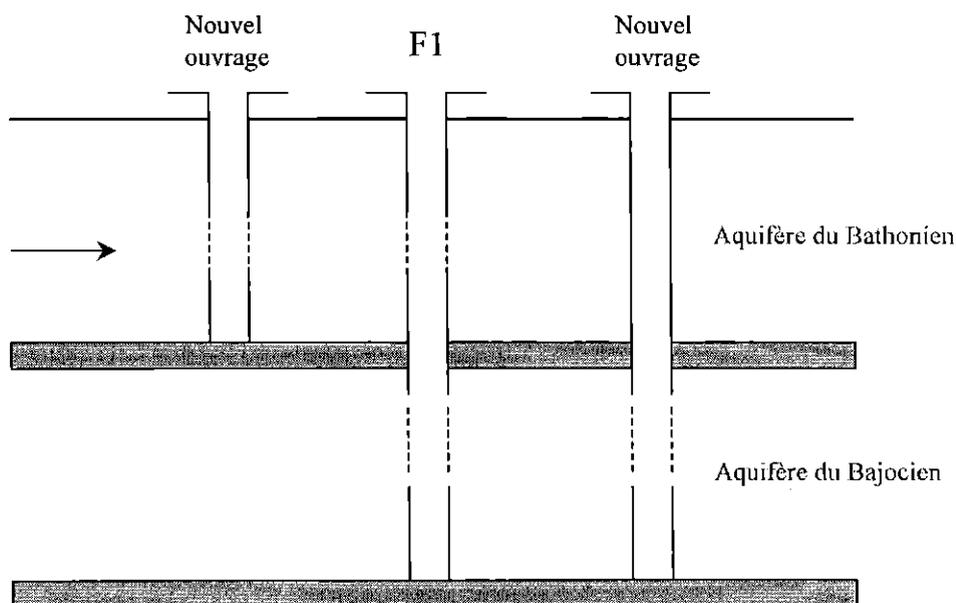


Fig. 6 : Proposition de mise en place de nouveaux ouvrages

Une analyse de l'eau dans chacun de ces deux forages devra être réalisée. Le réseau de forages qui permettra de mesurer la qualité de l'eau souterraine sera conçu de telle sorte

- d'éviter l'accroissement de la pollution ou sa migration vers la nappe inférieure par la mise en connexion des deux aquifères superposés ;
- à veiller à assurer l'efficacité de la pérennité de chacun des forages mis en place ;

Il est recommandé de se rapporter au guide du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE) de septembre 2001 « *Guide méthodologique pour la mise en place et l'utilisation d'un réseau de forages permettant d'évaluer la qualité de l'eau souterraine au droit ou à proximité d'un site (potentiellement) pollué*, consultable sur Internet à l'adresse : <http://www.environnement.gouv.fr> ».

6. Orientations pour la recherche de l'origine de la pollution

Dans la recherche de l'origine d'une pollution des eaux souterraines, plusieurs étapes sont généralement recommandées (cf. *Méthodes de recherche de l'origine de pollution(s) dans les sols ou dans les eaux souterraines, BRGM/RP-51260-FR, à paraître*). Elles sont citées ci-après :

- 1- Rassembler et analyser les éléments connus du dossier pour établir un programme de travail à réaliser en fonction des hypothèses envisagées ;
- 2- Définir précisément la zone d'appel du forage concernée par la pollution, dans les conditions hydrauliques prévalant au moment du constat ;
- 3- Rechercher les accès à la nappe et les divers sites susceptibles de la polluer ;
- 4- Enquêter, si besoin est, sur les pratiques agricoles des parcelles concernées ;
- 5- Rechercher une éventuelle cause naturelle de la pollution des eaux ;
- 6- S'assurer de la corrélation entre les polluants trouvés et les sources de pollution identifiées ;
- 7- Compléter éventuellement la recherche par un traçage.

Compte tenu de la nature des substances détectées aux forages Philips, il ne sera pas nécessaire de réaliser les tâches 4 et 5.

6.1. LES ELEMENTS CONNUS

Les informations déjà connues sur le cas d'étude Philips ont été synthétisées précédemment (cf. § 2 et 1). Il serait utile de les compléter par une recherche des sites dans la zone d'étude qui ont déjà fait l'objet d'un constat de pollution, et/ou d'un diagnostic, et/ou d'une surveillance des eaux souterraines. Cela permettra, soit d'orienter les recherches ou de les faciliter par une meilleure connaissance des conditions hydrogéologiques, soit de distinguer le site qui représente la probabilité la plus forte d'être à l'origine de la pollution, parmi plusieurs sites suspectés.

6.2. DEFINITION DE LA ZONE D'ETUDE

Compte tenu qu'il s'agit d'un milieu de transfert et d'exposition « eaux souterraines », la première étape à suivre avant de débiter l'inventaire des sources potentielles de pollution du captage est la délimitation de la zone d'étude. Celle-ci doit être définie en fonction du contexte hydrogéologique régional en prenant en considération le sens d'écoulement de l'aquifère concerné. Le document à utiliser dans ce cas, est la carte hydrogéologique du Calvados au 1 /100 000, laquelle permet de déterminer le sens d'écoulement général de l'aquifère bathonien, à savoir NW – SE. De même, il n'existe pas à proximité immédiate du forage Philips, d'autres ouvrages connus en exploitation, et qui seraient susceptibles de modifier le sens d'écoulement général. La zone d'étude pourrait donc être définie de la façon suivante :

- Le sens d'écoulement général de la nappe a été tracé à l'aplomb du forage F1 (ligne rose sur la figure 7) ;
- De part et d'autre de cette ligne, une zone de 2,5 kilomètres, soit 5 kilomètres de largeur a été dessinée allant de 2,5 kilomètres en aval du forage jusqu'à 5 kilomètres en amont (pointillés verts sur la figure 7).

La zone d'étude regrouperait ainsi les douze communes suivantes :

- Caen
- Hérouville-Saint-Clair
- Epron
- Biéville-Beuville
- Cambes-en-Plaine
- Villons-les-Buissons
- Saint-Contest
- Authie
- Rosel
- Cairon
- Anisy
- Saint-Germain-la-Blanche-Herbe

La recherche de l'origine de la pollution des forages de Philips pourrait être réalisée sur l'ensemble de ces douze communes.

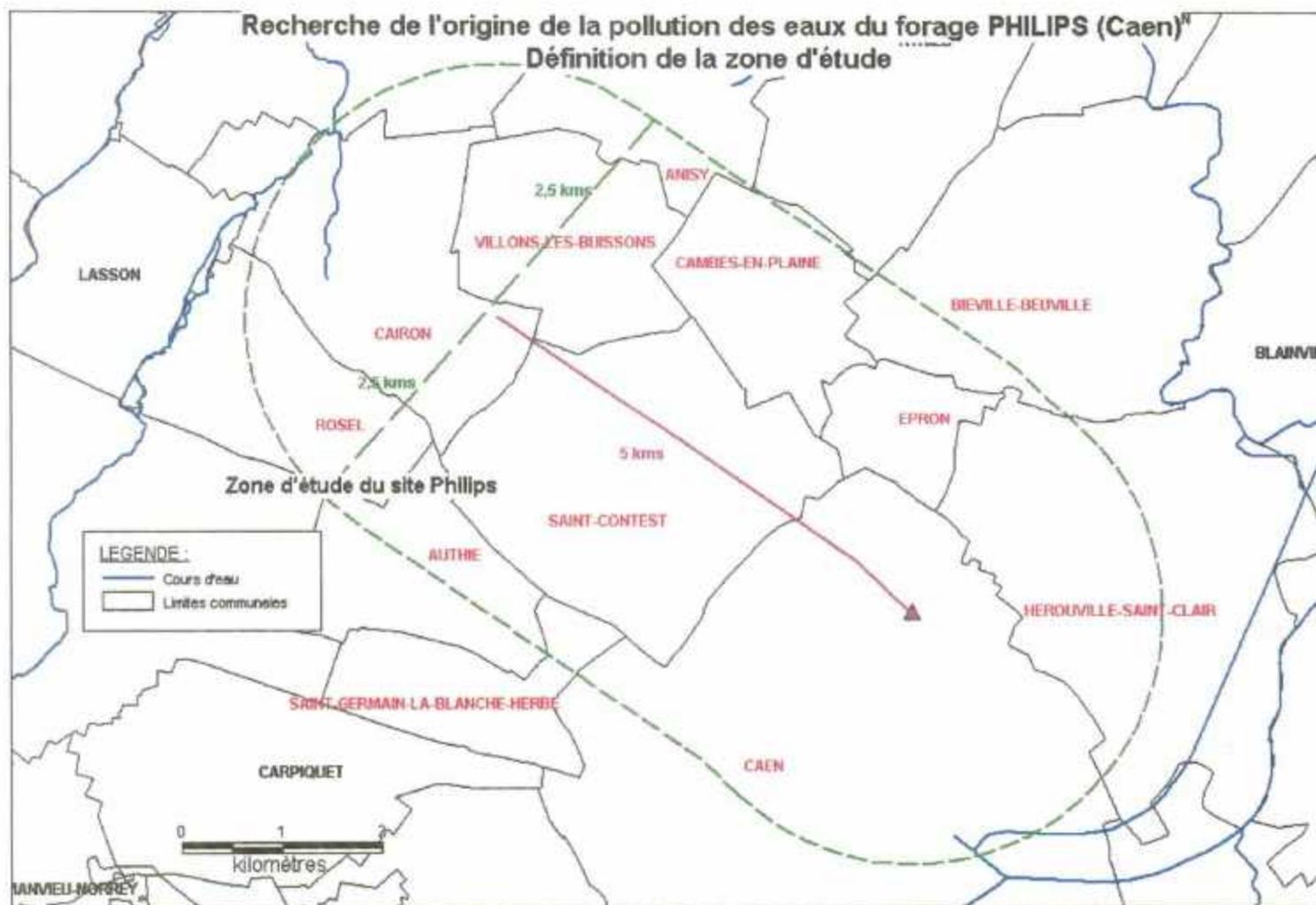


Fig. 7 : Exemple de définition de la zone d'étude

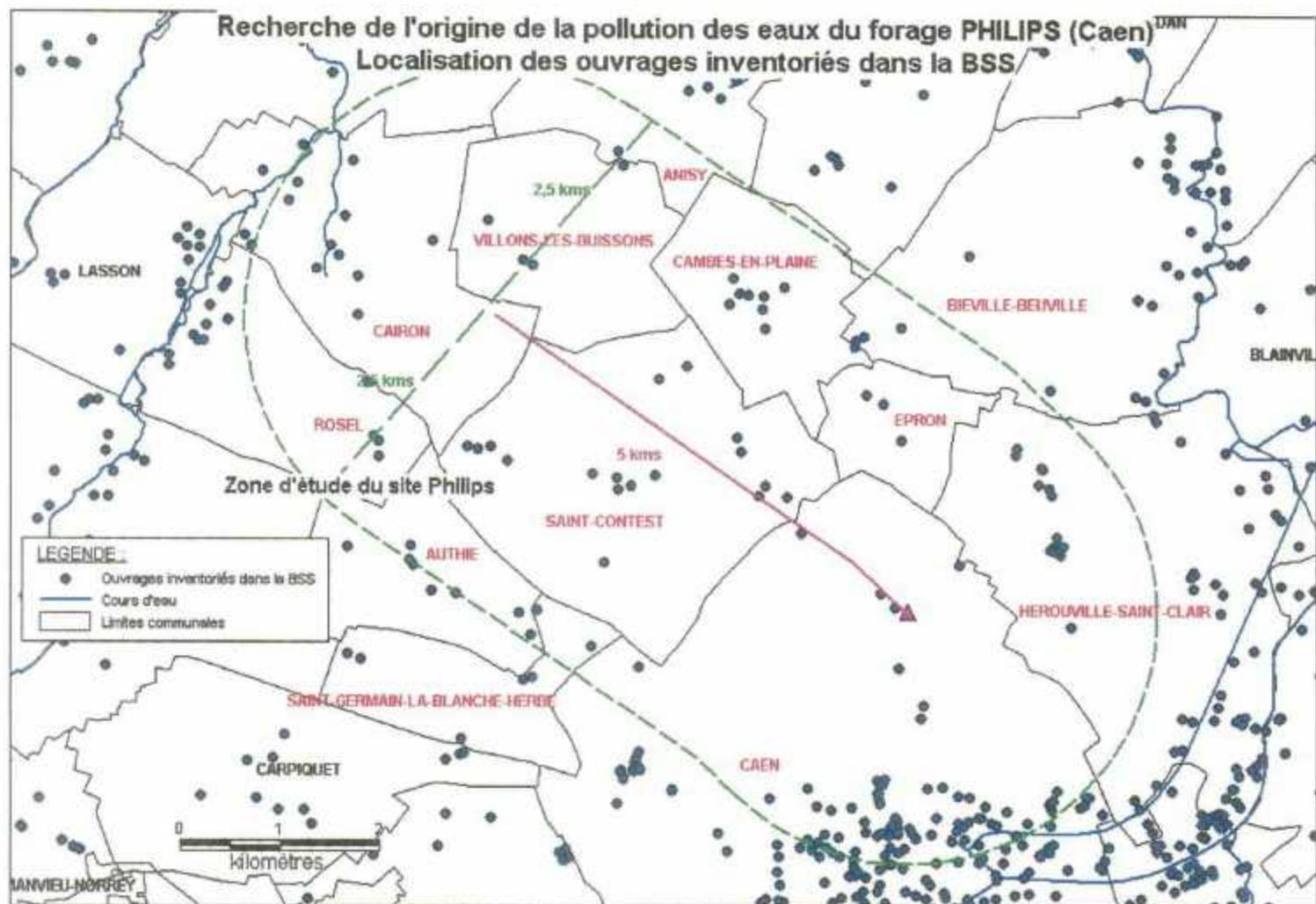


Fig. 8 : Localisation des ouvrages inventoriés dans la BSS

6.3. RECHERCHE DES ACCES A LA NAPPE ET DES SITES SUSCEPTIBLES DE LA POLLUER

Dans la mesure où les investigations à proximité de la zone polluée ne donnent pas de résultats, il sera nécessaire d'élargir la zone d'enquête.

6.3.1. Inventaire des points d'accès aux aquifères concernés

Tous les puits et forages existants doivent être répertoriés en notant précisément leurs usages, les équipements existants et leur coupe technique, afin de repérer :

- les voies potentielles de transfert d'une éventuelle pollution de surface vers la nappe via d'anciens ouvrages défectueux (cas de ruissellements pollués s'infiltrant par un forage non colmaté de façon efficace) ;
- les ouvrages qui pourraient permettre d'établir la carte piézométrique au niveau de la zone concernée, et ceux qui pourraient contribuer à la connaissance de la qualité de la nappe ;
- les voies d'accès et de prélèvement de l'eau de la nappe, si les ouvrages retenus sont reconnus aptes à ce type de mission (*cf. document AFNOR FD-X-31-614 d'octobre 1999 relatif à la réalisation des forages de contrôle de la qualité de l'eau souterraine*).

Sur la zone d'étude, cette recherche a été réalisée en exploitant les informations de la Banque de données du Sous - Sol du BRGM. Les résultats sont reportés sur la figure 8.

6.3.2. Recherche des sites susceptibles d'être à l'origine de la pollution

Afin de repérer tous les sites, actuels ou anciens, qui auraient pu utiliser, générer ou stocker (même temporairement) les substances polluantes recherchées, y compris mines, terrils et bassins de décantation, une recherche doit être réalisée à partir des fichiers et des inventaires existants tels ceux présentés ci-dessous (liste non exhaustive) :

- **Agences de l'Eau**, pour les établissements soumis à redevance du fait de prélèvements d'eau ou de rejets d'effluents,
- **BASIAS**, pour les anciens sites industriels et activités de service ;
- **BASOL**, pour les sites pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action de l'administration, à titre préventif ou curatif ;
- **DRAC**, pour l'inventaire du patrimoine industriel recensant les sites remarquables par leurs vestiges de bâtiments ou de machine outil,
- **DRIRE**, pour les dossiers des ICPE,
- **GDF**, pour les usines à gaz nationalisées en 1946.

En ce qui concerne la pollution du forage Philips, voici les inventaires existants qui pourraient être consultés :

Inventaire des sites pollués (Base de données des sols et des sites pollués appelant une action des pouvoirs publics)

Les douze communes comprises dans la zone d'étude doivent faire l'objet d'une recherche dans la base de données BASOL (Base de données des sols et des sites pollués appelant une action des pouvoirs publics) du Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (MATE). Ces informations sont consultables sur Internet à l'adresse suivante : <http://basol.environnement.gouv.fr/>

Une seule fiche a été identifiée sur la commune d'Hérouville Saint Clair, qui comportaient plusieurs implantations dont un site était sur le plateau (annexe 3)

Inventaire des anciens sites industriels (BASIAS)

L'inventaire historique régional des anciens sites industriels et activités de service sur le département de Basse Normandie sera prochainement finalisé (date prévue : fin 2002). Il permettra de consulter les résultats sur les douze communes sélectionnées. Rappelons que ceux-ci sont inventoriés dans la banque de données nationale BASIAS (Base de données des anciens sites industriels et activités de service).

Une attention particulière doit aussi être portée aux éléments de cadrage des recensements consultés, dont notamment la période couverte par l'inventaire, les types d'activités retenues ou écartées, les dates de début et de fin de chacune de ces activités, la taille minimale éventuellement exigée pour retenir le site dans l'inventaire, les volumes des DLI et leur nature, les sites en activité ou à activité terminée, ...

Pour la région de Basse Normandie, les activités des groupes 1 et 2 définis par les SEI (Service de l'Environnement Industriel) sont répertoriées, cependant, celles du troisième groupe, d'activités moins polluantes que les précédentes, peuvent être présentes dans la base de données si elles ont été momentanément le lieu d'une activité du premier ou deuxième groupe :

1^{er} groupe d'activité :

- Anciennes décharges, récupération, élimination de déchets industriels ;
- Production et/ou stockages des industries suivantes : chimie, pétrochimie, carbochimie, pharmacie, phytosanitaires et pesticides, extraction et raffinage du pétrole, gazéification, cokéfaction et transformation de la houille ;
- Dépôts d'hydrocarbures (> 10 m³) et stations services ;
- Sidérurgie primaire ;
- Traitement de surface ;
- Activités de la cristallerie et de la céramique ;
- Activités d'ennoblissement textile, de tannerie ;
- Activités de traitement de bois

2^{ème} groupe d'activité :

- Centrales thermiques ;
- Sidérurgie secondaire, transformation de l'acier ;
- Industries mécaniques et ateliers d'entretien et de maintenance

3^{ème} groupe d'activité (généralement non retenu) :

- Autres activités, par exemple : activités agricoles (exploitations agricoles), fonderie de suif (fabrique de bougies (type forêt), appareil mobile de fabrication d'acétylène, entrepôt frigorifique non classé ou soumis à simple déclaration, travail du bois (menuiserie, ébénisterie, scierie), centrale à béton, sauf fabrication de produits préfabriqués, dépôt de charbon, ...

La période couverte pour les recherches est : vers 1850 à 1990.

Une consultation de BASIAS devra être réalisée pour chacune des douze communes. La figure 9 présente les sites actuellement inventoriés dans BASIAS qui sont localisés sur la zone d'étude proposée. Comme on peut le voir, la plupart des sites sont situés sur le territoire de la commune de Caen. Il s'agira d'étudier chacun des sites en soulignant ceux où un procédé industriel a pu utiliser, générer ou stocker des composés organo-halogénés volatils. Exemple d'informations à noter : la raison sociale, le nom usuel, le code et le libellé de l'activité et du produit, la date de début et de fin d'activité, ...

La base en cours de finition comporte sur les douze communes un peu moins de 500 sites dont près de 400 sites qui, de par leur activité, pourraient avoir fait un usage de trichloroéthylène ou de tétrachloroéthylène.

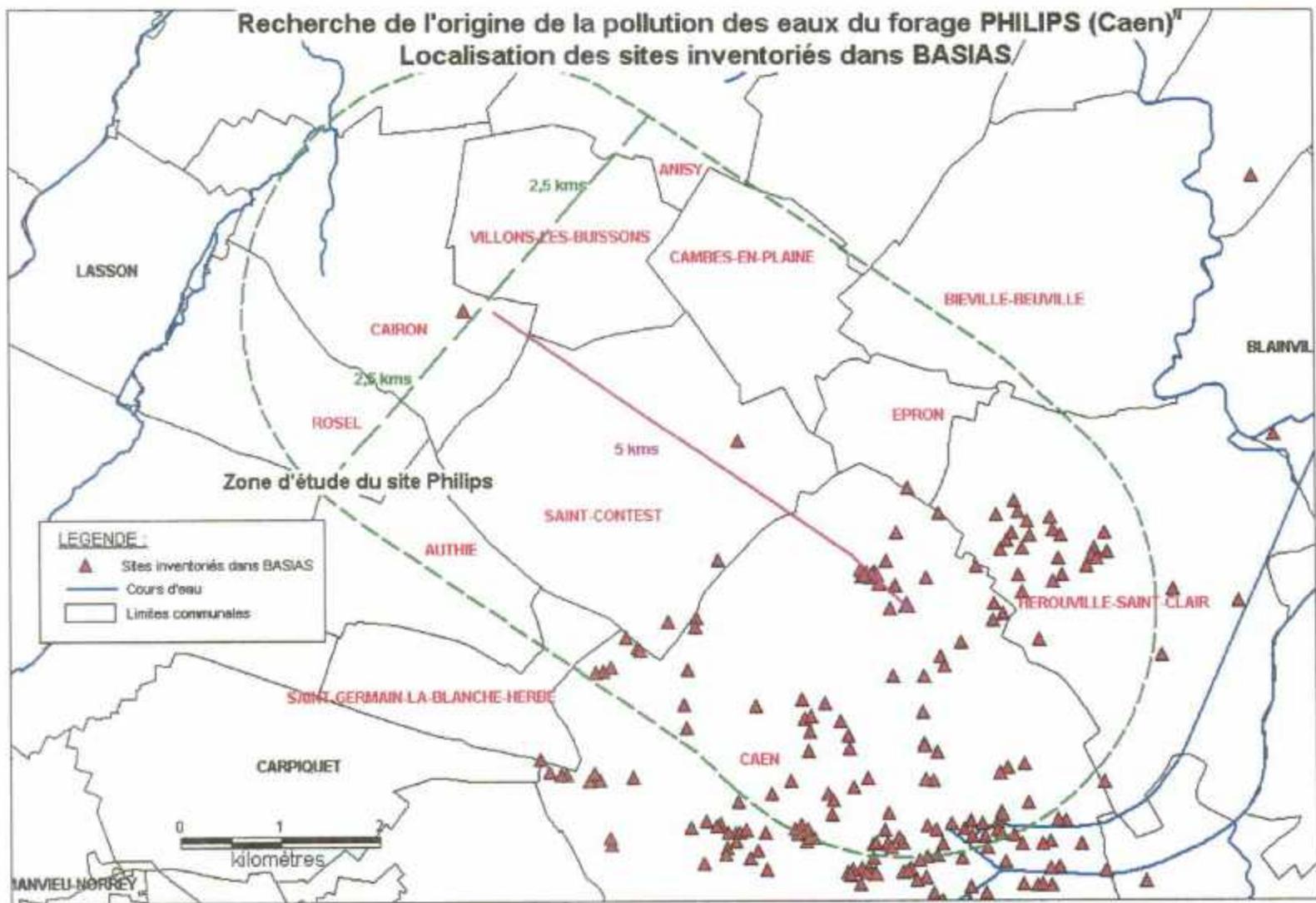


Fig. 9 : Localisation des sites inventoriés dans BASIAS (en cours d'élaboration)

Recherche des décharges et carrières

La localisation des décharges, des anciennes carrières ou sablières, ainsi que des creux topographiques qui auraient pu accueillir des effluents, de façon officielle ou à l'insu des propriétaires, peut se faire par repérage sur cartes géologiques ou les cartes IGN au 1/25 000.

Dans le cadre des programmes départementaux de résorption des décharges brutes, il est également possible de recueillir des inventaires des décharges (inventaires réalisés par l'ADEME et/ou le Conseil Général). De même, une consultation de photos aériennes avec un stéréoscope sur la zone d'étude (si elles existent) pourrait être une autre méthode de recherche des éventuelles carrières à ciel ouvert et mines sur la zone d'étude, étant donné que les activités du 3^{ème} groupe n'ont pas été retenues au cours de l'inventaire historique régional (IHR) du département de Basse Normandie.

De manière générale, il est recommandé de faire une vérification directe par constat visuel sur le terrain.

Recherche des zones ou parcelles concernées par une plainte

Dans le cadre de la recherche de l'origine d'une pollution, il est important de localiser sur une carte les parcelles concernées par une plainte ou un éventuel procès verbal, parcelles qui auraient fait l'objet d'un déversement non autorisé de déchets, voire les terrains connus de l'administration pour servir de dépotage d'effluents ou de substances diverses avec ou sans autorisation.

Pour cela, une consultation des dossiers de la DRIRE, des matrices cadastrales et des archives communales en mairie, des actes notariés et des données détenues par l'hôtel des impôts fonciers, doit être réalisée. Cette recherche suppose en préalable, qu'elle ait été arrêtée lors de la concertation avec l'administration en charge de la police des eaux et qu'une autorisation préfectorale permette aux agents responsables de l'enquête d'accéder aux archives.

6.4. CORRELATION ENTRE LES POLLUANTS TROUVES ET LES SOURCES DE POLLUTION IDENTIFIEES

Connaissant la nature des substances polluantes retrouvées, il est possible de donner des appréciations de « probabilité » pour un site d'être à l'origine de la pollution du forage Philips, à partir des informations récoltées sur l'identification des sources potentielles de la pollution (notamment les données de BASIAS), et des corrélations possibles affichées dans la matrice simplifiée « activités/polluants » du guide « *Gestion des sites potentiellement pollués* », version 2 de mars 2000 (Cf. annexe 4) ».

Toutefois, compte tenu que les documents utilisés ne sont pas forcément exhaustifs, les appréciations de « probabilités » doivent être considérées comme provisoires à ce stade. De même, les OHV étant des produits soumis à autorisation seulement pour un volume

supérieur à 1500 litres, on ne doit pas écarter le fait que ces substances sont fréquemment utilisées par les industriels (par exemple pour le dégraissage des machines).

Une étude historique de type diagnostic initial serait donc indispensable pour préciser ces points pour les sites qui auraient été appréciés « probable » d'être à l'origine de la pollution du forage Philips.

6.5. ETUDE PAR TRAÇAGE

L'objectif est dans ce cas de démontrer que la voie de transfert existe bien entre la source polluante et la cible. Lorsqu'un doute subsiste sur l'origine de la pollution, et seulement en deuxième phase de réflexion, une étude par traçage peut alors être envisagée à partir d'un ou plusieurs points(s) d'injection sur le(s) site(s) potentiellement identifié(s) et avec un ou plusieurs traceurs différents, chacun d'eux étant ensuite recherché dans le forage cible pollué.

7. Conclusion

Les forages industriels F1 et F2 sur le site industriel de Philips Semiconducteurs à Caen sont touchés depuis 1996 par une pollution persistante de trichloroéthylène et tétrachloroéthylène.

Après un suivi de la qualité chimique des eaux de forages entre 1996 et 2001, un premier rapport de recherche de l'origine de la pollution constatée a été réalisé pour le compte de l'exploitant par le B.E.T GESTER (n°01/0707 du 05 mai 2001). Ce rapport a permis d'éclaircir la connaissance du secteur, notamment sur la géologie régionale, le contexte hydrogéologique à l'aplomb des forages (nature des aquifères, sens d'écoulements, vulnérabilités) et sur l'historique industriel du site Philips.

Des incertitudes demeurent et les investigations menées n'ont pas permis de tirer de conclusions quant à l'origine de la pollution.

La mesure la plus urgente à mettre en œuvre est de condamner le forage F1 sur le site de Philips Semiconducteurs, qui actuellement transfère les substances polluantes à la fois dans l'aquifère du Bathonien et dans l'aquifère du Bajocien. Pour cela, une mise en veille du puits devra rapidement être réalisée dans les règles de l'art. Les quelques autres ouvrages connus dans le voisinage (forage AEI n°01198D0154 et puits privé n°01205X0465 à Caen, forage AEP n°01198X0068 à Saint Contest) mettant en communication les deux aquifères devront également être neutralisés partiellement ou en totalité s'ils s'avèrent atteints par la pollution.

Les étapes nécessaires à la recherche de l'origine de la pollution des eaux souterraines ont été systématiquement considérées dans le rapport GESTER mais n'ont pu être toutes entreprises de manière exhaustive, notamment hors du site.

Une définition de périmètre d'étude élargi ayant été présentement proposé, il conviendra d'approfondir les recherches déjà menées hors du site. Dans un premier temps, la campagne de terrain pourra essentiellement s'appuyer sur des analyses de la qualité chimique des eaux souterraines effectuées sur les forages et les puits proches et accessibles (mesures au minimum des teneurs en trichloroéthylène et tétrachloroéthylène)

La recherche d'autres substances chimiques utilisées fréquemment en association avec les contaminants et/ou observé dans le panache de pollution, serait à poursuivre afin de caractériser davantage le flux polluant source.

Compte tenu de l'usage industriel courant des substances polluantes décelées et des nombreuses activités industrielles passées ou en cours, plusieurs sources de pollution différentes pourraient exister et être ainsi mis en évidence.

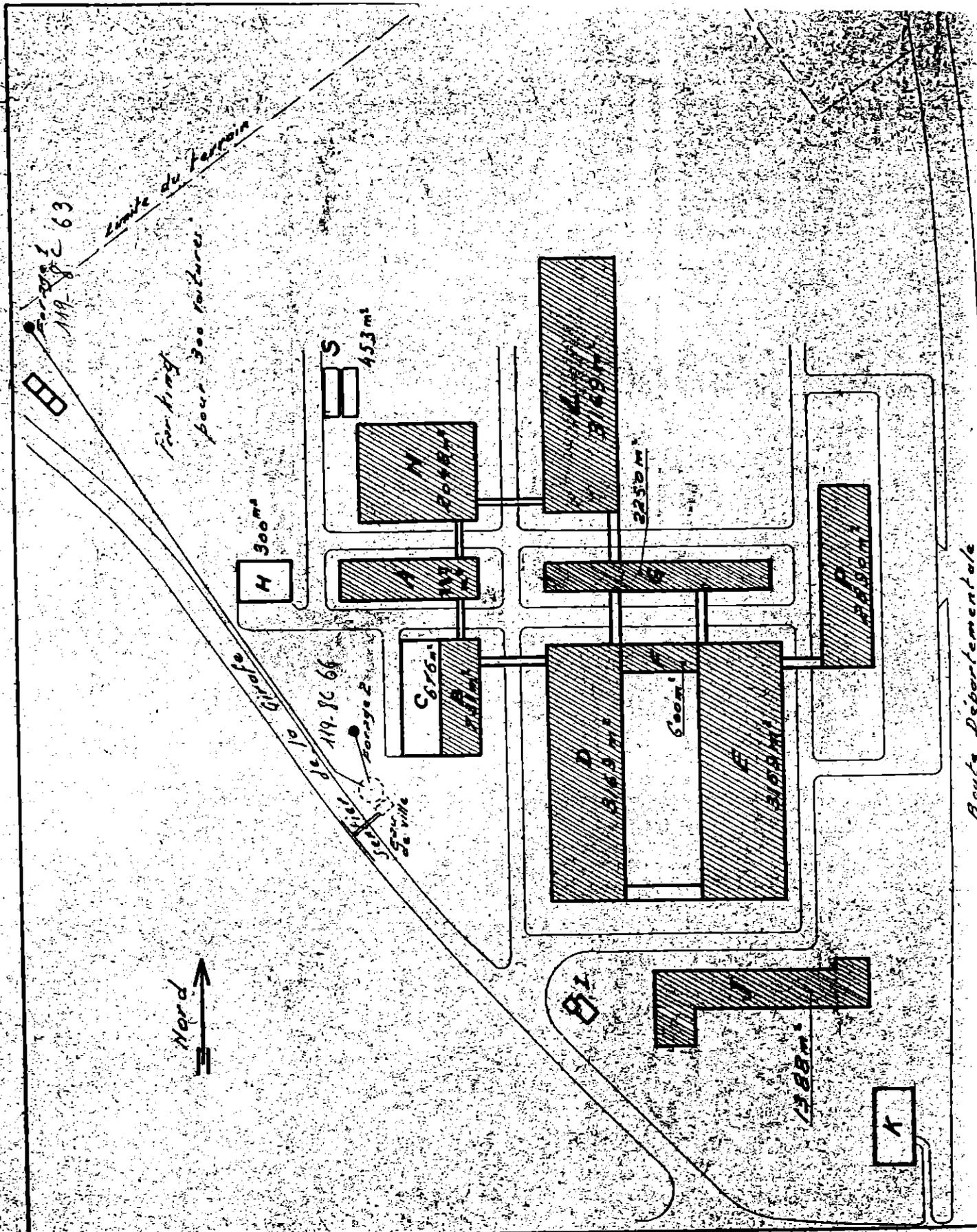
Des analyses de sols (recherche en zone non saturée) pourraient si nécessaires compléter dans un second temps les mesures sur les eaux. La réalisation de forages piézométriques, captant une seule unité aquifère, assurant la surveillance d'un panache

de pollution, ou sur le site Philips le contrôle de la qualité des eaux souterraines, pourra ensuite être étudiée.

Une mesure de contrôle de la qualité des eaux vis-à-vis des substances polluantes identifiées serait à effectuer, si non réalisée depuis la découverte de la pollution en 1996, sur les 8 ouvrages AEP situés à proximité, implantés en rive gauche de l'Orne sur la commune de Caen et sur les communes limitrophes au nord de la ville.

ANNEXE 1

**Coupes géologiques des forages Philips
F1 et F2 (01198X0063 et 01198X0066)**



Situation des bâtiments

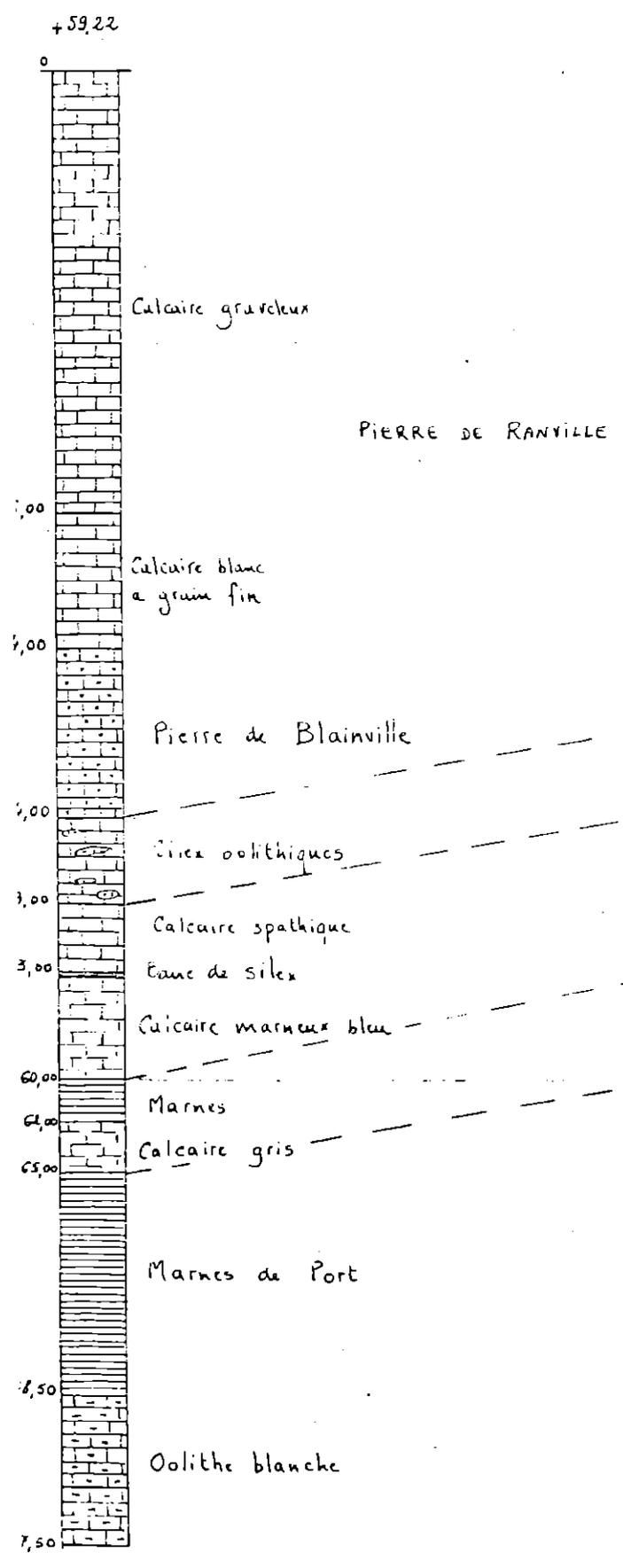
Echelle 1/2000

LA RADIOTECHNIQUE - USINE DE CAEN

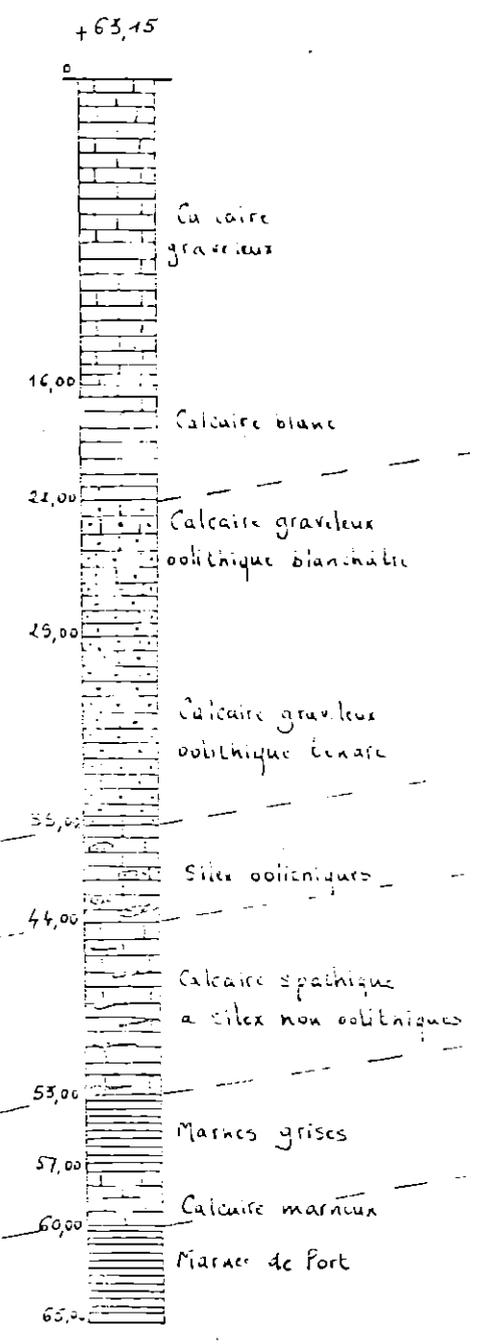
Caen

"La Radiotechnique" n°2

"La Radiotechnique" n°1



PIERRE DE RANVILLE



Forage Perrier 1964

ANNEXE 2

**PHILIPS Semiconducteurs
Usine de CAEN**

Investigations hydrogéologiques

Rapport Gester n°01/0707 du 5 Mai 2001



GESTER

Nature document :

Rapport

N° Affaire : 21.00.0129

N° Gester : 01/0707

Destinataire : PHILIPS Semiconducteurs
M. VERTONGEN

2, rue de la Girafe - BP 5120
14079 CAEN Cedex 5

Philips Semiconducteurs
Caen

14 MAI 2001

SÉCURITÉ

PHILIPS Semiconducteurs

Usine de Caen (14000)

INVESTIGATIONS HYDROGEOLOGIQUES

Rapport d'étude

D			
C			
B			
A			
O	Sébastien FOUBERT	Bruno FRICAUDET	Bruno FRICAUDET
Rev	Rédigé (nom, date, visa)	Vérfié (nom, date, visa)	Approuvé (nom, date, visa)

18 pages	Réf. client :	Date émission : 05 Mai 2001
----------	---------------	--------------------------------



SOMMAIRE

	<i>Page</i>
1. INTRODUCTION	3
2. CONTEXTE DE L'ETUDE	3
2.1 Historique succinct du problème de qualité de l'eau	3
2.2 Recherche d'une origine de la pollution au niveau de l'usine	4
2.3 Contexte administratif	5
3. DESCRIPTION DES INVESTIGATIONS	5
3.1 Méthodologie	5
3.2 Approfondissement des connaissances géologiques et hydrogéologiques	5
3.2.1 Points d'accès aux nappes phréatiques	6
3.2.2 Piézométrie de la nappe du Bathonien	7
3.2.3 Piézométrie de la nappe du Bajocien	10
3.2.4 Interface entre Bathonien et Bajocien	10
3.3 Connaissance de la répartition de la pollution en fonction de la profondeur dans les puits F1 et F2	11
3.4 Recherche panoramique d'autres polluants que les organohalogénés	15
3.5 Connaissance de la qualité des eaux en amont du site PHILIPS	16
4. CONCLUSIONS	17

Liste des annexes :

Annexe 1	Localisation des points d'accès à la nappe à proximité du site PHILIPS
Annexe 2	Extrait de la carte hydrogéologique régionale
Annexe 3	Carte piézométrique de la nappe du Bathonien
Annexe 4	Carte des isohypses du toit des marnes de Port-en-Bessin
Annexe 5	Résultats des analyses



1. INTRODUCTION

PHILIPS Semiconducteurs, division de PHILIPS France, a confié à GESTER la réalisation d'une étude dont l'objectif est de comprendre les origines de l'apparition de composés organochlorés dans l'eau de la nappe s'écoulant sous son usine de Caen.

La localisation de cette usine, sise 2 rue de la Girafe à Caen, est reportée sur un plan en **annexe 1**.

L'objet du présent rapport est de présenter les résultats des investigations qui ont été mises en oeuvre sur ce site.

2. CONTEXTE DE L'ETUDE

Les informations suivantes ont été recueillies par Bruno FRICAUDET lors de la visite du site du 21 Décembre 1999.

2.1 *Historique succinct du problème de qualité de l'eau*

L'usine PHILIPS Semiconducteurs sise 2 rue de la Girafe à Caen dispose de 2 forages pour alimentation en eau industrielle :

- F1 foré en 1961 est tubé en diamètre 550 mm et crépiné de - 56 à - 81,5 m.
- F2 foré en 1964 est tubé en diamètre 400 mm et crépiné de - 49 à - 65 m.

Ces 2 ouvrages interceptent la nappe supérieure des calcaires et marnes du Bathonien. Le sens d'écoulement régional de cette nappe supérieure est orienté du nord-ouest vers le sud-est ainsi que figuré sur la carte hydrogéologique du Calvados.

Une nappe inférieure existe dans la région de Caen dans les calcaires du Bajocien, captive sous les bancs bleus à une profondeur de plus de 80 mètres.

Le forage F2 a été mis hors service il y a une dizaine d'années suite à son encrassement.



Le forage F1 assurait l'alimentation en eau industrielle à un débit atteignant 100 m³/h avec un complément d'eau de ville jusqu'à la détection d'un problème de contamination par des composés organochlorés en juillet 1996.

La chaîne d'épuration de l'eau brute n'étant plus à même de garantir la qualité ultra pure de l'eau requise par le procédé, le forage a été arrêté courant 1997 et l'alimentation se fait exclusivement par eau de ville actuellement.

La DRIRE a demandé à Philips d'effectuer des prélèvements et analyses réguliers d'eau des 2 forages afin d'en suivre l'évolution de la qualité dans le temps. Ces prélèvements impliquent de remettre en service périodiquement les pompes équipant ces forages. On observe des fluctuations significatives des teneurs mesurées en trichloréthylène et tétrachloréthylène, principaux composés organohalogénés dosés.

2.2 Recherche d'une origine de la pollution au niveau de l'usine

Le trichloréthylène a été utilisé comme solvant de nettoyage par l'usine entre 1975 et 1985. Depuis, il n'en a été utilisé que de faibles quantités, conditionnées en bouteilles jusqu'en 1995. Aucun usage de tétrachloréthylène n'a été recensé.

Une zone de collecte de solvants et d'huiles et de redistillation de solvant a été construite en 1977 à l'emplacement actuel des bâtiments T et T'. Cette zone a été démantelée en 1984, et, suite à un bilan de pollution des sols, une tranche superficielle de sols pollués d'environ 50 cm d'épaisseur a été excavée. La zone a ensuite été recouverte d'une dalle de béton.

Afin d'apprécier le stock de composé chloré retiré de la nappe lors du pompage, un calcul théorique basé sur le débit d'eau pompé dans le forage F1 en 1996 multiplié par la teneur moyenne en trichloréthylène conduirait à une fourchette de 50 à 500 litres par an ce qui est considérable. Un calcul semblable conduirait à des quantités du même ordre de tétrachloréthylène, alors que ce produit n'a pas été manipulé sur le site et qu'il ne constitue pas un métabolite habituel de dégradation du trichloréthylène.

Au vu de ces données, il apparaît donc logique de rechercher une origine extérieure au site de cette contamination de la nappe par des composés organochlorés.



2.3 Contexte administratif

La DRIRE du Calvados n'a pas d'exigence spécifique pour l'usine Philips vis-à-vis de ce problème, mis à part la réalisation des contrôles périodiques précités. Elle n'a pas communiqué de piste particulière pour expliquer la présence de ces composés dans la nappe.

La préoccupation de PHILIPS Semiconducteurs se situe donc principalement dans la logique de ses préoccupations environnementales volontaristes (certification ISO 14000).

Il convient d'agir avec prudence vis à vis de la DDASS et de la Compagnie Générale des Eaux qui assure la distribution de l'eau dans la zone dans la mesure où ces entités ne sont pas forcément informées de la présence de composés organochlorés dans la nappe au droit du site Philips.

3. DESCRIPTION DES INVESTIGATIONS

3.1 Méthodologie

Compte-tenu des éléments précédemment décrits (voir paragraphe §2), GESTER a proposé de focaliser l'étude sur les objectifs suivants :

- Approfondissement des connaissances géologiques et hydrogéologiques locales
- Connaissance de la répartition de la pollution en fonction de la profondeur dans F1
- Recherche panoramique d'autres polluants que les organohalogénés.
- Connaissance de la qualité des eaux en amont du site Philips

Les moyens mis en œuvre pour remplir ces objectifs, ainsi que les résultats obtenus, sont décrits dans les paragraphes suivants

3.2 Approfondissement des connaissances géologiques et hydrogéologiques

Afin de compléter et de préciser les données géologiques et hydrogéologiques concernant le site et ses environs, nous avons contacté les services administratifs suivants :

- ✓ DDASS pour la localisation des captages d'eau potable (AEP)
- ✓ DRIRE pour la localisation des puits à usage industriel (AEI)



- ✓ DDAF pour la localisation des puits agricoles et des puits particuliers
- ✓ Services Techniques de la ville de Caen pour la localisation des piézomètres de la ville
- ✓ DIREN pour la localisation des piézomètres du réseau patrimonial
- ✓ Agence de l'eau Seine Normandie (AESN) pour la localisation des piézomètres du réseau complémentaire géré par le Conseil Général du Calvados, et l'obtention d'éventuels résultats d'analyses d'échantillons d'eau prélevés dans ces ouvrages
- ✓ BRGM pour l'obtention des coupes techniques de tous les forages précédemment recensés, ainsi que des données collectées lors de la réalisation de sondages de sols dans la zone de l'étude (niveau d'eau en forage, coupe géologique des terrains,...)

3.2.1 Points d'accès aux nappes phréatiques

Les renseignements et documents collectés auprès des services listés ci-dessus nous ont permis de recenser tous les points d'accès à la nappe autour du site PHILIPS, que nous avons fait figurer sur un extrait de carte en **annexe 1**, en précisant l'usage actuel ou passé des ouvrages (AEP, AEI, puits agricole, piézomètres).

A l'aide des fiches techniques de ces ouvrages, obtenues auprès du BRGM, nous avons pu dans la majorité des cas identifier la nappe phréatique captée par ces ouvrages (Bathonien et/ou Bajocien). Rappelons que ces 2 formations aquifères sont séparées par l'horizon des marnes de Port, réputé imperméable. L'identification de la nappe exploitée par chacun des ouvrages était donc essentielle dans le cadre de cette étude, puisqu'une pollution générée par des activités en surface peut avoir un impact sur la qualité de la nappe du Bathonien, tandis que la nappe du Bajocien est censée être protégée par la formation imperméable la recouvrant.

combien ?
à moins possibilité de forage

Nous avons donc indiqué sur l'extrait de carte en **annexe 1**, lorsque cela était possible, la nature de l'aquifère capté par chacun des ouvrages. Nous avons choisi, dans le cadre de ce rapport, de ne présenter que les ouvrages susceptibles d'être utiles pour remplir les objectifs de l'étude ; en particulier, nous avons volontairement occulté tous les points situés en rive droite de l'Orne, qui constitue une barrière hydraulique censée interdire les migrations de pollutions.

limite de zone d'étude

Pour résumer, quatre configurations ont été rencontrées au niveau des ouvrages recensés :

- 1- l'ouvrage n'intercepte que la nappe superficielle du Bathonien ; c'est le cas pour la majorité des ouvrages situés au Nord de Caen (dont le forage F2 sur le site étudié)



- 2- l'ouvrage n'intercepte que la nappe du Bajocien ; c'est le cas de nombreux ouvrages situés au sud de l'agglomération, où la formation aquifère du Bajocien est affleurante (cf : extrait de la carte hydrogéologique régionale en **annexe 2**). En revanche, au nord de Caen où la nappe du bajocien est captive sous les marnes de Port, aucun ouvrage ne l'exploite spécifiquement.
- 3- l'ouvrage intercepte les 2 nappes ; c'est le cas du captage AEP de Saint Contest, du captage AEI référencé 8-154 et du puits F1 sur le site PHILIPS
- 4- aucune donnée précise n'a été recensée concernant l'ouvrage ; il s'agit essentiellement des piézomètres de la ville de Caen dont l'objectif n'est pas la production d'eau, mais le suivi des fluctuations du premier niveau statique rencontré.

3.2.2 Piézométrie de la nappe du Bathonien

A partir de la carte hydrogéologique régionale, nous avons reporté sur l'extrait de carte en **annexe 3** les courbes isopièzes de la nappe du Bathonien dans le secteur situé au nord-ouest de Caen, où est implanté le site PHILIPS.

Deux sens d'écoulement apparaissent clairement sur ce document :

- ✓ au nord d'une ligne s'étendant de Anisy à Saint-Aubin-d'Arquenay, la nappe du Bathonien s'écoule du sud-ouest vers le nord-est en direction de la mer
- ✓ au sud de cette ligne, la nappe est drainée par la vallée de l'Orne, et les écoulements s'établissent en direction du quart est/sud-est.

En particulier, au droit du site PHILIPS, la nappe du Bathonien s'écoule du nord-ouest vers le sud-est ; ceci signifie donc que Saint-Contest est en amont hydraulique du site étudié au regard de l'écoulement de cette nappe, et que l'agglomération de Caen se situe en aval hydraulique du site. Cela signifie également que les origines d'une éventuelle pollution extérieure au site de la nappe du Bathonien devront être recherchés au nord-ouest du site.

Pour confirmer ces données à l'échelle locale, et en utilisant le recensement des points d'accès à la nappe réalisé précédemment, nous avons sélectionné 5 ouvrages en amont et en aval hydraulique du site pour y réaliser des mesures piézométriques : *Amont ?*

- ✓ En amont hydraulique : piézomètre patrimonial n°8-2 ; AEI n°8-306 (Jardiland)
- ✓ En aval hydraulique : piézomètres de la ville de Caen n°PZ4 et PZ5 ; ancien captage AEP n°F3 d'Hérouville Saint Clair .



Après avoir contacté les services compétents, nous avons donc programmé une campagne de mesures piézométriques le 6 décembre dernier, au cours de laquelle nous avons rencontré les difficultés suivantes :

- ✓ La pompe du captage AEI n°8-306 obstruait complètement l'ouverture du puits et interdisait le passage d'une sonde. Néanmoins l'exploitant nous a indiqué que cette pompe était sur le point d'être enlevée.
- ✓ Les services techniques de la mairie d'Hérouville Saint Clair nous ont refusé l'accès au puits F3, alors que nous avons obtenu leur accord par téléphone préalablement à notre visite.

Suite à ces incidents, et en accord avec PHILIPS, nous avons demandé plus formellement et obtenu du maire d'Hérouville l'autorisation d'accéder au puits F3, et nous avons reprogrammé une campagne de mesure en fonction de la date prévisionnelle d'enlèvement de la pompe du puits n°8-306.

Cette nouvelle série de mesures a eu lieu le 18 janvier dernier, mais contrairement à l'assurance que nous en avons reçu, le puits n°8-306 n'était toujours pas accessible.

Nous avons profité de ces 2 séries de mesures pour relever également les niveaux dans les 2 ouvrages du site PHILIPS (puits F1 et F2), et pour réaliser les prélèvements d'eau à analyser en laboratoire (voir chapitre §3.3).

Les mesures réalisées sont présentées dans les tableaux suivants :



Campagne de mesures du 6 Décembre 2000			
Identification de l'ouvrage	Cote du repere	Profondeur de la nappe (/ repere)	Cote de la nappe
8-2	+60.31 (Sommet Margelle)	22.20	+38.11
PZ4	+5.565 (Sol)	1.42	+4.15
PZ5	+7.736 (Sol)	2.75	+4.99
F1 (PHILIPS)	+58.32 (Sommet tube)	45.79	+12.53
F2 (PHILIPS)	+62.03 (Sommet tube)	50.20	+11.83

Campagne de mesures du 18 Janvier 2001			
Identification de l'ouvrage	Cote du repere	Profondeur de la nappe (/ repere)	Cote de la nappe
8-2	+60.31 (Sommet Margelle)	19.24	+41.07
F3	+25.24 (Sol)	21.97	+3.27
PZ4	+5.565 (Sol)	1.40	+4.17
PZ5	+7.736 (Sol)	2.70	+5.04
F1 (PHILIPS)	+58.32 (Sommet tube)	45.11	+13.21
F2 (PHILIPS)	+62.03 (Sommet tube)	49.41	+12.82

Tableau 2 : Relevés piézométriques du 18/01/01

Ces données sont en accord avec les informations précédemment recueillies, et confirment que la nappe du Bathonien dans le secteur étudié s'écoule du nord-ouest vers le sud-est.

Le piézomètre n°8-2 se situe donc en amont hydraulique du site PHILIPS, tandis que les ouvrages référencés PZ4, PZ5 et F3 sont en aval hydraulique.



3.2.3 Piézométrie de la nappe du Bajocien

La formation des calcaires du Bajocien affleure au sud-ouest de l'agglomération caennaise. A l'ouest et au nord de Caen, elle plonge sous la formation des calcaires du Bathonien, l'interface entre les deux formations étant constitué par l'horizon réputé imperméable des marnes de Port-en-Bessin, sous lequel la nappe du Bajocien est captive.

Contrairement à la nappe du Bathonien, nous ne disposons pas d'informations directes concernant la piézométrie de cette nappe. En particulier, nous n'avons pu recensé aucun ouvrage qui capte spécifiquement cette nappe à proximité du site étudié.

Cependant, nous disposons des informations suivantes :

- ✓ La carte hydrogéologique régionale montre que le pendage du mur de l'aquifère du bajocien (lignes en pointillés rouge sur l'extrait de carte en **annexe 2**) est orienté du sud-ouest vers le nord-est
- ✓ D'après la carte hydrogéologique régionale, il semble que l'affleurement des calcaires du Bajocien au sud-ouest de Caen constitue la zone de recharge de la nappe, l'exutoire étant constitué par la mer.

Ces éléments sont concordants et semblent indiquer que la nappe du Bajocien s'écoule du sud-ouest vers le nord-est au droit du site étudié, alors que la nappe du Bathonien s'écoule du nord-ouest vers le sud-est.

3.2.4 Interface entre Bathonien et Bajocien

L'interface entre les formations du Bathonien et du Bajocien est constitué par l'horizon réputé imperméable des Marnes de Port-en-Bessin. Compte-tenu de la nature des polluants identifiés dans la nappe au droit du site PHILIPS (solvants chlorés), nous avons recherché des informations complémentaires sur cette formation ; en effet, les solvants chlorés étant plus denses que l'eau lorsqu'ils sont en phase, ils peuvent migrer vers le bas jusqu'à rencontrer un horizon imperméable et s'écouler ensuite gravitairement au toit de cet horizon, indépendamment du sens d'écoulement de la nappe superficielle.



En l'occurrence, la carte hydrogéologique régionale nous indique que le toit de la formation des marnes de Port-en-Bessin a un pendage orienté vers le nord/nord-est dans le secteur étudié (lignes rouges sur l'extrait de carte en **annexe 2**). Nous avons reporté ces lignes (isohypses) sur un extrait de plan centré sur le site étudié (**annexe 4**), et nous y avons fait figurer les informations concernant la profondeur des marnes recueillies dans les dossiers techniques de forages du BRGM.

Les données sont toutes concordantes et confirment que le pendage de cette formation imperméable est globalement orienté vers le nord-nord-est. Concrètement, cela signifie qu'une éventuelle pollution de la nappe par des solvants chlorés en phase pourrait s'écouler au toit des marnes de Port-en-Bessin en direction du nord, alors que le panache de dissous se dirigerait vers le sud-est conformément au sens d'écoulement de la nappe du Bathonien.

L'éventuelle origine extérieure d'une telle pollution devrait alors être recherchée au sud ou au sud-ouest du site PHILIPS.

3.3 Connaissance de la répartition de la pollution en fonction de la profondeur dans les puits F1 et F2

Afin de préciser la répartition de la pollution en fonction de la profondeur dans les puits du site PHILIPS, nous avons échantillonné l'eau des nappes à différentes profondeurs au moyen d'un échantillonneur à clapets, dont l'ouverture est actionnée en surface par une pompe pneumatique. Ces prélèvements ont été réalisés le 6 décembre 2000 lors de la première campagne de mesures.

Rappelons que le puits F1 intercepte les deux nappes (Bathonien et Bajocien), alors que le puits F2 n'intercepte que la nappe du Bathonien.

Avant de procéder aux échantillonnages, nous avons préalablement recherché la présence éventuelle de polluants surnageants à la surface de l'eau ainsi que la présence de polluants plongeants au fond des ouvrages à l'aide d'une sonde électrique interface. Ces mesures n'ont révélé la présence de flottants et de plongeants dans aucun des 2 ouvrages.

Par ailleurs, lors de l'échantillonnage, aucun indice organoleptique de pollution (couleur, odeur, aspect gras, séparation de phases,...) n'a été relevé sur l'ensemble des échantillons prélevés.



l'ordre de 1 pour 73 ; il n'est donc pas impossible que ces 2 produits aient pour origine le même solvant industriel (portant l'appellation trichloréthylène par exemple), qui n'est jamais un produit pur.

- On remarque également que les concentrations relevées dans les 2 échantillons sont tout à fait comparables pour l'ensemble des composés analysés, et même que les concentrations de l'échantillon le plus profond sont légèrement supérieures. Il n'y a donc pas établissement d'un gradient de pollution décroissant avec la profondeur.

Au vu de ces résultats analytiques, et compte-tenu du fait que les circulations d'eau dans l'ouvrage ne sont a priori pas perturbées (la pompe est à l'arrêt), il semble peu probable que les concentrations mesurées dans la nappe du Bajocien soient induites par celles mesurées dans la nappe du Bathonien.

Deux hypothèses sont envisageables à ce stade de l'étude pour expliquer les impacts constatés sur la qualité de l'eau des 2 nappes :

- Par le passé, la nappe superficielle a connu une pollution par des solvants chlorés en phase qui ont plongé jusqu'au toit des marnes ; à la faveur du puits F1 qui met en communication le Bathonien et le Bajocien, ces polluants ont continué de descendre, au-delà même de la base du puits F1 puisqu'ils n'ont pas rencontré à cette profondeur d'horizon imperméable. Les concentrations relevées correspondraient alors au panache de dissous laissé par le « passage » de ces composés dans le puits. Cette hypothèse suppose que la pollution se soit produite relativement près du puits F1.
- Une pollution par des solvants chlorés a migré jusqu'au toit des marnes ; celles-ci sont réputées imperméables à l'eau, mais peuvent dans certaines conditions être traversées par des solvants (la présence de failles à proximité de la source de pollution peut également faciliter la migration verticale de ces composés). Ces solvants chlorés plus lourds que l'eau ont alors migré en profondeur jusqu'au mur de la nappe du Bajocien. Cependant, pour que les traces de cette pollution puissent être détectées au droit de F1 à la fois dans la nappe superficielle et dans la nappe profonde, alors que celles-ci s'écoulent dans des directions opposées au droit du site, il faut nécessairement que la source de cette pollution se situe relativement près de l'ouvrage, soit sur un site voisin, soit sur le site lui-même.



3.4 Recherche panoramique d'autres polluants que les organohalogénés

Les composés organochlorés volatils (OHV) étaient les seuls polluants ciblés par les analyses réalisées jusqu'à présent ; une analyse panoramique qualitative a donc été réalisée sur les 2 échantillons prélevés au droit du puits F1, afin de rechercher la présence d'autres composés chimiques particuliers, moins répandus que les organochlorés. Ceci pourrait notamment permettre d'identifier des composés spécifiques d'une activité ou d'un site et donc de localiser l'origine de cette contamination de la nappe.

Les résultats de ces analyses sont présentés en **annexe 5** et synthétisés dans le tableau suivant :

Composants identifiés	Formule brute	Puits F1	
		65m	83m
Phenol-(1,1 diméthylethyl)-2-methoxy	$C_{11}H_{16}O_2$	Traces	Traces
2,4-diterbutylphenol	$C_{14}H_{22}O$	Traces	Traces
Acide pentanoïque-2,2,4-triméthyl-3-	$C_{16}H_{30}O_4$	Traces	Traces
Pristane	$C_{19}H_{40}$	Traces	Traces
Phytane	$C_{20}H_{42}$	Traces	Traces
Diisopropylnaphtalène	$C_{18}H_{20}$	–	Traces
Diisobutylphtalate	$C_{16}H_{22}O_4$	Traces	Traces
Dibutylphtalate	$C_{16}H_{22}O_4$	–	Traces
p-crésol-2,2'-méthylène bis(6-tert butyl)	$C_{23}H_{32}O_2$	Traces	Traces
DOP (Diisooctyl phtalate)	$C_{24}H_{38}O_4$	Traces	Traces

Commentaires de ces résultats

Peu de composés ont finalement été identifiés dans les échantillons d'eau prélevés dans le puits F1, et ces composés ne sont présents qu'à l'état de traces.



D'après le laboratoire les chromatogrammes obtenus sont assimilables à une coupe de gasoil dégradé.

Remarquons enfin que 2 composés ont été détectés à l'état de traces dans l'échantillon prélevé au fond du puits (nappe du Bajocien), alors qu'ils ne sont pas présents dans l'échantillon prélevé à 65 m de profondeur (nappe du Bathonien). Ceci corrobore les observations du paragraphe précédent, et laisse penser que la pollution détectée dans la nappe profonde au droit du puits F1 ne peut pas être exclusivement engendrée par la contamination de la nappe du Bathonien.

3.5 Connaissance de la qualité des eaux en amont du site PHILIPS

Ainsi que nous l'avons exposé dans les paragraphes précédents, les nappes du Bathonien et du Bajocien ne s'écoulent pas dans la même direction ; ainsi l'amont hydraulique du site est différent pour chacune de ces nappes :

- Pour la nappe du Bathonien, l'amont hydraulique est situé au nord-ouest ; le piézomètre référencé n°8-2 pourrait donc être utilisé pour contrôler la qualité des eaux de cette nappe en amont du site. A ce jour, nous n'avons pas reçu l'autorisation des services administratifs pour prélever et analyser l'eau de cet ouvrage.
- Pour la nappe du Bajocien, l'amont hydraulique est situé au sud-ouest ; cependant, nous n'avons repéré aucun ouvrage captant spécifiquement la nappe du Bajocien dans la zone étudiée, qui pourrait permettre de contrôler la qualité des eaux de cette nappe en amont du site.



4. CONCLUSIONS

Les informations collectées dans le cadre de cette étude, ainsi que les résultats des analyses d'eau dans le puits F1, nous permettent de tirer les enseignements suivants :

- Les polluants identifiés dans l'eau prélevée au droit du site sont exclusivement des composés organochlorés volatils (OHV), parmi lesquels le trichloréthylène et le cis1,2-dichloroéthylène sont majoritaires. Les analyses ont également confirmé la présence de tétrachloréthylène présent en concentration 73 fois moins importante que le trichloréthylène ; il n'est pas exclus que ces 2 composés aient pour origine le même solvant industriel (type trichloréthylène) qui n'est jamais un produit parfaitement pur.

Quelques composés n'appartenant pas à la famille des organochlorés ont été détectés dans les 2 échantillons d'eau prélevés dans F1, mais ils ne sont présents qu'à l'état de traces.

- Au vu des niveaux de concentration des différents composants relevés dans les 2 nappes (voir paragraphes §3.3 et §3.4), et compte-tenu du fait que les écoulements dans le puits F1 se font a priori en régime stabilisé (la pompe n'est plus en fonctionnement), il semble peu probable que la présence de polluants dans la nappe du Bajocien au droit du site PHILIPS soit uniquement liée à la contamination de la nappe superficielle. Pour tenter d'expliquer cette contamination conjointe des deux nappes, les hypothèses suivantes sont envisageables :

➤ Hypothèse n°1 :

Une pollution par des solvants chlorés en phase a touché la nappe superficielle ; ceux-ci ont plongé jusqu'au toit des marnes de Port-en-Bessin réputées imperméables. A la faveur du puits F1 qui met en communication le Bathonien et le Bajocien, ces polluants ont ensuite continué de migrer en profondeur, au-delà même de la base du puits F1 puisqu'ils n'ont pas rencontré à cette profondeur d'horizon imperméable ; ceci explique l'absence de phase plongeante au fond de l'ouvrage. Les concentrations en composés organochlorés mesurées dans F1 à deux niveaux différents correspondraient dans ce cas au panache de dissous laissé par le « passage » de ces composés dans le puits. Cette hypothèse suppose que la pollution se soit produite relativement près du puits F1, et a priori au sud-ouest de ce point puisque le pendage du toit des marnes est orienté du sud-ouest vers le nord-est.



➤ Hypothèse n°2 :

Une pollution par des solvants chlorés a migré jusqu'au toit des marnes, puis a traversé cet horizon (les marnes sont réputées imperméables à l'eau, mais les solvants chlorés ont un pouvoir d'infiltration supérieur) ; la présence de d'accident géologiques (failles, zones de décompression) à proximité de la source de pollution a également pu faciliter la migration verticale de ces composés.

Ces solvants chlorés, plus lourds que l'eau, ont alors pu migrer en profondeur jusqu'au mur de la nappe du Bajocien.

Cependant, pour que les traces de cette pollution puissent être détectées au droit de F1 à la fois dans la nappe superficielle et dans la nappe profonde, alors que celles-ci s'écoulent dans des directions opposées au droit du site, il faut nécessairement que la source de cette pollution se situe relativement près de l'ouvrage, soit sur un site voisin, soit sur le site lui-même.

Les analyses effectuées n'ont pas permis de mettre en évidence des polluants spécifiques qui auraient pu permettre d'identifier l'activité, voire le site, à l'origine de cette contamination par des solvants chlorés.

Afin de poursuivre cette recherche de l'origine de la contamination, il pourrait être utile de prélever et d'analyser l'eau du piézomètre référencé 8-2, ce qui permettrait de contrôler la qualité de l'eau de la nappe du Bathonien (nappe superficielle) en amont hydraulique du site PHILIPS.

En revanche, au cours de cette étude, nous n'avons recensé dans la zone étudiée aucun ouvrage qui capte spécifiquement la nappe du Bajocien, et qui permettrait de contrôler la qualité de l'eau de cette nappe en amont hydraulique du site.



GESTER

PHILIPS Semiconducteurs

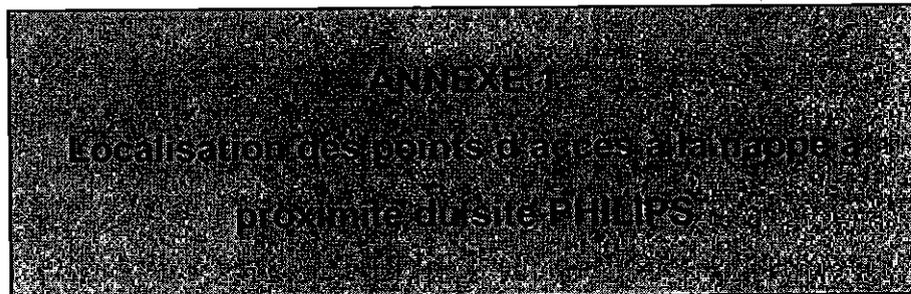
Usine de Caen (14000)

Investigations Hydrogéologiques – Rapport

N° Affaire : 21.00.0129

N° Gester : 01/0707

Annexes



Légende :



AEP (eau potable)



Piézomètre



AEI ou puits agricoles



Nappe du Bathonien captée



Nappes du Bathonien et du Bajocien captées



Pas d'information

F3 Hérouville
01205 x 0006

Localisation des points d'accès à la nappe à proximité du site PHILIPS		
Ingenieur : SFO	4 Mai 2001	Affaire : 21000129
 Technique B&A 34 rue Lavoisier 95 090 MANTOUILLY Tel 01 30 17 13 20 Fax 01 30 17 13 20 www.geter.com	Sans échelle	PHILIPS Site de Caen
	Dessinatrice : SFO	
	N° de dessin : 0129.01.05	



GESTER

PHILIPS Semiconducteurs

Usine de Caen (14000)

Investigations Hydrogéologiques – Rapport

N° Affaire : 21.00.0129

N° Gester : 01/0707

Annexes



LÉGENDE :

FORMATIONS AQUIFÈRES AFFLEURANTES

AQUIFÈRES PRINCIPAUX



1a
1b



1c
1cd



1d

- 1a aquifère discontinu de la craie du Cénomanién
- 1b aquifère discontinu des calcaires coralliifères et des sables de Glos de l'Oxfordien supérieur
- 1c aquifère discontinu des calcaires du Bathonien
- 1cd aquifère discontinu des calcaires du Dogger et du Lias supérieur indifférencié au sud-est de Caen
- 1d aquifère discontinu des calcaires du Bajocien et du Lias supérieur localement recouvert de cailloutis du Quaternaire

CONDITIONS HYDROGÉOLOGIQUES



Aire d'alimentation d'une nappe semi-captive au travers d'une couverture capacitive à réserve mobilisable



Aire de drainage d'une nappe semi-captive au travers d'une couverture capacitive à réserve mobilisable



Limite étanche



Limite semi-étanche (permettant de faibles échanges entre un aquifère principal et un aquifère secondaire)



Ligne équipotentielle de la nappe et altitude en mètres (nappe libre)



Ligne équipotentielle de la nappe et altitude en mètres (nappe captive)



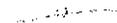
Ligne de partage des eaux de surface



Ligne de partage des eaux souterraines



Courbe de niveau du mur de la nappe des calcaires du Bathonien (Marnes de Port) et altitude en mètres



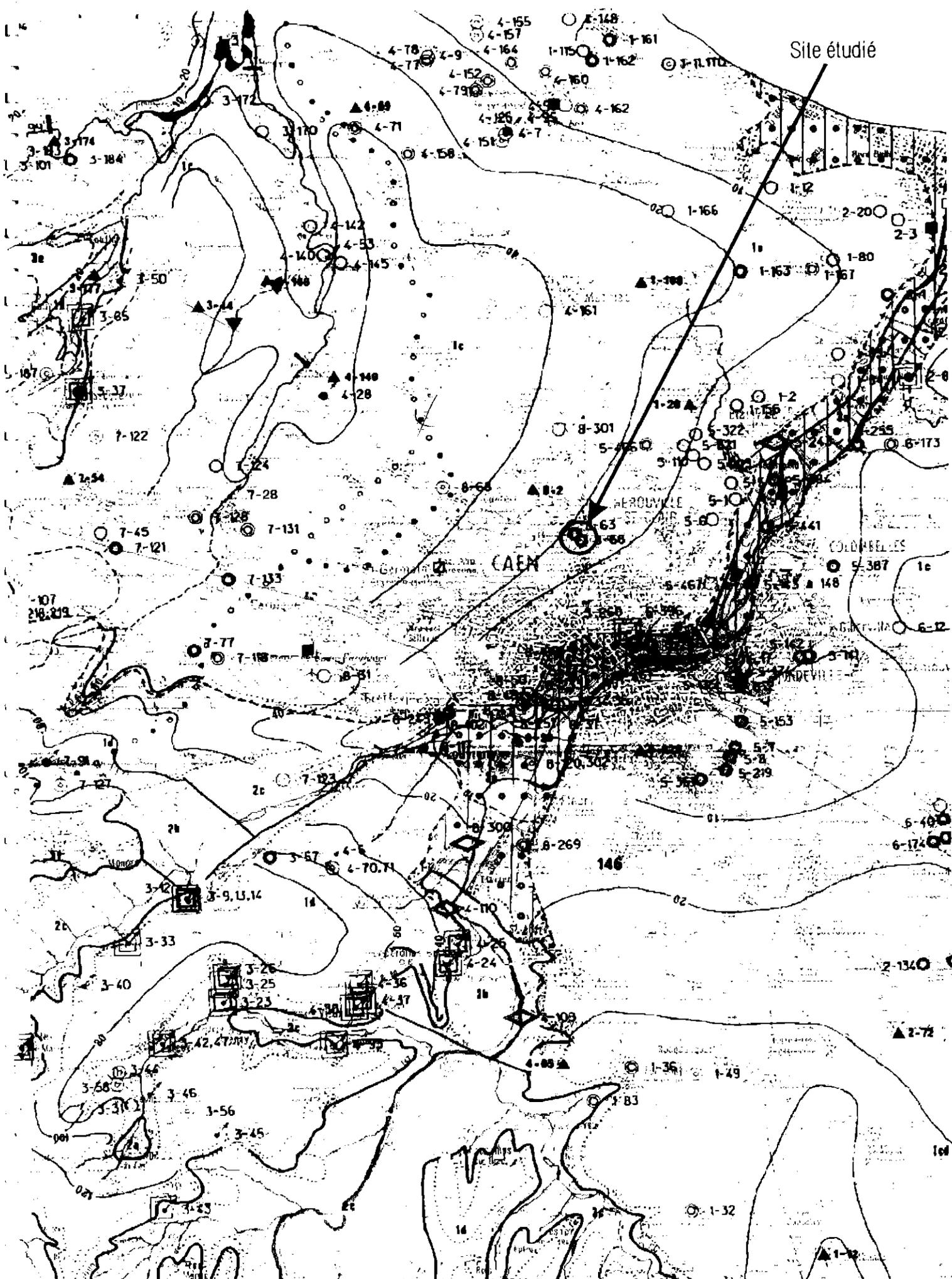
Courbe de niveau du mur de la nappe des calcaires du Bathonien et du Toarcien (Argiles à Poissons) et altitude en mètres

POINTS D'EAU RECENSES

OUVRAGES DE CAPTAGE

Puits ou Forage	Captage de source	Prise en rivière	Destination de l'eau
			AEP de commune
			AEP de syndicat
			AEP de particuliers ou autre collectivité
			Industrielle
			Agricole

Contexte hydrogéologique		
Extrait de la carte hydrogéologique du département du Calvados		
Ingenieur : SFO	9 Mai 2001	Affaire : 21000129
 <small>Technique, Métré & Environnement 10 rue de la Vallée 14100 MANTVILLE Tél 01 86 17 19 99 Fax 01 86 17 19 99 www.gp-ge.com</small>	Echelle : 1/100 000 ^e	PHILIPS Site de Caen
	Dessinatrice : IGA	
N° de dessin : 0129.01.05.0537a		





GESTER

PHILIPS Semiconducteurs

Usine de Caen (14000)

Investigations Hydrogéologiques – Rapport

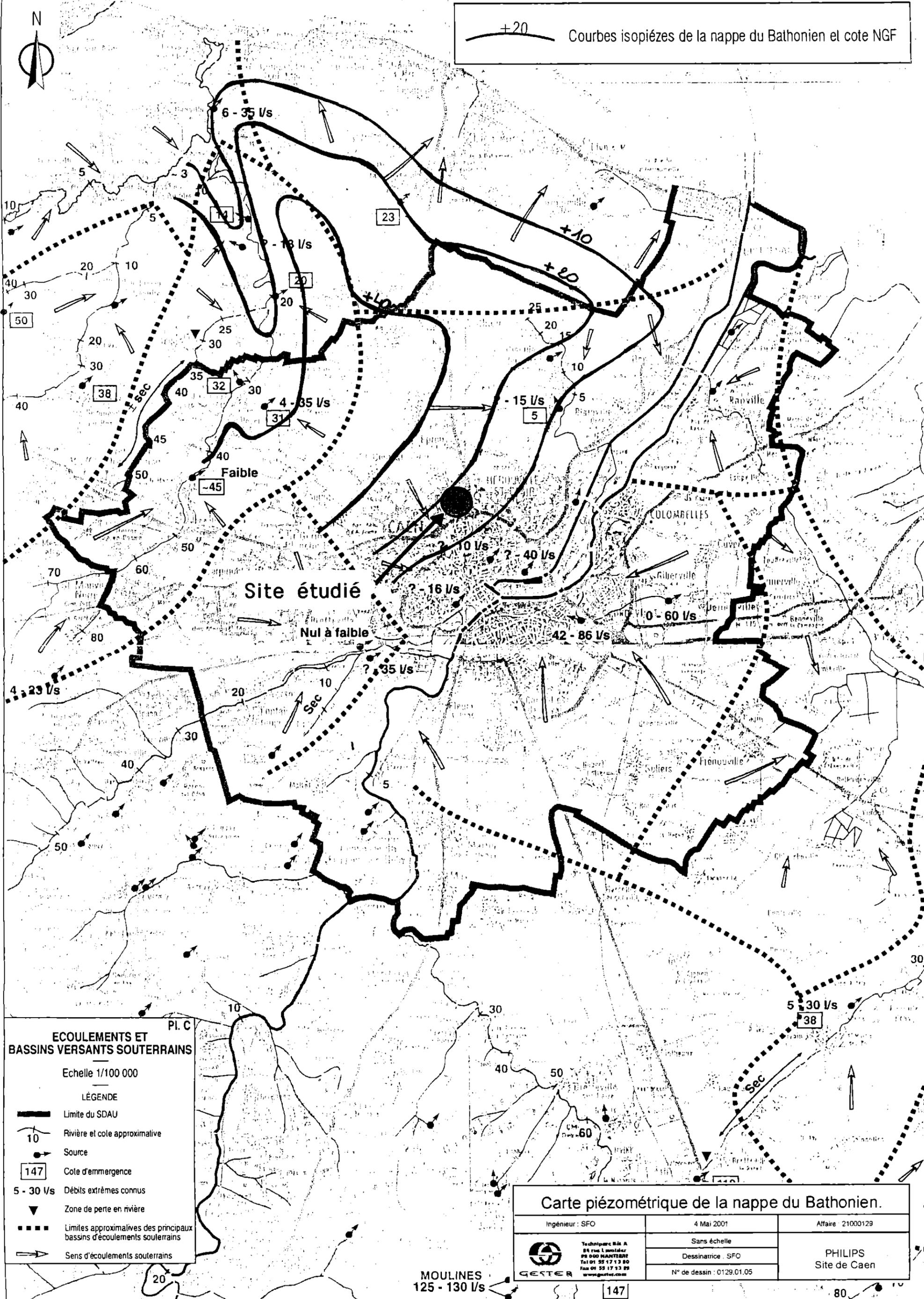
N° Affaire : 21.00.0129

N° Gester : 01/0707

Annexes



+20 Courbes isopièzes de la nappe du Bathonien et cote NGF



ECOULEMENTS ET BASSINS VERSANTS SOUTERRAINS
 Echelle 1/100 000

LÉGENDE

- Limite du SDAU
- Rivière et cote approximative
- Source
- Cote d'emergence
- Débits extrêmes connus
- Zone de perte en rivière
- Limites approximatives des principaux bassins d'écoulements souterrains
- Sens d'écoulements souterrains

Carte piézométrique de la nappe du Bathonien.

Ingénieur : SFO	4 Mai 2001	Affaire 21000129
Techniparc Bât A 24 rue L. MOUTIERE 55 000 HANTERIE Tél 01 55 17 13 80 Fax 01 55 17 13 89 www.gester.com		PHILIPS Site de Caen
N° de dessin : 0129.01.05		

MOULINES
125 - 130 Vs

147

80



GESTER

PHILIPS Semiconducteurs

Usine de Caen (14000)

Investigations Hydrogéologiques – Rapport

N° Affaire : 21.00.0129

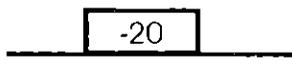
N° Gester : 01/0707

Annexes

ANNEXE 4

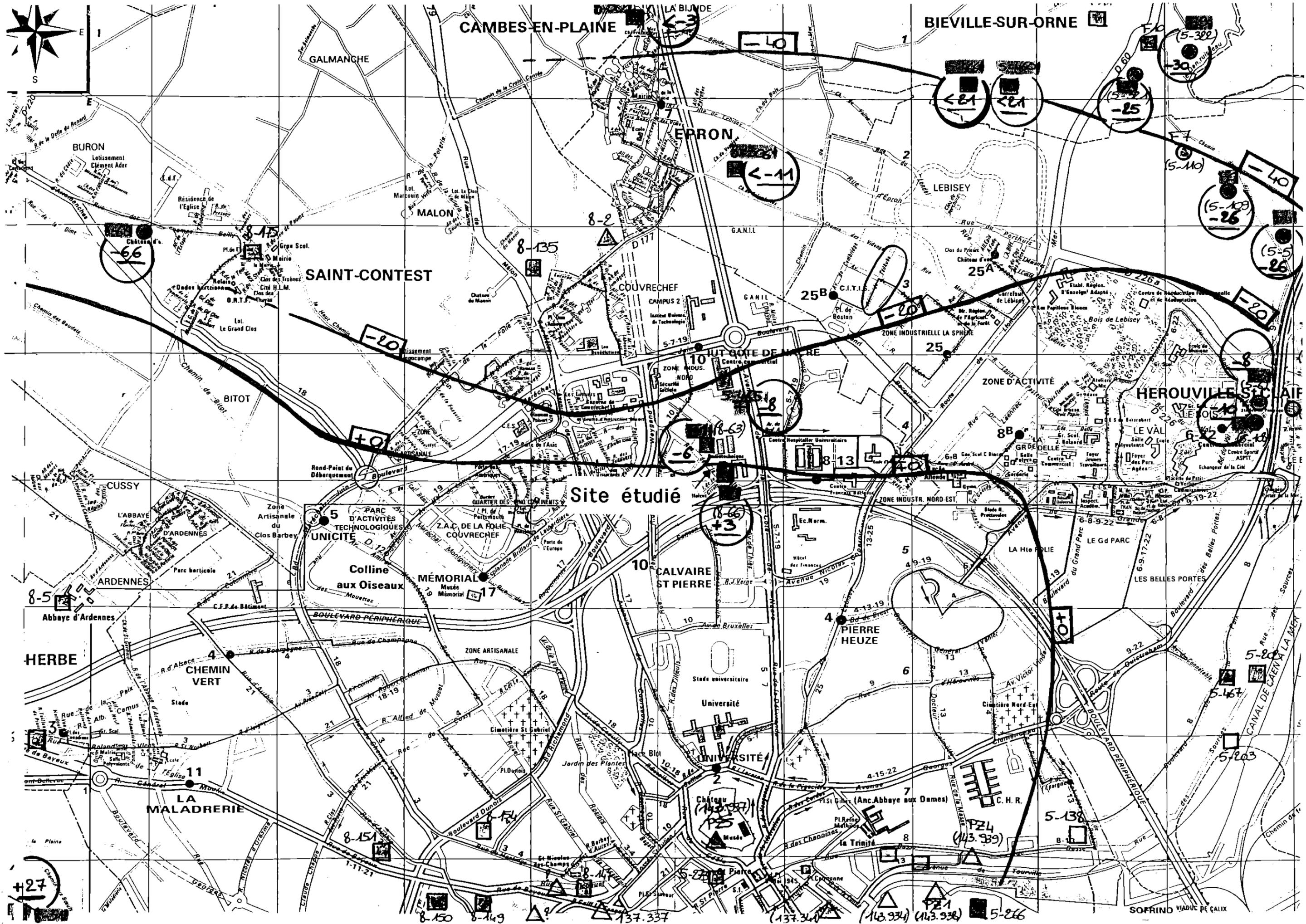
**Carte des isohypses du toit des marnes
de Port-en-Bessin**

Légende :

 Isohypse et cote NGF

 Cote NGF du toit des Marnes repéré au droit des sondages

Carte des isohypses du toit des Marnes de Port		
Ingenieur : SFO	4 Mai 2001	Affaire : 21000129
 Techniparc W3 A 84 rue L. Pasteur 95 000 MANTRES Tel 01 55 17 13 80 Fax 01 55 17 13 89 www.gester.com	Sans échelle	PHILIPS Site de Caen
	Dessinatrice : SFO	
	N° de dessin : 0129.01.05	



CAMBES-EN-PLAINE

BIEVILLE-SUR-ORNE

EPRON

SAINT-CONTEST

COUVRECHEF

HEROUVILLE-ST-CLAIR

Site étudié

PARC D'ACTIVITES TECHNOLOGIQUES UNICITE

Colline aux Oiseaux

MÉMORIAL Musée Mémorial

10 CALVAIRE ST PIERRE

PIERRE HEUZE

UNIVERSITÉ

LA MALADRERIE

SOFRINO VIADUC DE CALIX



BURON

GALMANCHE

MALON

LEBISEY

-66

-11

-25

-26

-26

-20

-20

-20

+9

-6

+3

+0

8-5

5

17

10

4

10

6

13

9-22

+27

8-151

1-11-21

8-149

137.337

137.340

(143.934)

(143.938)

PZ1

5-266

5-200

5-167

5-203

5-138

8-1

PZ4 (143.939)

5-203

5-203

SOFRINO VIADUC DE CALIX



ANNEXE 5
Résultats des analyses

Rouen, le 06/02/2001

2 bis, rue Duguay Trouin
BP 1282
76178 Rouen cedex - France
Tél. : 02 35 07 91 91
Fax : 02 35 07 91 90
Tlx : 770621 Labcrep

A l'attention de M. FOUBERT

GESTER
Technipard-Bâtiment A
24 rue Lavoisier
92000 NANTERRE
FRANCE

RAPPORT D'ESSAI N° EV 200101/0653

08 FEV. 2001

00514

Echantillons de : EAU
Remis par : Vous mêmes
Référence : **PROJET : 21 00 0129**
DATE DES PRELEVEMENTS : 18/01/01
DATE D'ARRIVEE DES ECHANTILLONS AU LABO : 19/01/01

Agriculture
Accrédité COFRAC
programme 113, 81, 82.
Agré par le Fonds
d'intervention et de
Régulation des marchés
des Sucres - FIRS.
Agré FOSFA de Londres
(Oleaceo, Ole and Fats and
Selected Groundnuts and
General Business), (full
member).
Agré par le Syndicat de Paris
adhesion II, IV, V, VI, VII, VIII.
Hébergé par l'ONIC pour le
blé Céréalière.

Agroalimentaire
Accrédité COFRAC programmes
60, 61, 62, 63-1, 63-2, 63-4, 113.
Agré DGCCRF pour la
délivrance de certificats
d'analyse des produits
alimentaires.

Chimie
Accrédité COFRAC
programme 95.
Laboratoire reconnu B.P.L.
(G.L.P.) par le C.J.P.C. selon
la directive 89/220 CEE.
• Essais physico-chimiques
• Etudes portant sur les
résidus
• Méthodes de chimie
analytique.
En application du décret
90206 du 7 mars 1990
sous le n° 1-0281.
Agré pour l'analyse de
formulations chimiques par
l'U.S.A.J.D. (Agence Améri-
caine pour le Développement
International).

Environnement
Agré par le Ministère de
l'Environnement 1, 3, 4, 5, 6.
Agré prélèvement et
analyse de benzène par le
Ministère du Travail, de
l'Emploi et de la Formation
Professionnelle.
Accrédité COFRAC program-
me 100, essu programme
99-4, radionucléides.

Espace
Agré par le GOSSTANDARD
(r GOSTR FR 0001 6 1 0008)
pour certification à l'export
de produits chimiques et
agro-alimentaires vers la
Russie.
Agré pour la certification à
l'export de produits chimiques
et agro-alimentaires vers la
Biélorussie, Kazakhstan,
Moldavie.
Agré par les autorités
japonaises.
Agré DGCCRF, pour
l'analyse de la radioactivité.
Agré par le Ministère de
l'Economie et des Finances
DGCCRF pour la délivrance
de certificats d'analyse
pour l'exportation.

ANALYSES D'EAUX

Sauf instructions formelles, les échantillons stockés sont détruits au bout de deux mois. Pour toute contestation ou litige, le Tribunal de Commerce de Rouen sera seul compétent, même en cas d'appel en garantie ou de pluralité de défendeurs. Ce rapport d'essai ne concerne que les objets ou produits soumis à essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Le rapport ne doit pas être reproduit partiellement sans l'approbation du laboratoire d'essais.

I Description des échantillons.

Deux eaux ont été réceptionnées le 19 janvier 2001 sous les références :

1- 01228 F1 (83 m)

2- 01229 F1 (65 m)

II Analyse des OHV.

Paramètres	Unités	1- 01228 F1 (83m)	2- 01229 F1 (65m)	L.Q.	Méthodes
1,1 dichloroéthylène	µg/l	9,63	9,73	5	ISO 10 301
Dichlorométhane	µg/l	<LQ	<LQ	10	ISO 10 301
Trans 1,2 dichloroéthylène	µg/l	4,79	<LQ	10	ISO 10 301
1,1 dichloroéthane	µg/l	<LQ	<LQ	10	ISO 10 301
Cis 1,2 dichloroéthylène	µg/l	1350	1230	10	ISO 10 301
Trichlorométhane	µg/l	2,85	2,76	0,2	ISO 10 301
1,2 dichloroéthane	µg/l	<LQ	<LQ	10	ISO 10 301
1,1,1 trichloroéthane	µg/l	1,56	1,46	0,1	ISO 10 301
Tétrachlorométhane	µg/l	1,09	0,956	0,1	ISO 10 301
Dichloromonobromométhane	µg/l	<LQ	<LQ	0,1	ISO 10 301
Trichloroéthylène	µg/l	694	625	0,1	ISO 10 301
Dibromomonochlorométhane	µg/l	<LQ	<LQ	0,2	ISO 10 301
Tétrachloroéthylène	µg/l	9,48	8,55	0,1	ISO 10 301
Bromoforme	µg/l	<LQ	<LQ	0,5	ISO 10 301
1,1,2,2 tétrachloroéthane	µg/l	<LQ	<LQ	1	ISO 10 301

III Screening qualitatif.

1- Méthode

- Extraction de 700 ml d'eau.
- Concentration à 2 ml.
- Injection de 1µl en GC/MS.



2) Résultats

Les chromatogrammes et les spectres de masse des principaux composés sont donnés en annexe.

L'identification est faite par une recherche informatisée sur banque de données.

L'indice de similitude (SI) permet d'évaluer la différence entre le spectre de masse du composé et le spectre de masse obtenu par la recherche en librairie.

Pour un indice inférieur à 600, l'identification n'est donnée qu'à titre indicatif

Composés		Rt (min)	SI	01228	01229
C ₁₁ H ₁₆ O ₂	Phenol, (1,1 dimethyl ethyl) 2-methoxy	13 :69	429	Traces	Traces
C ₁₄ H ₂₂ O	2,4-diterbutylphenol	14 :20	766	Traces	Traces
C ₁₆ H ₃₀ O ₄	Pentanoic acid, 2,2,4 trimethyl-3-carboxy isopropyl, isobutylester	15 :19	645	Traces	Traces
C ₁₉ H ₄₀	Pristane	15 :71	564	Traces	Traces
C ₂₀ H ₄₂	Phytane	16 :34	731	Traces	Traces
C ₁₆ H ₂₀	Diisopropylnaphtalene	16 :78	584	Traces	-
C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Diisobutyl phtalate	18 :20	742	Traces	Traces
C ₁₆ H ₂₂ O ₄	Dibutyl phtalate	19 :21	509	Traces	-
C ₃₁ H ₅₄ O ₂	Cholestan-3-one, 4,4-dimethyl-cyclic 1,2 ethanedjyl acetal	22 :66	490	Traces	Traces
C ₂₃ H ₃₂ O ₂	p-crésol, 2,2'-methylene bis (6-tert butyl)	23 :22	547	Traces	Traces
C ₂₄ H ₃₈ O ₄	DOP	24 :16	695	Traces	Traces

IV Conclusions.

Quelques traces de 1,1 dichloroethylene, cis 1,2 dichloromethylene et de trichloroethylene ont été détectées dans les deux échantillons.

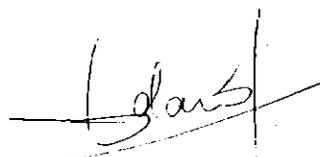
Les screening ont permis l'identification de peu de composés. On retrouve dans les deux échantillons des traces d'une coupe de gasoil dégradée.



La Responsable analytique,
Aude PELLUCHON

Le Responsable UT Chimie Industrielle,
François DAVID

Le Directeur,
Yvon GERVAISE


ANNEXE 3 :

FICHE BASOL

DRIRE Basse Normandie (2001)

INFORMATIONS SUBSTANCES CHIMIQUES

Centre Canadien d'hygiène et de sécurité au travail



Pollution des sols : Basol

Présentation générale

[accueil](#) > [lutte contre les pollutions](#) > [sols](#) > [basol](#) > [présentation générale](#)

[Accueil Basol](#)
[Recherche Simple](#)
[Recherche avancée](#)
[Tableaux de bord](#)
[Politique Nationale](#)
[FAQ](#)
[Glossaire](#)
[Liens](#)
[Contactez-nous](#)

Présentation Description Situation Environnement Surveillance Traiter

Région : Basse-Normandie **Département :** 14 **Site numéro :** 2
 Date de création de la fiche ou de sa dernière mise à jour : 02/08/2001

Auteur de la qualification

Service : DRIRE
Unité : DIVISION ENVIRONNEMENT ET SOUS-SOL
Nom : Nathalie SIEFRIDT

Identification du site

Nom usuel du site ☑: UNIMETAL NORMANDIE

Localisation :
Commune : HEROUVILLE-SAINT-CLAIR
Code postal : 14200 - **Code INSEE :** 14327
Coordonnées Lambert X : 04062 **Y :** 24708
Adresse :
Lieu-dit :

Responsable(s) actuel(s) du site : Exploitant

Nom : UNIMETAL NORMANDIE (BAIL INDUSTRIE)
 dernier exploitant
 exploitant antérieur
 mandataire de justice

La qualité du responsable :

- personne physique
 personne morale
 publique

Propriétaire(s) du site Plusieurs propriétaires
Nom(s) : BAIL INDUSTRIE, District du Grand Caen

Personne physique Personne morale publique

Caractérisation du site

Description du site ☑:

Ancien site sidérurgique implanté dans la zone industrielle de Mondeville-Colombelles, à 4 kilomètres au Nord-est de la ville de Caen, sur une surface de 220 hectares. Ce site comprenait notamment :

- des installations sidérurgiques (cokerie, aciérie et laminoirs), situées entièrement sur un plateau surplombant l'Orne et la ville de Caen ;
- un bassin portuaire, situé sur le canal qui relie Caen à la mer permettant la

réception des matières premières (charbon, minerai de fer), ainsi que l'expédition des produits finis, par voie maritime ;

- des dépôts sidérurgiques ainsi que des lagunes de décantation des eaux résiduaires de cokerie et des eaux industrielles, situés en contrebas du plateau entre l'Orne et le canal, sur une zone de 60 hectares.

L'arrêt du fonctionnement de ce site a eu lieu en novembre 1993, l'ensemble des bâtiments industriels a été démantelé et seule subsiste, à titre commémoratif, l'ancienne tour aéroréfrigérante.

Quatre zones polluées ont été définies sur ce site dont trois ont été décontaminées. L'ensemble des matériaux contaminés récupérés a été confiné en 1996, dans les anciennes lagunes d'eaux ammoniacales de la quatrième zone située sur la commune d'Hérouville-Saint-Clair.

Description qualitative à la date du 04/09/2000 :

Suites aux différentes études effectuées sur le site dès 1993 (un arrêté préfectoral du 24 mars 1993 a imposé la réalisation d'une étude de caractérisation de la contamination des sites occupés par les activités de l'entreprise et des arrêtés préfectoraux du 11 juillet 1994 ont prescrit la réalisation d'études complémentaires), il a été décidé l'aménagement d'un confinement, à l'emplacement des anciennes lagunes de décantation des eaux ammoniacales (défini par un arrêté préfectoral du 19 avril 1995 et comprenant 130 000 m³ de matériaux). Actuellement, il n'existe plus que deux zones faisant l'objet d'une surveillance :

- le plateau où se situaient les trois zones contaminées, nommé zone A ;

- la vallée où est maintenant implanté le confinement, nommée zone B.

Un arrêté préfectoral du 11 juillet 1994, modifié par celui du 11 juillet 1997, précise le nombre de piézomètres et la fréquence des analyses à effectuer. Ainsi sur la zone A, la surveillance est réalisée au moyen de 4 piézomètres, une fois tous les 2 ans et sur la zone B, elle est réalisée au moyen de 9 piézomètres (5 sont situés en limite de confinement), à une fréquence de 2 fois par an pendant 4 ans (2 de ces piézomètres font l'objet d'une surveillance tous les 2 mois).

Des servitudes d'utilité publique ont été instituées, relatives aux terrains d'emprise du confinement d'une surface de 32 185 m², par arrêté du 19 mars 1998.

Compte tenu des résultats de la surveillance obtenus, la zone A ne présente de pollution. Par contre, la zone B présente encore quelques valeurs significatives en hydrocarbures aromatiques polycycliques et phénols. Cependant cette pollution est contenue dans une « nappe » stagnante sous le site. Les travaux de réhabilitation sont aujourd'hui considérés comme achevés mais la surveillance au moyen des piézomètres se poursuit.

pour tout commentaire

CONTACTEZ-NOUS

[haut de](#)

[Présentation Générale](#) [Description](#) [Situation](#) [Technique](#) [Environnement](#) [Surveillance](#)
[Traitement](#)



Pollution des sols : Basol

Environnement

[accueil](#) > [lutte contre les pollutions](#) > [sols](#) > [basol](#) > [environnement](#)

- [Accueil Basol](#)
- [Recherche simple](#)
- [Recherche avancée](#)
- [Tableaux de bord](#)
- [Politique Nationale](#)
- [FAQ](#)
- [Glossaire](#)
- [Liens](#)
- [Contactez-nous](#)

- [Présentation](#)
- [Description](#)
- [Situation](#)
- [Environnement](#)
- [Surveillance](#)
- [Traitement](#)

Environnement

Zone d'implantation :
Industrie : Lourde

Hydrogéologie du site :

- Absence de nappe.
- Présence d'une nappe. Utilisation de la nappe :
 - Aucune utilisation connue
 - Utilisation A.E.P.
 - Agriculture/IAA
 - Autre :

Utilisation actuelle du site

- Site industriel en activité.
- Site industriel en friche.
- Site ancien réutilisé

Impacts constatés

- Captage AEP arrêté (aduction d'eau potable)
- Teneurs anormales dans les eaux superficielles et/ou dans les sédiments
- Teneurs anormales dans les eaux souterraines
- Teneurs anormales dans les végétaux destinés à la consommation humaine ou animale
- Plaintes concernant les odeurs
- Teneurs anormales dans les animaux destinés à la consommation humaine
- Santé
- Sans
- Inconnu

pour tout commentaire
CONTACTEZ-NOUS

[haut de p](#)

[Présentation Générale](#) [Description](#) [Situation](#) [Technique](#) [Environnement](#)
[Surveillance](#) [Traitement](#)



Pollution des sols : Basol

Surveillance

[accueil](#) > [lutte contre les pollutions](#) > [sols](#) > [basol](#) > [surveillance](#)

- [Accueil Basol](#)
- [Recherche simple](#)
- [Recherche avancée](#)
- [Tableaux de bord](#)
- [Politique Nationale](#)
- [FAQ](#)
- [Glossaire](#)
- [Liens](#)
- [Contactez-nous](#)

[Présentation](#)

[Description](#)

[Situation](#)

[Environnement](#)

[Surveillance](#)

[Traitement](#)

Surveillance du site et restrictions d'usage

Surveillance :

- Eaux superficielles, fréquence (n/an) :
- Eaux souterraines, fréquence (n/an) : 2

Restriction d'usage sur :

- L'utilisation du sol (urbanisme) : Oui
- L'utilisation du sous-sol (fouille) : Oui
- L'utilisation de la nappe : Non
- L'utilisation des eaux superficielles : Non
- La culture de produits agricoles : Non

Mesures d'urbanisme réalisées :

- Servitude contractuelle
- Servitude d'utilité publique ; date A.P. : 19/03/1998
- Projet d'intérêt général ; date A.P. :
- Inscription au POS
- Acquisition amiable par l'exploitant

Autre :

pour tout commentaire

CONTACTEZ-NOUS

[haut de p](#)

[Présentation Générale](#) [Description](#) [Situation](#) [Technique](#) [Environnement](#)
[Surveillance](#) [Traitement](#)

Pollution des sols : Basol

Traitement

[accueil](#) > [lutte contre les pollutions](#) > [sols](#) > [basol](#) > [traitement](#)

[Accueil Basol](#)
[Recherche simple](#)
[Recherche avancée](#)
[Tableaux de bord](#)
[Politique Nationale](#)
[FAQ](#)
[Glossaire](#)
[Liens](#)
[Contactez-nous](#)

[Présentation](#)

[Description](#)

[Situation](#)

[Environnement](#)

[Surveillance](#)

[Traitemer](#)

Traitement effectué

- Mise en sécurité du site
- Interdiction d'accès
- Gardiennage
- Evacuation de produits ou de déchets
- Pompage de rabattement ou de récupération
- Reconditionnement des produits ou des déchets
- Autre :

- Traitement des déchets ou des produits hors site ou sur le site

- Traitement des terres polluées
 - Stockage DC1
 - Stockage DC2
 - Traitement biologique
 - Traitement thermique
 - Lessivage des terres
 - Confinement
 - Stabilisation
 - Ventilation forcée
 - Dégradation naturelle
- Autre :

- Traitement des eaux

pour tout commentaire
CONTACTEZ-NOUS

[haut de p](#)

[Présentation Générale](#) [Description](#) [Situation](#) [Technique](#) [Environnement](#)
[Surveillance](#) [Traitement](#)



Pollution des sols : Basol

Description

[accueil](#) > [lutte contre les pollutions](#) > [sols](#) > [basol](#) > description

- [Accueil Basol](#)
- [Recherche simple](#)
- [Recherche avancée](#)
- [Tableaux de bord](#)
- [Politique Nationale](#)
- [FAQ](#)
- [Glossaire](#)
- [Liens](#)
- [Contactez-nous](#)

- [Présentation](#)
- [Description](#)**
- [Situation](#)
- [Environnement](#)
- [Surveillance](#)
- [Traitement](#)

Description du site

Origine de l'action des pouvoirs publics : Autre

Date de la découverte : : 31/12/1993

Origine de la découverte :

- | | | | |
|---|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Recherche historique | <input type="checkbox"/> Travaux | <input type="checkbox"/> Transactions | <input type="checkbox"/> Dépôt de bilan |
| <input checked="" type="checkbox"/> cessation d'activité, partielle ou totale | <input type="checkbox"/> Information spontanée | <input type="checkbox"/> Demande de l'administration | <input type="checkbox"/> Pollution accidentelle |
| <input type="checkbox"/> Analyse captage AEP ou puits ou eaux superficielles | Autre : | | |

Types de pollution

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Dépôt de déchets | <input type="checkbox"/> Dépôt aérien | <input type="checkbox"/> Dépôt enterré |
| <input type="checkbox"/> Dépôt de produits divers | <input type="checkbox"/> Nappe polluée | |
| <input type="checkbox"/> Sol pollué | | |
| <input type="checkbox"/> Pollution non caractérisée | | |

Origine de la pollution ou des déchets ou des produits

- Origine accidentelle
- Pollution due au fonctionnement de l'installation
- Liquidation ou cessation d'activité
- Dépôt sauvage de déchets
- Autre

pour tout commentaire
CONTACTEZ-NOUS

[Présentation](#) [Générale](#) [Description](#) [Situation](#) [Technique](#) [Environnement](#) [Surveillance](#) [Traitement](#)

Trichloroéthylène

En bref, en cas d'urgence, que faut-il savoir sur le trichloroéthylène?

Le trichloroéthylène est un liquide incolore et limpide ayant une odeur sucrée ressemblant à celle de l'éther éthylique ou du chloroforme. Il peut se décomposer à une température élevée en donnant des gaz toxiques comme le chlorure d'hydrogène, le chlore et le phosgène. S'ils sont chauffés, les contenants clos peuvent se rompre et exploser et dégager des gaz ou des vapeurs toxiques. Les vapeurs de trichloroéthylène peuvent s'accumuler dans les zones basses. Elles causent une irritation des yeux, du nez et de la gorge. Le trichloroéthylène est aussi un déprimeur du système nerveux central. Ses vapeurs peuvent causer des maux de tête, des nausées, des étourdissements, de la somnolence, de l'incoordination et de la confusion. De fortes concentrations de vapeurs peuvent provoquer une perte de conscience et le décès. Le trichloroéthylène provoque des irritations de la peau et des yeux et son aspiration pose un danger. L'ingestion ou la régurgitation du liquide peuvent en provoquer l'aspiration (inspiration dans les poumons). Le trichloroéthylène est un **CANCÉROGÈNE SOUPÇONNÉ** – peut causer le cancer, d'après les informations recueillies chez l'humain; un **DANGER POSSIBLE POUR LA REPRODUCTION** -peut causer des dommages génétiques, d'après les informations recueillies chez les animaux.

A quoi sert le trichloroéthylène?

Le trichloroéthylène sert surtout au dégraissage à la vapeur des pièces métalliques dans les industries de l'automobile et des métaux. Il sert aussi de composante d'adhésifs et de solvant dans les décapants à peinture, les lubrifiants, les peintures, les vernis, les pesticides, les nettoyeurs à froid pour métaux, les caoutchoucs et les élastomères. Il est utilisé comme caloporteur à basse température et comme intermédiaire chimique dans la production de produits pharmaceutiques, d'agents chimiques ignifuges et d'insecticides. Il est utilisé dans la phosphatation des métaux, la transformation des textiles, la production de chlorure de vinyle et les opérations aérospatiales.

Les usages qu'on en faisait autrefois dans les aliments, les boissons (décaféination du café), les nourritures pour animaux de compagnie et les produits médicaux, pharmaceutiques et cosmétiques ont été interdits à cause de sa toxicité.

Que faut-il savoir sur la composition et la pureté du trichloroéthylène?

Le trichloroéthylène existe en plusieurs qualités dans le commerce, entre autres : qualité grande pureté, qualité électronique, qualité dégraissage des métaux et qualité extraction. Sa pureté est généralement supérieure à 99 %. Les impuretés qu'il renferme incluent d'autres hydrocarbures halogénés comme le tétrachloroéthane, le dichloroéthylène et le trichloroéthane. Des stabilisants sont ajoutés au trichloroéthylène pour prévenir sa décomposition par l'air et la lumière et l'empêcher de devenir acide et corrosif. Quelque 50 stabilisants connus sont ajoutés aux formules de trichloroéthylène, entre autres, des amines, des pyrroles, des mélanges d'époxydes, des esters et des phénols. Les stabilisants sont ajoutés en concentrations inférieures ou égales à 1 % et ils ne sont efficace que s'ils sont présents à la fois dans la phase liquide et la phase vapeur. Autrefois, on se servait d'épichlorhydrine comme stabilisant, mais cet usage a été éliminé vu les craintes soulevées par la toxicité de cette substance.

Quels sont certains synonymes de trichloroéthylène?

Le trichloroéthylène est aussi connu sous les noms de trichlorure d'acétylène, de 1-chloro-2,2-dichloroéthylène, de 1,1-dichloro-2-chloroéthylène, de trichlorure d'éthinyle, de trichlorure d'éthylène, de Tri, de trichloroéthène, de trichloréthylène et de 1,1,2-trichloroéthylène

Tétrachloroéthylène

Le tétrachloroéthylène est un liquide incolore ayant une odeur légèrement sucrée ressemblant à celle de l'éther éthylique ou du chloroforme. À de fortes concentrations, son odeur peut être intense et déplaisante. Il n'est pas

combustible, mais il peut se décomposer à haute température en donnant des gaz toxiques comme le chlorure d'hydrogène, le chlore et le phosgène. S'ils sont chauffés, les contenants clos peuvent se rompre et exploser et dégager des gaz ou des vapeurs toxiques. Les vapeurs peuvent s'accumuler dans les zones basses. Le tétrachloroéthylène est TOXIQUE. Ses vapeurs causent une irritation des yeux, du nez et de la gorge. Il est un dépresseur du système nerveux central. Ses vapeurs peuvent causer des maux de tête, des nausées, des étourdissements, de la somnolence, de l'incoordination et de la confusion. De fortes concentrations de vapeurs peuvent provoquer une perte de conscience et le décès. Le tétrachloroéthylène peut causer des lésions hépatiques. Il provoque des irritations cutanées. Son aspiration pose un danger -- l'ingestion ou la régurgitation du liquide peuvent en provoquer l'aspiration (inspiration) dans les poumons. Le tétrachloroéthylène est un CANCÉROGÈNE SOUPÇONNÉ -- peut causer le cancer, d'après les informations recueillies chez l'humain.

À quoi sert le tétrachloroéthylène?

Le tétrachloroéthylène sert surtout d'intermédiaire chimique; de produit de nettoyage à froid et de dégraissage à la vapeur des métaux; et de solvant pour le nettoyage à sec et la finition et la coloration des matières textiles. Il sert aussi de fluide diélectrique, de composante d'écrans chimiques, de solvant de désulfuration du charbon, de solvant industriel d'usage général et d'agent de ramonage des chaudières industrielles. Anciennement, il était utilisé pour le traitement des infestations par l'ankylostome et certains nématodes, usage pour lequel il a été remplacé par des médicaments moins toxiques et d'administration plus facile.

Que faut-il savoir sur la composition et la pureté du tétrachloroéthylène?

Il en existe plusieurs qualités dans le commerce, entre autres : qualité dégraissage à la vapeur, qualité nettoyage à sec, qualité industrielle pour formulations, qualité grande pureté, qualité à faibles résidus, qualité spectrophotométrie et qualité formule spécifique utilisable comme fluide pour transformateurs. Ce qui différencie les diverses qualités, c'est la quantité et le type de stabilisants ajoutés. Les qualités industrielle et nettoyage à sec ont généralement une pureté de 95 % au moins; les qualités plus raffinées, une pureté de 99 % au moins; enfin, les qualités isomérisation et fluorocarbure, une pureté de 99,995 %. Peut contenir du trichloroéthylène comme impureté. Des stabilisants lui sont ajoutés pour empêcher sa décomposition à l'air, à la lumière et à l'humidité et la corrosion de l'aluminium, du fer et du zinc. Ces stabilisants sont, entre autres, des amines, des mélanges d'époxydes et d'esters ou de phénols, en diverses combinaisons à des teneurs allant de 0,01 à 0,35 %. Vu la grande stabilité du tétrachloroéthylène, seules des quantités mineures de stabilisants sont requises.

Quels sont certains synonymes de tétrachloroéthylène?

Le tétrachloroéthylène est aussi connu sous les noms de tétrachlorure d'éthylène, de PCE, de perc, de perchlore, de perchloroéthylène, de tétrachloroétène, de perk, de tétrachloroéthylène et de 1,1,2,2-tétrachloroéthylène.