



Ministère de l'Industrie,
de la Poste et des
Télécommunications

DOCUMENT PUBLIC

*Analyses d'eau et de gaz
sur un ancien site de stockage d'hydrocarbures
à May-sur-Orne (Calvados)*

Etude réalisée dans le cadre des actions de Service Public du BRGM 97 - A - 104

Juin 1997
R 39534



Mots clés : Mine de fer (ancienne), Stockage hydrocarbures, Risque d'explosion, Méthane, Echantillon eau, Echantillon gaz, May-sur-Orne (Calvados).

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante : Analyse d'eau et de gaz sur un ancien site de stockage d'hydrocarbures à May sur orne (Calvados). Rap. BRGM R 39354, 20 p, 8 tabl., 1 ann.

© BRGM, 1997, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM

Synthèse

A la demande de la DRIRE de Basse-Normandie, le BRGM, Service Géologique Régional, a réalisé le 29 Avril 1997 des prises d'échantillons d'eau dans deux piézomètres et d'échantillons de gaz en deux points des anciennes cavités de stockage d'hydrocarbures à May-sur-Orne (Calvados), sur le site de l'ancienne mine de fer. Un suivi identique a déjà été effectué en Décembre 94, Juin 95, Janvier 96 et enfin Avril 97.

L'eau a été analysée principalement pour y rechercher la présence d'hydrocarbures libres ou dissous, et les gaz ont fait l'objet d'une recherche de méthane, qui dans certaines proportions critiques (5 à 15 %) peut constituer avec l'oxygène un mélange explosif.

Les analyses de gaz ont montré une quasi absence de méthane dans l'atmosphère des galeries (concentration inférieure à 1/1000).

Les analyses d'eau ont révélé des concentrations presque toujours inférieures aux normes fixées pour le rejet des eaux d'exhaure de l'ancien site de stockage d'hydrocarbures. En fait, seule la teneur en manganèse dans les eaux du PZ 10 dépasse la norme fixée à 0,250 mg/l, en affichant 0,417 mg/l.

Sommaire

| | |
|---|----|
| Synthèse | 4 |
| Introduction | 7 |
| 1. Historique | 8 |
| 2. Contrôles sur les eaux | 9 |
| 2.1 - Prélèvements d'échantillons | 9 |
| 2.1.1. - Pompages préalables..... | 9 |
| 2.1.2. - Prélèvements d'échantillons..... | 9 |
| 2.2 - Analyse des échantillons | 11 |
| 2.2.1 - Résultats des analyses..... | 11 |
| 2.2.2. - Normes retenues pour les contrôles..... | 12 |
| 2.2.3 - Comparaisons avec quelques résultats antérieurs..... | 13 |
| 2.2.4 - Commentaires des résultats | 14 |
| 3. Contrôles sur les gaz | 16 |
| 3.1 - Dispositif de prélèvement | 16 |
| 3.2 - Types d'analyses et résultats | 16 |
| 3.2.1 - Mesures sur le terrain | 16 |
| 3.2.2 - Mesures en laboratoire..... | 18 |
| 3.3 - Rappel relatif au risque d'explosivité du mélange air-méthane | 18 |
| 3.4 - Commentaires des résultats..... | 19 |
| Conclusion | 20 |

Listes des tableaux

- Tableau 1 - Pompage avant prélèvement sur le PZ10.
- Tableau 2 - Pompage avant prélèvement sur le PZ31.
- Tableau 3 - Résultats des analyses d'eaux sur PZ10 et PZ31.
- Tableau 4 - Teneurs prévisionnelles en fer et en manganèse dans les eaux de l'Orne après apport des eaux souterraines ; comparaison avec les valeurs fixées pour limites supérieures des objectifs de qualité des eaux de l'Orne.
- Tableau 5 - Analyse des eaux sur le PZ10 - Comparaison avec quelques mesures antérieures.
- Tableau 6 - Analyses des eaux sur le PZ31 - Comparaison avec quelques mesures antérieures.
- Tableau 7 - Mesures des gaz, in situ, en continu sur analyseur portable, au niveau 1 et au niveau B.
- Tableau 8 - Résultats d'analyses des gaz libres sur les échantillons prélevés au niveau 1 et au niveau B.

Listes des annexes

- Annexe 1 - Résultats bruts globaux des analyses effectuées au laboratoire sur les gaz prélevés dans les galeries Niveau 1 et Niveau B, et sur les eaux des piézomètres PZ10 et PZ31.

Introduction

A la demande de la DRIRE de Basse-Normandie, des prélèvements d'eau et de gaz sont effectués sur le site de l'ancien stockage d'hydrocarbures "GEOSTOCK", à May-sur-Orne (Calvados). Le contrôle réalisé ce 29 Avril 1997 est le quatrième depuis Décembre 1994. Les précédents contrôles ont été effectués en Décembre 94, Juin 95, Janvier 96.

Ces prélèvements sont destinés à contrôler la qualité des eaux souterraines provenant de l'ancienne mine et la sécurité au regard des risques d'explosion que pourrait engendrer une proportion critique de gaz méthane dans le ciel atmosphérique des cavités de l'ancien stockage d'hydrocarbures.

A cet effet, un technicien et un ingénieur BRGM se sont rendus sur les lieux le 29 Avril 1997 et ont procédé aux prélèvements d'eau et de gaz nécessaires.

Les clés d'accès aux galeries sont disponibles dans les mairies de May-sur-Orne (pour la Galerie Niveau 1) et de Saint-André sur Orne (pour la Galerie Niveau B).

Les analyses ont été effectuées par les laboratoires du BRGM, à Orléans.

1. Historique

L'exploitation minière a cessé fin 1968. Après études et travaux, la mine transformée en site de stockage d'hydrocarbures a reçu en 1972 les premières livraisons de gas-oil brut. Les dernières livraisons ont eu lieu fin 1984 ; l'abandon du site était déjà décidé. La vidange complète des hydrocarbures s'est terminée fin 1988.

Un dossier technico-administratif de fermeture a été mis au point et diffusé en octobre 1988. Une première phase d'écrémages successifs des dernières traces d'hydrocarbures s'est achevée en 1990. Une deuxième phase de remplissage avec l'eau de l'Orne s'est déroulée début 1991 (janvier à mi mars) suivie d'une ou de plusieurs observations.

Les travaux de fermeture du stockage sont réglementés par l'arrêté préfectoral du 15 novembre 1991 (article 8, particulièrement).

Le Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France a examiné le rapport de synthèse produit par GEOMINES, portant sur une année probatoire d'observations de la qualité des eaux d'exhaure du site de stockage.

Le Conseil a adopté comme limites de qualité de ces eaux, celles de l'annexe III du décret 89.3 du 3 avril 1989 (qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine). Ces limites de qualité concernent les concentrations en phénols, hydrocarbures, et hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA). L'arrêté préfectoral du 15 novembre 1991 a repris ces dispositions et les a étendues à celles concernant les concentrations en fer et en manganèse, dans le cadre du respect des objectifs de qualité de l'eau de l'Orne.

La période mars 1991 à mars 1992 a été une année probatoire d'observations et de mesures. Les contrôles ont été poursuivis jusqu'en août 1993, date à laquelle GEOMINES a été autorisé à rejeter directement les eaux de surverse dans l'Orne.

Une nouvelle phase de contrôle a été mise en place, d'août 1993 à décembre 1993 (mesures mensuelles). Entre autres dispositions, la qualité des eaux souterraines a été suivie sur les piézomètres PZ10 (flanc sud) et PZ31 (flanc nord). Le contrôle de la composition gazeuse de l'atmosphère des cavités souterraines a également fait l'objet d'un suivi, et tout particulièrement le pourcentage de méthane qui, dans certaines proportions, peut présenter des risques d'explosivité.

Depuis décembre 1993, jusqu'au 12 décembre 1994, il n'avait plus été effectué d'analyses. Les prélèvements effectués le 12 décembre 1994 assurent à nouveau la continuité des contrôles.

Ils ont été effectués tous les 6 mois jusqu'en Janvier 1996, puis ensuite après un délai d'un peu plus d'un an. Le présent rapport fait état du contrôle effectué le 29 Avril 1997.

2. Contrôles sur les eaux

2.1 - PRELEVEMENTS D'ECHANTILLONS

Deux piézomètres ont fait l'objet d'un prélèvement pour contrôle de qualité des eaux transitant de l'ancienne mine vers la vallée de l'Orne. Il s'agit de :

- PZ10 sur le flanc sud du synclinal (petit bois),
- PZ31 sur le flanc nord du synclinal.

2.1.1. - Pompages préalables

Des pompages ont été mis en place sur chacun des piézomètres, avant d'effectuer les prélèvements, afin de mettre en circulation les eaux souterraines et de prélever des échantillons représentatifs de l'état de la nappe.

Les pompages préalables ont été de l'ordre de 2 h à des débits moyens de 1113 l/h et 1079 l/h. Compte tenu des dimensions des forages (diamètres, profondeurs) et des niveaux statiques mesurés, juste avant pompage, les piézomètres contenaient respectivement des volumes d'eau d'environ :

- PZ10 : 275 l,
- PZ31 : 180 l.

Les volumes respectivement extraits de chacun des piézomètres, avant de procéder aux prélèvements d'échantillons d'eau, sont supérieurs à 8,5 fois (PZ10) et 11,7 fois (PZ31) le volume d'eau contenu au repos dans les ouvrages : c'est-à-dire que la circulation a été établie, et que les eaux prélevées ne risquent en aucun cas de correspondre à des eaux restées en stagnation dans le piézomètre.

Les tableaux 1 et 2 donnent toutes les informations relatives aux pompages avant prélèvements d'échantillons.

2.1.2. - Prélèvements d'échantillons

Pour chaque ouvrage, trois prélèvements ont été effectués en fin de pompage dans le flaconnage adéquate :

- prélèvement pour analyse anions ;
- prélèvement pour analyse cations ;
- prélèvement pour analyse des hydrocarbures.

Ces échantillons prélevés le 29 Avril 1997 ont été placés en réfrigérateur, transportés en glacière et déposés au laboratoire du BRGM, à Orléans le 6 Mai 1997.

| TEMPS | | NIVEAU | DEBIT | | VOLUMES EXTRAITS | | OBSERVATIONS |
|---------|-------|----------|--------------|------|------------------|---------|---|
| Heure | Durée | Prof/sol | Durée mesure | | Par palier | Cumulés | |
| h. mn | mn | m | s | l/h | l | l | |
| 10 h 05 | | 2,44 | 28 | 1286 | | | eau jaunâtre |
| 10 h 30 | 25 | 12,65 | 36 | 1000 | 416 | | eau claire |
| 10 h 45 | 15 | 12,67 | 33 | 1090 | 272 | 688 | eau claire descente de la pompe (prise d'air) |
| 11 h 00 | 15 | 13,35 | 32 | 1125 | 281 | 969 | eau claire |
| 11 h 15 | 15 | 13,48 | 33 | 1090 | 272 | 1241 | eau claire |
| 11 h 30 | 15 | 13,54 | 32 | 1125 | 281 | 1522 | eau claire |
| 11 h 45 | 15 | 13,56 | 33 | 1090 | 272 | 1794 | eau claire |
| 12 h 00 | 15 | 13,54 | 33 | 1090 | 272 | 2066 | eau claire |
| 12 h 15 | 15 | 13,76 | 32 | 1125 | 281 | 2347 | eau claire prise d'échantillon |
| 12 h30 | | 14,13 | 31 | 1161 | | | eau claire |

Tableau 1 - Pompage avant prélèvement sur le PZ10 (May-sur-Orne)

Remarques relatives au tableau 1 :

- le volume du seau utilisé pour calculer les débits est de 10 l. Le temps nécessaire à son remplissage est noté dans la colonne "débit" (durée mesure s) ;
- le débit moyen, calculé sur la totalité du temps de pompage est de 1113 l/h.
- le volume d'eau présent dans l'ouvrage au temps 0 est de 275 l ;
- les 2347 l extraits au cours du pompage représentent 8,5 fois le volume initialement contenu dans l'ouvrage.

| TEMPS | | NIVEAU | DEBIT | | VOLUMES EXTRAITS | | OBSERVATIONS |
|---------|-------|----------|--------------|------|------------------|---------|------------------------------------|
| Heure | Durée | Prof/sol | Durée mesure | | Par palier | Cumulés | |
| h. mn | mn | m | s | l/h | l | l | |
| 15 h 17 | | 11,83 | | | | | |
| 15 h 30 | 13 | 13,86 | 32 | 1125 | 243 | | eau légèrement trouble |
| 15 h 45 | 15 | 14,43 | 33 | 1090 | 272 | 515 | eau claire |
| 16 h 00 | 15 | 14,54 | 33 | 1090 | 272 | 787 | eau claire |
| 16 h 15 | 15 | 14,55 | 34 | 1059 | 265 | 1052 | eau claire |
| 16 h 30 | 15 | 14,60 | 35 | 1028 | 257 | 1309 | eau claire |
| 16 h 45 | 15 | 14,66 | 35 | 1028 | 257 | 1566 | eau claire |
| 17 h 00 | 15 | 14,69 | 32 | 1125 | 281 | 1847 | eau claire |
| 17 h 15 | 15 | 14,73 | 33 | 1090 | 272 | 2119 | eau claire prise d'échantillons |
| 17 h 40 | | 14,76 | 31 | 1161 | | | |

Tableau 2 - Pompage avant prélèvement sur le PZ31 (St André-sur-Orne)

Remarques relatives au tableau 2 :

- le volume du seau utilisé pour calculer les débits est de 10 l. Le temps nécessaire à son remplissage est noté dans la colonne "débit" (durée mesure s) ;
- le débit moyen calculé sur la totalité du temps de pompage est de 1079 l/h.
- le volume d'eau présent dans l'ouvrage au temps 0 est de 180 l environ ;
- les 2119 l extraits au cours du pompage représentent 11,7 fois le volume initialement contenu dans l'ouvrage ;

2.2 - ANALYSE DES ECHANTILLONS

2.2.1 - Résultats des analyses

L'essentiel de l'analyse porte sur le taux d'hydrocarbures totaux décelable dans l'eau, mais quelques autres éléments importants au regard de la qualité, ont également été analysés :

- les nitrates ;
 - les sulfates ;
- } analyses faites selon la Norme NFT 90.042
- le manganèse ;
 - le fer.
- } analyses faites selon le Mode Opérateur MO 108

Les hydrocarbures ont été analysés selon la Norme NFT 90.114.

Les résultats sont consignés dans le tableau 3.

| Élément analysé | NO3 | SO4 | Mn | Fe | Hydroc. totaux |
|--------------------------------------|-------|-------|------------|---------|----------------|
| Unité | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| Limite inf. dosabilité | 0,1 | 0,1 | 0,005 | 0,02 | 0,1 |
| Limite sup. dosabilité | 10000 | 10000 | 10 | 10000 | 10000 |
| Echantillon PZ10 | 11,7 | 78,5 | 0,417 | 0,03 | 0,3 |
| Echantillon PZ31 | 18,5 | 43,3 | 0,127 | >0,02 | 0,3 |
| Normes fixées par arrêté préfectoral | <100 | <250 | ≠ <0,25 | ≠ <1 | 1 |
| Normes de potabilité (pour mémoire) | 50 | 250 | 0,050 | 0,2 | 0,01 |

Tableau 3 - Résultats des analyses d'eau sur le PZ10 et PZ31

≠ pour le fer et le manganèse, l'arrêté préfectoral impose le respect des valeurs adoptées dans la définition de l'objectif de Qualité visant l'eau de la rivière Orne

2.2.2. - Normes retenues pour les contrôles

L'arrêté préfectoral du 15 novembre 1991 (article 8) régit les travaux de fermeture du site de stockage. Une délibération du 22 janvier 1991 du Conseil Supérieur d'Hygiène Public de France a fixé les limites de qualité des eaux d'exhaure du site, en reprenant celles de l'annexe III du décret 89.3. L'arrêté préfectoral du 15 novembre 1991 reprend ces dispositions : ce sont ces normes qui sont placées en bas du tableau 3 (avant dernière ligne) à titre de comparaison avec les mesures effectuées sur les deux échantillons. Pour mémoire, la dernière ligne du tableau 3 rappelle les limites supérieures de potabilité pour les paramètres considérés.

En ce qui concerne le fer et le manganèse, la référence est constituée par les valeurs fixées dans le cadre du respect des objectifs de qualité de l'eau de la rivière Orne (secteur du barrage de GRIMBOSQ).

Il convient donc de calculer les quantités de fer de Mn qui sont envoyées vers la rivière. Ce calcul reste théorique et donne plutôt une tendance, puisque les rapports de dilution sont établis pour des débits moyens d'infiltration susceptibles de correspondre aux débits souterrains s'exerçant en direction de l'Orne.

Ces calculs à caractère informatif tiennent donc compte :

- des débits moyens d'infiltration déjà calculés et admis pour le flanc nord (7 m³/h) et pour le flanc sud (60 m³/h) ; (rapport BRGM R 33305 4S BNO 91) ;
- du débit d'étiage retenu comme caractéristique pour l'Orne, soit 8 000 m³/h.

Le tableau 4 présente les mesures en fer et en manganèse rapportées aux dilutions établies sur la base des débits de référence indiqués ci-dessus. La colonne "TOTAL" représente la somme des apports du flanc sud, du flanc nord et initialement de l'Orne.

Cette somme est à comparer aux concentrations fixées pour limites des objectifs de Qualité des eaux de l'Orne.

| Rapport de Dilution = RD | I Flanc nord PZ31 | | II Flanc sud PZ10 | | III Rivière ORNE | TOTAL I+II+III | OBJECTIF DE QUALITE ORNE |
|----------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|-----------------|------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| | eau souterraine brute | RD = 7/8067 | eau souterraine brute | RD = 60/8067 | RD = 8000/8067 | RD = 8067/8067 | |
| Mesure de la concentration | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| Fer | <0,02 | <0,000017 | 0,03 | 0,00022 | 0,199* | ≅0,199 | <1 |
| Manganèse | 0,127 | 0,00011 | 0,417 | 0,0027 | 0,050* | 0,0532 | <0,25 |

Tableau 4 - Teneurs prévisionnelles en fer et en manganèse, dans les eaux de l'Orne après apport des eaux souterraines. Comparaison avec les valeurs fixées pour limites supérieures des objectifs de Qualité des eaux de l'Orne.

* Les concentrations sont des données résultant de mesures effectuées sur les eaux de l'Orne (Cf. dossier de synthèse GEOMINES-CAEN, mars 1992, annexe 1.

2.2.3 - Comparaisons avec quelques résultats antérieurs

Les différentes mesures effectuées de septembre 1993 à avril 1997 sont les suivantes.

| Date des analyses | Sept. 93 | Oct. 93 | Nov. 93 | Déc. 93 | Déc. 94 | Juin 95 | Janv. 96 | Avril 97 | Tendance évolutive |
|-----------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|--------------------|
| nitrate (mg/l) | - | - | - | - | 17,6 | 11,4 | 10,2 | 11,7 | ↗ |
| SO ₄ (mg/l) | 72 | 66 | 64 | 68,5 | 80,3 | 89,6 | 93,5 | 78,5 | ↘ |
| Mn (mg/l) | 0,450 | 0,620 | 1,370 | 0,210 | 0,302 | 0,271 | 0,366 | 0,417 | ↗↗ |
| Fe (mg/l) | 3,15 | 1,55 | 2,70 | 10,35 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | 0,03 | ↗ |
| Hydrocarbures totaux (mg/l) | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,3 | 0,3 | <0,1 | 0,3 | ↗ |

(↗↗ indiquent une tendance confirmée par 2 mesures successives)

Tableau 5 - Analyse des eaux sur le PZ10. Comparaison avec quelques mesures antérieures

| Date des analyses | Sept. 93 | Oct. 93 | Nov. 93 | Déc. 93 | Déc. 94 | Juin 95 | Janv. 96 | Avril 97 | Tendance évolutive |
|-----------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|--------------------|
| nitrate (mg/l) | - | - | - | - | 24,4 | 53 | 28,6 | 18,5 | ↘ |
| SO ₄ (mg/l) | 92 | 84 | 80 | 79,6 | 58,6 | 72,8 | 62,6 | 43,3 | ↘↘ |
| Mn (mg/l) | 0,330 | 0,310 | 0,330 | 0,290 | 0,075 | 0,078 | 0,113 | 0,127 | ↗↗ |
| Fe (mg/l) | 5,20 | 3,70 | 4,00 | 4,10 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | <0,02 | → → |
| Hydrocarbures totaux (mg/l) | <0,05 | <0,05 | <0,05 | <0,05 | 0,4 | 0,1 | <0,1 | 0,3 | ↗ |

(↘↘ indiquent une tendance confirmée par 2 mesures successives)

**Tableau 6 - Analyse des eaux sur le PZ31.
Comparaison avec quelques mesures antérieures**

2.2.4 - Commentaires des résultats

Jusqu'en 1993, les hydrocarbures étaient absents. En 1994, les deux ouvrages montraient de très légères concentrations, nettement inférieures aux normes retenues par l'arrêté préfectoral. En juin 1995, la concentration est restée la même sur le PZ10, tandis que le PZ31 est redevenu exempt de toute trace d'hydrocarbures. En janvier 1996, les deux piézomètres ne présentent plus d'hydrocarbures décelables. Cependant, les mesures d'Avril 1997 nous ramènent des concentrations proches de celles de 1994 et 1995, qui restent très faibles (0,3 mg/l) et nettement inférieurs aux normes retenues par arrêté préfectoral.

- Ces très légères variations pourraient être liées aux variations du niveau piézométrique, une remontée de ce dernier conduisant à une reprise de restes d'hydrocarbures sur des parois encore imparfaitement "nettoyées" par les eaux souterraines... d'où cette évolution en "dents de scie", dans un registre de très faibles concentrations.

Il faut noter que les analyses pour hydrocarbures totaux n'ont probablement pas été effectuées primitivement par la même méthode que celle pratiquée sur les échantillons à partir de décembre 1994.

Ces quatre dernières analyses ont été effectuées selon les normes AFNOR NFT 90.114, avec une limite inférieure de dosabilité de 0,1 mg/l. Les précédentes analyses ont été effectuées selon la même norme NFT 90.114 mais avec une limite de sensibilité de 0,05 mg/l : c'est par souci de réalisme que le seuil inférieur de dosabilité a été remonté à 0,1 mg/l. Rappelons que cette analyse est destinée à déceler la présence éventuelle d'hydrocarbures, qu'elle est de type environnemental, et qu'elle ne concerne pas une eau

potable ou devant l'être ; (pour une eau potable, la limite de qualité est de 0,01 mg/l, et la méthode d'analyse est alors différente de celle utilisée ici).

Les nitrates :

- pour PZ10 avec 11,7 mg/l, la concentration connaît une très légère augmentation non significative (+1,5 mg/l). Le résultat reste très en deça de la limite de qualité fixée à 50 mg/l.
- pour PZ31 avec 18,5 mg/l, la concentration continue de chuter depuis juin 1995 où elle connaissait une pointe à 53 mg/l.

Les sulfates sont nettement en-deçà des normes de rejet fixées par arrêté préfectoral (<250 mg/l).

- sur le PZ10, la concentration en sulfates, en augmentation régulière de 1993 à 1996 amorce une légère diminution en chutant de 93,5 mg/l en 1996 à 78,5 mg/l en avril 1997. ;
- sur le PZ31, la concentration en sulfates diminuait chaque année depuis septembre 1993 (à l'exception d'une légère remontée en juin 1995). La descente se poursuit en 1997 et la concentration chute à 43,3 mg/l.

Le fer, représenté jusqu'en 1993 par des concentrations de plusieurs milligrammes par litre, s'est révélé absent des échantillons prélevés, à partir de décembre 1994. En avril 1997, la concentration atteint tout juste le seuil de détectabilité sur le PZ10.

Les concentrations en **manganèse** confirment une légère tendance à l'augmentation, apparue depuis janvier 1996.

Le PZ10 (0,417 mg/l) présente toujours une concentration plus importante que celle du PZ31 (0,127 mg/l).

L'arrêté préfectoral fixant les limites de qualité des eaux d'exhaure du site ne donne pas de norme ni en matière de manganèse, ni en matière de fer.

Les normes de potabilité ne sont indiquées dans le tableau 3 que pour mémoire.

Pour l'ensemble des paramètres considérés, les variations se montrent d'assez faible amplitude ce qui rend les tendances évolutives peu significatives.

3. Contrôles sur les gaz

3.1 - DISPOSITIF DE PRELEVEMENT

Les gaz retenus dans les cavités, entre le plan d'eau et la voûte de la cavité, sont analysés en 2 points :

- la galerie niveau 1 (flanc sud) proche du PZ10 ;
- la galerie niveau B (flanc nord) proche du PZ31.

Dans les 2 cas, un long tube de Rilsan met en communication l'atmosphère de la cavité et l'extérieur, proche de la porte d'entrée de la galerie.

Le tuyau de Rilsan est long de 150 m environ, pour un diamètre intérieur de 6 mm.

- * Volume intérieur du tube Rilsan \approx 5 l.
- * Débit de la pompe utilisée pour aspirer les gaz par l'intermédiaire du tuyau : 300 ml/mn soit 0,31 l/mn. Il faut donc 17 mn pour évacuer 5 l.

Le pompage a été suivi pendant 1 h 15 (Galerie 1) et 1 heure (Galerie B), à l'issue desquelles les prélèvements de gaz ont été effectués. Ce sont donc en principe des volumes de 23,25 l et 18,6 l environ qui ont été évacués avant les prélèvements.

3.2 - TYPES D'ANALYSES ET RESULTATS

3.2.1 - Mesures sur le terrain

Elles sont réalisées *in situ*, en direct et en continu à l'aide d'un analyseur portable donnant les concentrations en % volume pour CO₂, CH₄, O₂.

Les mesures effectuées avec ce matériel sont consignées dans le tableau 7.

| Points de mesure | Paramètres mesurés | CO ₂ % | CH ₄ % | O ₂ % | Observations |
|--|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Temps | | | | |
| | Réglage analyseur | 0,03 | 0,00 | 20,8 | |
| Galerie niveau B St André / orne 29 avril 97 | 12 h 25 | 0,03 | 0,00 | 20,8 | prise échantillon |
| | 12 h 30 | 0,11 | 0,16 | 20,5 | |
| | 12 h 35 | 0,15 | 0,16 | 20,7 | |
| | 12 h 40 | 0,15 | 0,10 | 20,6 | |
| | 12 h 45 | 0,15 | 0,08 | 20,6 | |
| | 12 h 50 | 0,15 | 0,08 | 20,5 | |
| | 12 h 55 | 0,11 | 0,08 | 20,5 | |
| | 13 h 00 | 0,15 | 0,08 | 20,5 | |
| | 13 h 05 | 0,11 | 0,08 | 20,5 | |
| | 13 h 10 | 0,11 | 0,08 | 20,6 | |
| | 13 h 15 | 0,11 | 0,08 | 20,6 | |
| | 13 h 20 | 0,11 | 0,08 | 20,6 | |
| | 13 h 25 | 0,11 | 0,08 | 20,6 | |
| | 13 h 30 | 0,11 | 0,08 | 20,6 | |
| | Points de mesure | Paramètres mesurés | CO ₂ % | CH ₄ % | |
| Temps | | | | | |
| | Réglage analyseur | 0,03 | 0,00 | 20,6 | |
| Galerie 1 May / orne 29 avril 97 | 16 h 00 | 0,20 | 0,00 | 20,5 | prise échantillon |
| | 16 h 05 | 0,23 | 0,00 | 20,4 | |
| | 16 h 10 | 0,27 | 0,04 | 20,4 | |
| | 16 h 15 | 0,27 | 0,04 | 20,4 | |
| | 16 h 20 | 0,27 | 0,00 | 20,5 | |
| | 16 h 25 | 0,23 | 0,00 | 20,5 | |
| | 16 h 30 | 0,23 | 0,00 | 20,5 | |
| | 16 h 35 | 0,23 | 0,00 | 20,5 | |
| | 16 h 40 | 0,23 | 0,00 | 20,5 | |
| | 16 h 45 | 0,23 | 0,00 | 20,5 | |
| | 16 h 50 | 0,23 | 0,00 | 20,5 | |
| | 16 h 55 | 0,23 | 0,00 | 20,5 | |
| | 17 h 00 | 0,19 | 0,00 | 20,6 | |
| | 17 h 05 | 0,19 | 0,00 | 20,6 | |
| | 17 h 10 | 0,19 | 0,00 | 20,6 | |
| 17 h 15 | 0,19 | 0,00 | 20,6 | | |

Tableau 7 - Mesures *in situ*, en continu, sur analyseur portable, au niveau 1 et au niveau B

3.2.2 - Mesures en laboratoire

Les échantillons gazeux sont prélevés en ampoule de verre de 250 ml préalablement mises sous vide, et analysés au laboratoire.

Les résultats des analyses pratiquées sur ces 2 échantillons sont consignés dans le tableau 8. Ils concernent 9 paramètres mesurés.

| Paramètres analysés | CO ₂ | O ₂ | CH ₄ | N ₂ | Ar | H ₂ | H ₂ S | He |
|---|-----------------|----------------|-----------------|----------------|----------|----------------|------------------|----------|
| Concentration | % volume | % volume | % volume | % volume | % volume | % volume | % volume | % volume |
| May sur orne Galerie niveau 1 (flanc sud) | 0,29 | 20,5 | 0,093 | 77 | 0,91 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |
| St André sur orne Galerie niveau B (flanc nord) | 0,24 | 20,8 | 0,016 | 78,5 | 0,92 | <0,005 | <0,005 | <0,005 |

Tableau 8 - Résultats d'analyses des gaz libres sur les échantillons prélevés au niveau 1 et au niveau B

- l'incertitude relative sur les valeurs exprimées est de :

5 % pour He, H₂, H₂S ;
3 % pour les autres gaz.

- pour mémoire, rappelons que la composition moyenne de l'air est la suivante :

Ar \cong 0,93 % - O₂ \cong 20,5 % - N₂ \cong 78,5 % - divers gaz \cong 0,07 %

3.3 - RAPPEL RELATIF AU RISQUE D'EXPLOSIVITE DU MELANGE AIR-METHANE

Un mélange d'air et de méthane, contenant entre 5 et 15 % de méthane en volume, présente un danger d'explosivité en présence d'une flamme ou d'une étincelle.

La concentration inférieure de la "fourchette explosive" (soit 5 % de CH₄, en volume) est appelée Limite Inférieure d'Explosivité (LIE).

La concentration supérieure de la plage dangereuse (soit 15 % de CH₄, en volume) est appelée Limite Supérieure d'Explosivité (LSE).

Les consignes de sécurité fixent à la moitié de la LIE (soit 2,5 % de CH₄, en volume) le seuil d'alerte nécessitant une intervention.

3.4 - COMMENTAIRES DES RESULTATS

La formule gazeuse des 2 échantillons analysés au laboratoire reste assez proche de celle de l'air naturel.

On notera :

- la présence dans les deux galeries d'un peu de CO₂, au niveau 1 environ 0,3% et au niveau B, environ 0,25%.
- la quasi-absence de CH₄ : 93/1000 de % au niveau 1, et 16/1000 de % au niveau B
- des concentrations en N₂ et O₂ très proches de celles de l'air.

Les concentrations mesurées *in situ*, en continu montrent également des concentrations en CH₄ très faibles.

- Dans la galerie niveau 1, les concentrations mesurées *in situ* en continu, sont nulles.
- Dans la galerie niveau B, elles varient entre 8 et 16/100 de %, ce qui reste très faible.

Aucun risque d'explosivité lié au méthane n'apparaît donc actuellement au regard des analyses pratiquées sur les deux prélèvements effectués le 29 Avril 1997.

Conclusion

Au regard des deux analyses pratiquées sur les gaz prélevés au niveau 1 et au niveau B, la quasi-absence de méthane éloigne tout risque de nature explosive puisque les concentrations mesurées varient de 16 à 93/1000 de % alors que :

- le seuil d'alerte est de 2,5 % ;
- la Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) est de 5 % ;
- la Limite Supérieure d'Explosivité (LSE) est de 15 %.

L'eau issue des cavités de l'ancien stockage, circulant par écoulement souterrain en direction de la vallée de l'Orne, a été analysée par prélèvements dans le piézomètre PZ10 (flanc sud) et dans le piézomètre PZ31 (flanc nord).

Les analyses ont porté sur les nitrates, les sulfates, le fer, le manganèse et les hydrocarbures totaux (émulsionnés et dissous). Les résultats, comparés aux normes de rejet fixées par arrêté préfectoral, sont tous nettement en-deçà de ces normes :

- en particulier, les hydrocarbures totaux présentent une concentration de 0,3 mg/l, à peine supérieure au seuil de dosabilité (0,1 mg/l) pour les analyses de type environnemental, alors que la norme fixée pour les rejets est de 1 mg/l (on notera que la norme de potabilité est fixée à 0,01 mg/l, et qu'elle relève d'une analyse plus fine).
- fer et manganèse sont plus difficiles à apprécier car la norme de rejet est rapportée aux valeurs prises pour objectifs de qualité des eaux de l'Orne ;
 - . le fer est quasiment absent : inférieur à la limite inférieure de dosabilité de 0,02 mg/l pour l'un des échantillons, et égal à 0,03 mg/l pour l'autre.
 - . le manganèse est présent (0,417 mg/l pour le flanc sud et 0,127 mg/l pour le flanc nord) mais l'apport qu'il constitue théoriquement dans les eaux de l'Orne reste très faible compte-tenu des diverses dilutions qui s'établissent ;
- sulfates et nitrates présentent des concentrations nettement inférieures aux valeurs retenues pour normes. Au regard des normes de potabilité plus strictes, les concentrations en nitrates et en sulfates restent également inférieures aux limites admises.

La qualité des eaux souterraines prélevées et analysées se montre en **conformité avec les normes fixées par arrêté préfectoral** pour les eaux d'exhaure de l'ancien site de stockage d'hydrocarbures.

Annexe 1

**Résultats bruts globaux des analyses
effectuées au laboratoire
sur les gaz prélevés dans les galeries
Niveau 1 ET Niveau B
et sur les eaux de PZ 10 et PZ 31**

LE(S) ELEMENT(S) SUIVANT(S) ONT ETE ANALYSE(S) DANS LE LABO : ANAL.EAUX

| | | | | | |
|-------|----------------|-----------|------|---------|-----------|
| NO3: | Nitrate | NFT90.042 | SO4: | Sulfate | NFT90.042 |
| Mn: | Manganèse | M0108 | Fe: | Fer | M0108 |
| H.T.: | HYDROCARBU.TOT | NFT90.114 | | | |

EAUX NATURELLES

METHODES ANALYTIQUES:

Les méthodes utilisées pour chaque paramètre sont indiquées ci-dessus.

Précisions complémentaires sur les méthodes analytiques:

- Dosage des cations majeurs et traces:ICP/MS (MO 108).
- Dosage des anions: Chromatographie ionique (NFT90.042-MO 028).
- Dosage du mercure:Absorption atomique en vapeurs froides (NFT90.113-MO 110).
- Dosage des différentes formes de carbone:(NFT90.102-MO 107).

RESULTATS:

Les limites de détection sont fonction de la méthode et du coefficient de dilution utilisés.

Les éléments majeurs sont donnés avec une précision de 5% relative, les éléments traces avec 10%, pour des valeurs en milieu de gamme.

Une valeur négative doit être considérée comme inférieure à la limite inférieure de dosabilité (BINF).

Une valeur égale à la limite supérieure de dosabilité (BSUP) doit être considérée comme supérieure ou égale à cette limite.

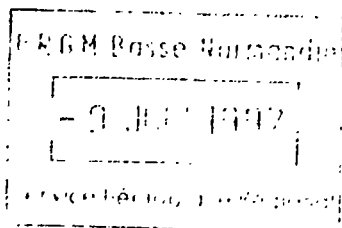
* : éléments analyses hors accréditation

BRGM - ANALYSE

ETUDE D6014A -DE971158- Le 22-MAY-97

Page N. 3

```
=====
Ech. / N.   Ele.  NO3      SO4      Mn      Fe      H.T.
            UNIT mg/1     mg/1     ug/1    mg/1    mg/1
            BINF 0.1      0.1      5.      0.02   0.1
            BSUP 10000.0 10000.0 10000. 10000.00 10000.0
=====
PIEZO No 10 0001 11.7    78.5    417.    0.03    0.3
PIEZO No 31 0002 18.5    43.3    127.    -0.02   0.3
=====
```



Orléans le 29/05/97

ETUDE : D6014B 0002

Demandeur : LANGEVIN SGR/BNO
Ref. échantillon : ST ANDRE / ORNE NIVEAU B
Ref. interne : G/035

SMN/PEA/ANA

RESULTATS D'ANALYSE DE GAZ LIBRES

Concentrations en % volume

Incertitude relative :

- He, H₂, H₂S : 5 %
- Autres gaz : 3 %

N/D : non déterminé

- : inférieur ou égal

CO₂ : 0.24
Ar : 0.92
O₂ : 20.8
N₂ : 78.5
He : -0.005
H₂ : -0.005
H₂S : -0.005
CH₄ : 0.016
C₂H₆ : 0.0021
C₃H₈ : -0.0002
SC₄H₁₀ : -0.0004
- isoC₄H₁₀ : -0.0002
- nC₄H₁₀ : -0.0002
SC₅H₁₂ : -0.0002
SC₆H₁₄ : -0.0002

Remarques :

Ph DEGRANGES

BRGM

Siège :
Tour Mirabeau, 39-43, quai André-Citroën - 75739 Paris cedex 15, France
Tél. : (33) 1 40.58.89.00 - Télex : BRGM 780258 F - Télécopieur : (33) 1 40.58.89.33
R.C. 58 B 5614 Paris - SIRET : 58205614900419

Centre scientifique et technique :
Avenue de Concyr, Orléans-La Source (Loiret) - B.P. 6009
45060 Orléans cedex 2, France
Tél. : (33) 38.64.34.34 - Télex : BRGM 780258 F - Télécopieur : (33) 38.64.35.18



Orléans le 29/05/97

ETUDE : D6014B 0001

Demandeur : LANGEVIN SGR/BNO

Ref. échantillon : MAY / ORNE

NIVEAU 1

Ref. interne : G/034

SMN/PEA/ANA

RESULTATS D'ANALYSE DE GAZ LIBRES

Concentrations en % volume

Incertitude relative :

- He, H₂, H₂S : 5 %
- Autres gaz : 3 %

N/D : non déterminé

- : inférieur ou égal

CO₂ : 0.29
Ar : 0.91
O₂ : 20.5
N₂ : 77.0
He : -0.005
H₂ : -0.005
H₂S : -0.005
CH₄ : 0.093
C₂H₆ : -0.0002
C₃H₈ : -0.0002
SC₄H₁₀ : -0.0004
- isoC₄H₁₀ : -0.0002
- nC₄H₁₀ : -0.0002
SC₅H₁₂ : -0.0002
SC₆H₁₄ : -0.0005

Remarques :

Ph. DÉGRANGES

BRGM

Siège :
Tour Mirabeau, 39-43, quai André-Citroën - 75739 Paris cedex 15, France
Tél. : (33) 1 40.58.89.00 - Télex : BRGM 780258 F - Télécopieur : (33) 1 40.58.89.33
R.C. 58 B 5614 Paris - SIRET : 58205614900419

Centre scientifique et technique :
Avenue de Concyr, Orléans-La Source (Loiret) - B.P. 6009
45060 Orléans cedex 2, France
Tél. : (33) 38.64.34.34 - Télex : BRGM 780258 F - Télécopieur : (33) 38.64.35.18