

Canada

ENVIRONNEMENT CANADA
Service de l'environnement atmosphérique
Division des services scientifiques
Région du Québec



TD
890
K66
1996

3612075F

**ÉTUDE DE LA REPRODUCTIBILITÉ DE L'ÉCHANTILLONNAGE,
LA REPRÉSENTATIVITÉ DE LA STATION VILLEROY,
ET DE LA CAPACITÉ DES MOUSSES EN POLYURÉTHANNE
POUR RETENIR DES COMPOSÉS ORGANIQUES
EN PHASE VAPEUR
HIVER 1994**

Rapport préparé par

Bibliothèque
Environnement Canada - Région du Québec
1141 Rte de l'Église
C.P. 10,100
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4H5
CANADA

Jean-François Koprivnjak, Laurier Poissant, et Richard Matthieu

avril 1996



**LE PLAN VERT DU CANADA
CANADA'S GREEN PLAN**

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Liste des Tableaux.....	ii
Sommaire.....	1
1.0 Introduction.....	2
2.0 Méthode.....	2
2.1 Échantillonneurs HI-VOL	
2.2 Correction de la non-linéarité de la courbe de calibration (organiques)	
2.3 Procédures analytiques	
2.4 Traitement des données	
3.0 Résultats.....	5
3.1 Organiques	
3.1.1 Rapports des concentrations	
3.1.1.1 Phase particulaire	
3.1.1.2 Phase vapeur	
3.1.2 Phase particulaire + vapeur	
3.1.3 Corrélations avec les conditions météorologiques	
3.2 Inorganiques	
3.2.1 Corrélations avec les conditions météorologiques	
4.0 Discussion.....	10
4.1 Organiques	
4.1.1 Rapports des concentrations	
4.1.2 Corrélations avec les conditions météorologiques	
4.2 Inorganiques	
5.0 Conclusion.....	15
Bibliographie.....	16
Tableaux 1 à 14.....	17 à 31
Figures 1 et 2.....	32 à 33
Appendice A: Figures pour organiques - phase particulaire et vapeur	
Appendice B: Figures pour inorganiques	
Appendice C: Figures pour matière en suspension (MES)	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Valeurs de ΔH_2O et magnéhelic pour la courbe de calibration du HI-VOL B.

Tableau 2: Les volumes d'air échantillonnés par les HI-VOL sont divisés en groupes et les rapports des volumes sont calculés.

Tableau 3: MES_{UdeM} ($\mu g/m^3$) et concentrations de HAP (ng/m^3) de la phase particulaire.

Tableau 4: Concentrations (ng/m^3) de HAP et pesticides de la phase vapeur.

Tableau 5: Rapports de concentrations des HAP de la PHASE PARTICULAIRE (filtres) obtenues par les différents HI-VOL aux conditions spécifiées.

Tableau 6: Rapports de concentrations des HAP de la PHASE VAPEUR (PUF), obtenues par les différents HI-VOL, aux conditions spécifiées.

Tableau 7: Rapports de concentrations des pesticides de PHASE VAPEUR (PUF) obtenues par les différents HI-VOL aux conditions spécifiées.

Tableau 8: Sommaire des rapports de concentrations cumulées pour les HAP trouvés en phase particulaire et en phase vapeur (filtres + PUF).

Tableau 9: Corrélations ($N = 10$) entre les concentrations de contaminants dans les phases particulaires et vapeurs (trouvés sur le HI-VOL A au site principal), en incluant les paramètres météorologiques (température, vitesse des vents, direction des vents, pression atmosphérique).

Tableau 10: Concentrations en éléments traces inorganiques et cations (ng/m^3) et les MES_{Laval} ($\mu g/m^3$).

Tableau 11: Sommaire des rapports de concentrations d'éléments traces inorganiques et de cations majeurs des échantillons prélevés par deux HI-VOL: un situé au site principal (A) et l'autre au site radar (C).

Tableau 12: Corrélations entre les concentrations d'éléments traces et cations majeurs et les conditions météorologiques (température, direction des vents, vitesse des vents, pression atmosphérique).

Tableau 13: Pressions de vapeur de liquide ("subcooled") $p_{L,293}^{\circ}$ et volumes de percé à 20°C pour les HAP et les pesticides organo-chlorés.

Tableau 14: Volume d'échantillonnage pour les trois HI-VOL comparés aux volumes de percé pour le α -HCH et le HCB, calculés selon les périodes d'échantillonnage.

SOMMAIRE

Une étude portant sur le contrôle de qualité lors de l'échantillonnage a été entreprise à la station de qualité de l'air de Villeroy. La reproductibilité des échantillonneurs à grand volume (HI-VOL), la représentativité de la station, ainsi que l'efficacité des mousses en polyuréthane (PUF) pour capter et retenir les composés organiques en phase vapeur sont déterminés en fonction des conditions d'échantillonnage.

Pour les contaminants organiques en phase vapeur, on peut affirmer que les HI-VOL sont reproductibles, que la station est représentative de la région pour les pesticides et l'est moins pour les HAP (à cause du chauffage au bois dans la région), et qu'il n'y a pas de perte de HAP, ni de pesticides, à travers la mousse en polyuréthane (PUF) au volume d'air normalement utilisé (300 m³ par échantillon).

Pour les contaminants organiques de la phase particulaire (HAP seulement), l'échantillonnage à l'aide des HI-VOL est reproductible et il n'y a pas de perte de contaminants à travers le filtre à 300 m³ d'air. Toutefois, les HAP de la station principale sont moins représentatifs de la région durant l'hiver à cause du chauffage au bois à proximité du site.

La station est représentative de la région pour les éléments traces inorganiques présents dans la phase particulaire.

1.0 INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est de s'assurer de l'obtention de données de qualité pour le projet des toxiques aéroportés du Plan d'Action Saint-Laurent Vision 2000. Une campagne de mesure a été effectuée durant la période de janvier à avril 1994 afin de déterminer: a) si les échantillonneurs à grand volume (HI-VOL) sont reproductibles, b) si les contaminants sont retenus sans perte sur les filtres et mousses en polyuréthane (PUF), et c) si la station de Villerooy est représentative de la région et donc que les concentrations des contaminants mesurés ne sont pas affectées par des conditions locales. Les composés organiques (phase particulaire et phase vapeur), ainsi que les constituants inorganiques, font l'objet de la présente étude.

2.0 MÉTHODE

2.1 Échantillonneurs HI-VOL

Pour le volet des contaminants aéroportés de type organique, trois échantillonneurs HI-VOL ont été utilisés. Le train d'échantillonnage comprend premièrement un filtre, qui capte les particules, suivi d'une mousse en polyuréthane (PUF) servant à retenir les constituants volatils. Deux échantillonneurs sont localisés sur la plate-forme au site principal (HI-VOL A et B) de Villerooy et le troisième (HI-VOL C) sur une plate-forme mobile au site du radar d'Environnement Canada à 2 km à l'est du site principal (Figure 1).

L'échantillonneur A sur la plate-forme prélève un volume d'air, maintenu constant pour toute la période de l'étude, à environ 300 m³ d'air pour chaque échantillon de 24 heures. Le deuxième échantillonneur du site principal, désigné B, est ajusté de façon à évaluer différents volumes de collecte. Ce dernier prélève des volumes variant entre 114 et 367 m³ d'air. Le troisième échantillonneur, situé à la station de radar et désigné C, prélève aussi un volume constant de 300 m³ d'air par échantillon afin de permettre une comparaison des deux sites.

Pour les éléments traces, deux échantillonneurs HI-VOL ont été utilisés. La surface de collecte est uniquement constituée d'un filtre afin de capter les particules en suspension dans l'air. Au site principal il y avait un de ces échantillonneurs, désigné A, et l'autre échantillonneur, désigné C, était situé sur une plate-forme mobile au site du radar. Les deux échantillonneurs sont ajustés à un débit d'environ 1500 m³ d'air pour chaque échantillon de 24 heures.

2.2 Correction de la non-linéarité de la courbe de calibration (organiques)

Durant cette étude le volume d'air échantillonné par le HI-VOL B est ajusté soit à 114 m³, 300 m³, ou ≈ 350 m³ par échantillon afin de déterminer l'influence du volume de pompage sur les concentrations retrouvées sur les filtres et les mousses (PUF). Les volumes de collecte sont calculés à partir des paramètres provenant de la courbe de calibration du volume d'air échantillonné par unité de temps (Q_a en m³/minute) en fonction de l'ajustement de la jauge magnéhelic (I_c corrigé en fonction de la température et de la pression), traitée selon une régression des moindres carrés. Le facteur de correction de I provient de la mesure de la hauteur de la colonne d'eau (ΔH_2O) du manomètre de référence. I_c et Q_a sont calculés:

$$I_c = I(T_a/P_a)^{1/2}$$

$$Q_a = ((\Delta H_2O(T_a/P_a))^{1/2} + 0.01379)/6.01132$$

L'intervalle de la courbe de calibration normalement utilisée comprend des valeurs de I entre 30 et 80 (Tableau 1) puisque c'est l'intervalle la plus linéaire. En général, un ajustement du I de 35 unités de magnéhelic permet d'avoir un débit d'air d'environ 300 m³ par jour. Toutefois, au cours de cette étude, l'ajustement du I pour le HI-VOL B a varié entre 5 et 65 et donc une courbe incluant cet intervalle de valeurs est nécessaire. La courbe de calibration incluant I entre 0 et 100 ($I_c = 0$ à 63) n'est pas tout à fait linéaire, tel que le confirme les résiduels de la régression (Figure 2). L'erreur sur le volume collecté peut être importante aux deux extrémités de la courbe (domaines que l'étude vise justement à examiner).

Afin de minimiser l'erreur de volume d'échantillonnage calculé, la courbe de calibration ($I = 0$ à 100 ou $I_c = 0$ à 63) est subdivisée selon les 3 domaines caractéristiques de la courbe. Trois nouvelles courbes sont obtenues. Les équations de la courbe entière ainsi que les trois subdivisions de cette courbe sont:

$$Q_a = 0.004215 (I_c) + 0.084846 \quad (I_c = 0 \text{ à } 63, \text{ entière})$$

$$Q_a = 0.013033 (I_c) + 0.016076 \quad (I_c < 10)$$

$$Q_a = 3.3667 \times 10^{-3} (I_c) + 0.1284 \quad (I_c = 18 \text{ à } 50; \text{ normale})$$

$$Q_a = 2.0933 \times 10^{-3} (I_c) + 0.18668 \quad (I_c > 50)$$

Selon que l'on utilise l'une ou l'autre des deux premières équations de régressions, quand le magnéhelic (I_c) indique 5, le débit d'air Q_a est soit égale à 153 m³/jour ou 117 m³/jour, respectivement. Ainsi l'utilisation de la courbe 'entière' ($I_c = 0$ à 63) peut résulter en une sur-estimation du volume collecté de l'ordre de 1.31 ((153 m³/jour) / (117 m³/jour)). Les concentrations qui utilisent le volume de collecte basé sur la courbe 'entière' quand $I_c = 5$ sont sous-estimées puisque ce volume d'air est surestimé. Par exemple, on doit corriger les concentrations par un facteur de 1.31 pour les échantillons 123, 130, et 133 (i.e. quand le volume d'air échantillonné est inférieur à 0.189 m³/min (272 m³/jour)).

Il y a équivalence du volume d'air, calculé à partir des différentes courbes, dans un intervalle restreint de I . En effet, quand $I_c = 41$ ($I = 65$) $Q_a = 371$ m³/jour selon la courbe entière ($I_c = 0$ à 63) et $Q_a = 384$ m³/jour selon la partie de la courbe où $I_c = 36$ à 50. Alors dans ce domaine, la courbe 'entière' est aussi convenable pour calculer les volumes que la courbe spécifique à ce domaine.

2.3 Procédures analytiques

Les protocoles analytiques de laboratoire sont ceux décrits par El Khoury et Bertrand (1991) pour les organiques et Barbeau et al. (1991) pour les inorganiques.

2.4 Traitement des données

Les volumes d'air (m³) de chaque HI-VOL pour chaque échantillon (regroupés selon les débits d'air) sont présentés dans le Tableau 2. Il n'y a pas de différence significative entre les débits des HI-VOL A et C.

Seules les composés ayant une fréquence de détection supérieure à 70% ont été retenus. Pour les organiques, la limite de détection absolue de la méthode est de 1.0 ng par analyte. Étant donné que le volume d'air échantillonné est approximativement 300 m³ par échantillon, la limite de détection est 0.0033 ng/m³. Pour les besoins des calculs, une valeur correspondant à la demie de la limite de détection est prise comme étant la valeur approximative pour les composés non-détectés. Cette valeur est égale à 0.0017 ng/m³.

Pour les composés inorganiques, on utilise la moitié de la limite de détection analytique calculée. Cette valeur est différente pour chaque composé et est calculée à partir de la variabilité analytique moyenne de l'année au laboratoire.

Les résultats sont analysés en prenant les rapports des concentrations entre les échantillons provenant des divers collecteurs HI-VOL. Sachant que l'erreur généralement associée à chaque mesure expérimentale est estimée à 15%, "l'intervalle d'erreur" maximum pour le rapport de deux concentrations est $0.85/1.15$ à $1.15/0.85 = 0.74$ à 1.35 . Ainsi un rapport compris dans cet 'intervalle acceptable' peut être considéré *a priori* comme acceptable pour qualifier des résultats de 'similaires'. De plus, pour indiquer la précision des résultats, le calcul du coefficient de variation ((déviations standard de B/A)*100 / (moyenne de B/A)) est utilisé et celui-ci est calculé pour chacun des composés de tous les échantillons de cette étude. Par la suite, la moyenne et le coefficient de variation de ces rapports de concentration sont calculés.

3.0 RÉSULTATS

3.1 ORGANIQUES

Sur les PUF (i.e., phase vapeur), en plus des HAP (phénanthrène, anthracène, fluoranthène, et pyrène), on retrouve certains pesticides organo-chlorés (α -HCH, lindane, HCB, et DDE) en quantités importantes. De tous les contaminants organiques ciblés, il n'y a que les HAP qui se retrouvent en quantités importantes sur les filtres (i.e. phase particulaire).

Les concentrations des composés trouvés en phase particulaire (HAP) et vapeur (HAP et pesticides), sont présentées aux Tableaux 3 et 4 ainsi qu'aux figures de l'appendice A et l'appendice C pour les MES_{UdeM}.

3.1.1 Rapports des concentrations

A l'aide des rapports de concentrations de chacun des composés, on peut isoler les variations qui sont spécifiques aux paramètres fixés pour les deux échantillonneurs comparés. Les résultats obtenus (concentrations, rapport de concentrations et coefficient de variation) pour chacun des constituants sont présentés et commentés selon la phase dans laquelle ils sont retrouvés (phase particulaire ou vapeur).

3.1.1.1 Phase particulaire

Lorsque les deux HI-VOL côte-à-côte échantillonnent le même volume d'air ($B = A$), les MES_{UdeM} donnent des concentrations égales (Tableau 5). Toutefois le rapport de concentration (B/A) est significativement plus élevés que 1.00 lorsque le volume d'échantillonnage du HI-VOL B est plus petit que le volume d'échantillonnage du HI-VOL A ($B < A$; $B/A = 3.04$), mais on ne note pas de différence lorsque c'est le volume du HI-VOL B qui est supérieur ($B > A$; $B/A = 0.82$). Concernant le site voisin (station radar, HI-VOL C), la concentration de MES_{UdeM} est similaire entre les sites (rapport $C/A = 0.86$).

Seulement les HAP ont été mesurés de façon significative dans la phase particulaire. Lorsque les volumes d'échantillonnage des deux HI-VOL sont égaux ($A=B$), les rapports pour le phénanthrène, le fluoranthène, et le pyrène indiquent une reproductibilité des concentrations entre ces deux HI-VOL. Pour l'anthracène la tendance semble plus faible que les autres HAP mais est acceptable. Il est évident qu'il y a un problème avec l'analyse de B(a)P puisque les coefficients de variation du B(a)P sont beaucoup plus élevés que pour les autres HAP.

Lorsque le volume d'échantillonnage du HI-VOL B est inférieur à celui du HI-VOL A ($B < A$), il n'y a pas d'évidence d'une perte de HAP (300 m^3 d'air échantillonné) puisque les rapports B/A ne sont pas significativement différents de 1.00 pour le phénanthrène et l'anthracène et qu'ils sont même significativement inférieurs à 1.00 pour le fluoranthène et le pyrène. Dans le cas où le volume d'échantillonnage est supérieur à 300 m^3 d'air (volume d'échantillonnage de B plus élevé que le volume d'échantillonnage de A; $B > A$), il n'y a pas d'évidence non plus d'une perte de HAP.

Au site voisin (station radar, HI-VOL C), à l'exception du B(a)P, tous les HAP ont des concentrations inférieures à celles trouvées au site principal. Les rapports de concentrations (C/A) sont tous significativement inférieurs à 1.00.

3.1.1.2 Phase vapeur

Pour les quatre HAP quantifiables en phase vapeur, lorsque le volume d'air échantillonné est égal, les concentrations sont reproductibles entre les HI-VOL (condition $B = A$; Tableau 6). Lorsque le volume d'échantillonnage du HI-VOL B est plus petit que le volume d'échantillonnage du HI-VOL A ($B < A$), les concentrations retrouvées sur le HI-VOL B sont plus grandes que

celles du HI-VOL A. Aux volumes d'échantillonnage supérieurs à 300 m^3 d'air ($B > A$), il n'y a pas de différence entre ces concentrations pour les deux HI-VOL.

Au site voisin (station radar, HI-VOL C), les concentrations de phénanthrène et d'anthracène sont inférieures à celles trouvées au site principal (condition $C = A$). Il n'y a pas de différence pour les concentrations de fluoranthène et de pyrène entre ces sites.

Dans le cas des pesticides (Tableau 7), les rapports de concentrations sont similaires lorsque le volume d'échantillonnage est le même ($B = A$). Si le HI-VOL B échantillonne à un volume inférieur à 300 m^3 ($B < A$), les concentrations retrouvées sur le HI-VOL B sont plus élevées que celles du HI-VOL A et les rapports sont alors supérieurs à 'l'intervalle acceptable', exception faite du α -HCH. Aux volumes d'échantillonnage supérieurs à 300 m^3 d'air ($B > A$) il n'y a pas de différence entre les concentrations des deux HI-VOL. De plus les concentrations pour tous les pesticides sont comparables entre les deux sites (condition $C = A$).

3.1.2 Phase particulaire + vapeur

Le système d'échantillonnage (filtre suivi d'un PUF) utilisé ici est sujet à la variation de certaines conditions qui peuvent affecter la répartition des contaminants entre les phases particulaires et vapeurs. En effet, certains contaminants captés avec les particules sur le filtre, peuvent se volatiliser à cause des courants d'air et se retrouver au niveau de la mousse (PUF). Les filtres en fibre de verre peuvent aussi adsorber des vapeurs de gaz. Finalement il peut y avoir des contaminants en phase vapeur qui réussissent à traverser le PUF sans être fixés (Pankow, 1989; Poissant et Koprivnjak, 1996).

Compte tenu de ces processus, les concentrations des HAP dans les deux phases ont été cumulées ainsi que les rapports des concentrations pour les échantillons des deux HI-VOL (Tableau 8). Les conclusions concernant l'influence du volume collecté sont généralement les mêmes à l'exception du B(a)P, composé pour lequel on suspectait déjà des problèmes analytiques. Les résultats des autres HAP indiquent que les HI-VOL sont reproductibles, qu'il n'y a pas de perte de HAP à des volumes supérieurs à 300 m^3 ($B > A$). Par contre, si le HI-VOL échantillonne à un volume inférieur à 300 m^3 ($B < A$) les concentrations retrouvées sur le HI-VOL B sont plus élevées que celles du HI-VOL A et les rapports sont alors supérieurs à

'l'intervalle acceptable', à l'exception de B(a)P. Les concentrations de plusieurs HAP au site principal sont plus élevées qu'au site radar.

3.1.3 Corrélations avec les conditions météorologiques

À l'exception de B(a)P tous les HAP trouvés dans la phase particulaire sont fortement influencés par la température (corrélation négative) et par la pression atmosphérique (corrélation positive) (Tableau 9). Il n'y a pas de corrélation significative avec la vitesse et la direction des vents. Dans la phase vapeur, ce sont les pesticides α -HCH, lindane, et DDE qui présentent une forte relation avec la température (corrélation positive). Le DDE est aussi corrélé avec la vitesse des vents et le lindane avec la MES_{UdeM} .

3.2 INORGANIQUES

Pour les composés inorganiques, seulement les échantillons du site voisin (station radar, HI-VOL C) et celui du site principal (HI-VOL A) ont été comparés.

Les concentrations de tous les constituants inorganiques mesurés sont présentées dans le Tableau 10 et aux figures de l'appendice B et l'appendice C pour les MES_{Laval} . En assumant le même 'intervalle acceptable' basé sur une erreur de 15% inhérente aux déterminations analytiques, on note que les concentrations de MES_{Laval} (matière en suspension), Al, Cd, Mn, Pb, Zn, et K^+ sont comparables entre les sites (Tableau 11). Pour tous les autres éléments (Cu, Se, Ca^{2+} , et Mg^{2+}) les concentrations sont significativement plus élevées au site voisin (C/A significativement plus large que 1.00) et indiquent un enrichissement de ces derniers au site radar.

Les concentrations en Cu au site radar sont supérieures pour l'ensemble des échantillons, et présentent une concentration moyenne de 1.8 fois supérieures à celles du site principal. Les concentrations moyenne de Se au site de radar sont plus élevées (jusqu'à 3 fois plus élevées, principalement causé par un des six échantillons). Les concentrations moyennes de Calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) au site radar sont de deux à trois fois supérieures à celles du site principal.

3.2.1 Corrélations avec les conditions météorologiques

Aux deux sites, quelques corrélations entre les concentrations d'éléments traces et les paramètres météorologiques semblent significatives ($p < 0.05$) mais ce ne sont pas les mêmes aux deux sites (Tableau 12). La seule corrélation significative s'appliquant aux deux sites est entre la MES_{Laval} et Zn. Il n'y a pas de corrélation significative avec la vitesse et la direction des vents.

4.0 DISCUSSION

4.1 ORGANIQUES

4.1.1 Rapports des concentrations

Selon les rapports des concentrations trouvées sur les deux HI-VOL (C/A), les concentrations des HAP mesurées en phase particulaire ne sont pas comparables entre les sites. Les concentrations de tous les HAP sont supérieures au site principal à l'exception du B(a)P pour lequel on soupçonne un problème analytique. Une source potentielle de HAP semble présente à proximité du site principal durant l'hiver. Le chauffage au bois résidentiel pourrait être la cause puisque l'effet remarqué au site principal ne se reproduit pas au site radar, site situé loin de toutes habitations, et que cet accroissement de concentration n'est pas remarqué pour les pesticides en phase vapeur (concentrations similaires entre les sites).

En phase vapeur les concentrations de phénanthrène et anthracène sont plus élevées au site principal et les concentrations de fluoranthène et de pyrène sont égales entre les sites mais leurs rapports indiquent une tendance vers des concentrations supérieures au site principal.

Les concentrations de HCB, de lindane, de DDE, et les HAP en phase vapeur sont supérieures lorsque le volume collecté est inférieur au volume de référence (300 m^3 , $B < A$), alors qu'il n'y a pas de différence notable entre les concentrations lorsque le volume est supérieur à 300 m^3 ($B > A$). L' α -HCH fait toutefois exception.

Selon ces observations, on peut supposer qu'il y a une perte de contaminants qui réussissent à passer le train d'échantillonnage sans être captés quand le volume échantillonné est 300 m^3 . En contrepartie, on note premièrement qu'en phase vapeur, aux Tableaux 6 et 7, les coefficients de variation sont relativement plus élevés pour les HAP et pesticides quand B échantillonne 114 m^3 d'air (i.e., $B < A$) comparés au cas où les deux HI-VOL échantillonnent le même volume d'air ($B = A$). Quand le volume d'échantillonnage est réduit, la quantité de contaminants adsorbés sur la mousse diminue et approche la teneur de la limite de détection de la méthode d'analyse. L'erreur de l'analyse devient supérieure aux 15% 'habituelle' (phénomène confirmé par l'accroissement du coefficient de variation). L' 'intervalle acceptable' devenant plus grand alors le rapport de B/A significativement supérieur à 1.35 n'est plus nécessairement une

indication de la perte de contaminants à travers le PUF. (Dans le cas de la MES_{UdeM} la raison pour ce biais à la condition de $B < A$ est probablement une imprécision de mesure à la faible quantité de MES trouvées sur les filtres du HI-VOL B. On remarque d'ailleurs un léger accroissement du coefficient de variation (Tableau 5)).

Deuxièmement, il est reconnu que le taux de recouvrement d'une méthode analytique varie en fonction de la concentration du contaminant (Cyr, 1995). Ainsi il y a une diminution commune de concentration et de recouvrement. Ce phénomène soutient l'observation du biais systématique des rapports B/A quand $B < A$ (Tableaux 6 et 7).

Troisièmement, une perte des contaminants à 300 m³ d'air n'est pas supporté par la théorie. Pankow (1989) a développé une équation pour déterminer le volume de rétention pour les constituants volatils par le PUF à 293 K pour les pesticides organo-chlorés:

$$\log V_{g,293} = -1.059 \log p_{L,293}^o - 1.764 \quad (R^2 = 0.95)$$

et pour les HAP:

$$\log V_{g,293} = -1.195 \log p_{L,293}^o - 1.884 \quad (R^2 = 0.989)$$

où $V_{g,293}$ est le volume de rétention des constituants volatils par gramme de PUF (m³/g) à 293 K, et $p_{L,293}^o$ est la pression de vapeur du liquide ("subcooled") en torr (1 torr = 1 mm Hg).

Selon la courbe de régression, le volume de rétention théorique du α -HCH, par exemple, à la pression de vapeur du liquide $p_{L,293}^o = 0.073$ Pa (5.48×10^{-4} torr) (Suntio et al., 1988), sachant que les dimensions d'une mousse de PUF sont de 8 cm (longueur) par 6 cm (largeur) et en assumant une densité uniforme du PUF de 0.022 g/cm³ (le PUF pèse 4.98 g), est $V_g = 48.98$ m³/g de PUF. À 293 K (20 °C), le volume de rétention limite (volume de percé) de α -HCH sur le PUF est donc de $48.98 \text{ m}^3/\text{g} \times 4.98 \text{ g} = 244 \text{ m}^3$. En tenant compte que le volume de percé théorique est le volume d'air requis pour passer 50% du contaminant à travers le PUF, on peut conclure qu'à 20°C on ne prévoie pas de perte d'une fraction du α -HCH adsorber par la mousse à un volume d'échantillonnage de 122 m³ (50% de 244 m³) d'air.

Noter que cette valeur du volume de rétention calculé est sensible à la valeur de $p_{L,293}^0$ disponible. La pression rapportée par Pankow provient de différentes études dont celle de Suntio et al. (1988). On doit donc demeurer critique concernant l'erreur inhérente à la valeur exacte du volume de percé calculé à partir de ces pressions et de l'équation de Pankow.

Dans le Tableau 13 sont regroupées les valeurs de $p_{L,293}^0$ et les volumes de percé calculés à 20°C pour les HAP et les pesticides organo-chlorés. Noter que Pankow n'a pas développé d'équation du volume de rétention pour les BPC. On peut présumer, à partir des résultats compilés, qu'il y a seulement le α -HCH et le HCB qui pourrait être affectés par du "breakthrough" à 20°C. Sachant que le volume de percé calculé augmente lorsque la température diminue (Pankow 1989) et comme la température, lors de cette période d'étude, s'est maintenue inférieure à 20°C (température moyenne = -9°C), ces conditions minimisent le risque de perte causé par le "breakthrough". Toutefois pour ces composés qui sont sujets au "breakthrough" (α -HCH et HCB), il sera important de calculer le volume de percé pour toutes les températures existantes lors des périodes régulières d'échantillonnage.

Ce calcul est permis à l'aide de la formule de Pankow (1989) où le volume de rétention V_g , à température T_2 , peut être calculé à partir d'un V_g obtenu à une autre température ($T_1 = 293$ K dans ce cas) en utilisant l'équation:

$$\log \frac{V_{g,T2}/T_2}{V_{g,T1}/T_1} = \frac{\Delta H_s}{2.303R} \frac{T_1 - T_2}{(T_1)(T_2)}$$

où R est la constante des gaz (0.00199 kcal/mol) et ΔH_s (l'enthalpie de désorption en kcal/mol) est assumée d'être approximativement constante pour la gamme de température étudiée.

Les enthalpies de désorption n'étant pas disponibles directement, il est possible de les calculer, pour les composés d'intérêt, en utilisant les valeurs présentées par Hinckley et al. (1990). Il suffit de multiplier la valeur des pentes (B_L) rapporté dans le Tableau 7 (dans l'article de Hinckley et al., 1990) par $2.303R = 0.00458$ kcal/mol pour obtenir l'enthalpie de vaporisation. Pankow (1989) ayant déterminé que la différence entre l'enthalpie de désorption d'un PUF et l'enthalpie de vaporisation du composé pur pour les HAP et les pesticides organo-

chlorés est de 6 kcal/mol, l'enthalpie de désorption est ainsi obtenue ($\Delta H_s = Q_v + 6 \text{ kcal/mol}$). Les valeurs de ΔH_s (enthalpie de désorption) calculées sont ensuite utilisées pour calculer les volumes de percé du α -HCH et du HCB selon les conditions prévalantes lors des périodes d'échantillonnage (Tableau 14).

Il est reconnu qu'il ne devrait pas avoir de perte à un volume de 50% du volume de percé. En utilisant ce critère, un contaminant ayant un volume de percé inférieur à 600 m³ peut potentiellement être sujet à une perte ("breakthrough"), étant donné que le volume 'habituel' d'échantillonnage est de 300 m³. Selon ces critères, pour notre étude il peut y avoir une faible perte de α -HCH pour l'échantillon 134 des deux échantillonneurs. Dans le cas de HCB, il y a possiblement des faibles pertes de ce composé (au PUF) pour les échantillons 125 et 131 et des pertes plus importantes pour les échantillons 130 et 134. Parmi ces échantillons affectés par le volume d'échantillonnage, il n'y a que l'échantillon 130 pour lequel le volume de B est plus petit que le volume de A.

Selon la théorie, on peut donc conclure qu'à l'exception de HCB pour deux échantillons il ne devrait pas avoir de pertes significatives de HAP, ni de pesticides, lorsque le volume d'échantillonnage est de 300 m³ d'air par échantillon (volume 'habituel').

4.1.2 Corrélations des concentrations avec les conditions météorologiques

Étant donné que cette étude s'est déroulée durant l'hiver dans une région où il y a une forte utilisation de bois pour le chauffage résidentiel, les corrélations négatives entre les concentrations de HAP en phase particulaire et la température sont prévisibles. La relation entre tous les pesticides (phase vapeur), à l'exception du HCB, et la température (corrélations positives) indique que ces composés peuvent être sujets à des phénomènes de déposition/volatilisation dépendant de la température. La direction des vents et la vitesse des vents n'ont pas d'effets sur les concentrations des HAP ni les pesticides, à l'exception de DDE qui a une corrélation positive avec la vitesse des vents.

4.2 INORGANIQUES

Selon les rapports des concentrations les matières en suspension, Al, Cd, Mn, Pb, Zn, et K⁺ sont comparables entre les sites. Les concentrations de Cu, Se, Ca²⁺, et Mg²⁺ sont toutefois

supérieures au site de radar. Dans le cas de cuivre, cet enrichissement est suspecté provenir de l'installation radar elle-même. Le coefficient de variation élevé pour le Se indique soit un problème analytique ou une source locale intermittente dont l'origine n'est pas connue. Pour le calcium et le magnésium, la station radar étant plus près de la route que la station principale ainsi que l'autre bord de la route où les vents prédominants traverse la route avant d'atteindre le site radar, elle peut être sous l'influence des produits pour déglacer les routes (sel, sable). Ceci expliquerait les concentrations supérieures de Ca^{2+} et Mg^{2+} à la station du radar.

Il ressort de ces moyennes des rapports de concentrations que le site principal est suffisamment représentatif de la région. Les concentrations de Cu, Se, Ca^{2+} , et Mg^{2+} retrouvés au site principal sont sûrement plus comparable aux concentrations régionales puisque celles du site radar sont supérieures, indiquant un enrichissement au site radar.

5.0 CONCLUSION

La représentativité régionale des échantillons prélevés au site de Villeroy a été déterminée en comparant les teneurs atmosphériques des constituants organiques et inorganiques aux deux sites. Afin de s'assurer d'obtenir des données de qualité la reproductibilité des échantillonneurs à grand volume (HI-VOL) et l'efficacité des mousses en polyuréthane (PUF) à capter les constituants volatils en fonction des différents volumes d'air ont aussi été vérifiés.

Les HI-VOL fournissent des échantillons de concentrations reproductibles pour les contaminants organiques (HAP et pesticides organo-chlorés) dans la phase vapeur. La station est représentative de la région pour les pesticides mais pas pour les HAP phénanthrène et anthracène à cause du chauffage à bois résidentiel dans la région qui affecte la station principale et non la station radar. À l'exception de HCB pour deux échantillons, il n'y a pas une perte significative de contaminants en phase vapeur à travers le PUF à la condition hivernal prévalant lors de cette étude.

Pour les HAP dans la phase particulaire, les échantillonneurs sont reproductibles et il n'y a pas de perte de HAP à travers le filtre au volume d'air utilisé. Toutefois une source locale (chauffage au bois) rend la station moins représentative de la région en hiver.

Le site principal est aussi représentatif de la région en ce qui concerne les éléments traces inorganiques et les cations majeurs.

Finalement, les résultats de cette étude, en accord avec les modèles théoriques de volume de percé, ne montrent aucune évidence de perte. L'étude s'était déroulée en période hivernale. Une seconde étude portant sur le volume de percé en période estivale complètera l'information relative au phénomène de perçage.

BIBLIOGRAPHIE

Barbeau C, Turcotte J, Fraser E, et Paré S 1991. Échantillonnage et analyse des composés inorganiques toxiques aéroportés (bassin hydrographique du fleuve Saint-Laurent), Département de Chimie, Université Laval, 58 p.

Cyr M 1995. Système de quantification de la contribution atmosphérique à la contamination du fleuve Saint-Laurent. Mémoire de maîtrise, Université de Montréal, 105p + annexes.

El Khoury M et Bertrand MJ 1991. Apport atmosphérique de certains composés organiques toxiques dans la composition chimique du fleuve Saint-Laurent et quelques-uns de ses tributaires - Protocole d'échantillonnage et d'analyse, Département de Chimie, Université de Montréal, 42 p.

Hinckley DA, Bidleman TF, Foreman WT et Tuschall JR 1990. Determination of vapor pressures for nonpolar and semipolar organic compounds from gas chromatographic retention data. J. Chem. Eng. Data 35:232-237.

Pankow JF 1989. Overview of the gas phase retention volume behavior of organic compounds on polyurethane foam. Atmos. Env. 5:1107-1111.

Poissant L et Koprivnjak JF 1996. Fate and atmospheric concentrations of α - and γ -hexachlorocyclohexane in Québec, Canada. Environ. Sci. and Technol. 30:845-851.

Suntio LR, Shiu WY, Mackay D, Seiber JN, et Glotfelty D. 1988. Critical review of Henry's Law constants for pesticides. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 103:1-59.

Tremblay J et Servranckx R. 1992. Substances toxiques aéroportées. Station d'échantillonnage de Ste-Françoise (Villeroy): description du site et des aspects météorologiques. Services scientifiques, Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada.

Tableau 1: Valeurs de ΔH_2O et magnéhelic pour la courbe de calibration du HI-VOL B.

ΔH_2O (cm d'eau)	Magnéhelic (I)	Magnéhelic corrigé (I _c)	Q _a (m ³ /min)
9.2	100	62.6	0.318
8.8	95	59.4	0.311
8.4	90	56.3	0.304
8.1	85	53.2	0.298
7.7	80	50.0	0.291
7.3	75	46.9	0.283
6.9	70	43.8	0.276
6.5	65	40.7	0.268
6.1	60	37.5	0.259
5.6	55	34.4	0.249
5.1	50	31.3	0.237
4.6	45	28.2	0.225
4.1	40	25.0	0.213
3.6	35	21.9	0.200
3.1	30	18.8	0.189
2.6	25	15.6	0.170
2.1	20	12.5	0.153
1.5	15	9.38	0.130
0.9	10	6.26	0.101
0.5	5	3.13	0.0759
0.0	0	0	0.00229

* Magnéhelic corrigé = $I_c = I(\sqrt{T/P})$; I est la valeur du magnéhelic, T est la température ambiante (K), et P est la pression atmosphérique (mm Hg).

Tableau 2: Les volumes d'air échantillonnés par les HI-VOL sont divisés en groupes et les rapports des volumes sont calculés. Le numéro d'échantillon est le même pour tous les HI-VOL.

Débit/ échant.			Rapport volumes B/A	Moyenne B/A	Coeff. de variation %
B = A	HI-VOL A	HI-VOL B			
122	290	297	1.02		
125	290	291	1.00		
132	316	298	0.94		
134	317	337	1.06		
				1.01	5%
B < A					
123	296	114	0.39		
130	299	114	0.38		
133	323	115	0.36		
				0.38	4%
B > A					
121	292	362	1.24		
124	299	367	1.23		
131	300	333	1.11		
				1.19	6%
C = A		HI-VOL C	C/A		
121	292	287	0.98		
122	290	291	1.00		
123	296	297	1.00		
124	299	297	0.99		
				0.99	1%

Tableau 3: MES_{UdeM} (µg/m³) et concentrations de HAP (ng/m³) de la phase particulaire.

Composé	A < B			A > B			A = B			A = C		
	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B
Phénanthrène	121	7.97	4.497	123	1.4	1.546	122	4.987	1.494	121	7.97	1.515
Anthracène		0.832	0.445		0.085	0.08		0.412	0.066		0.832	0.066
Fluoranthène		7.899	4.397		1.712	1.915		4.625	3.921		7.899	3.329
Pyrène		6.876	3.499		1.436	1.495		4.102	2.738		6.876	2.125
B(a)P		0.001	0.001		0.015	0.002		0.342	0.34		0.001	0.679
Phénanthrène	124	0.199	0.238	130	0.044	0.03	125	0.15	0.155	122	4.987	1.172
Anthracène		0.006	0.007		0.005	0.009		0.005	0.004		0.412	0.04
Fluoranthène		0.345	0.404		0.099	0.056		0.305	0.347		4.625	2.949
Pyrène		0.265	0.296		0.077	0.044		0.23	0.27		4.102	1.965
B(a)P		0.033	0.278		0.033	0.044		0.345	0.001		0.342	0.344
Phénanthrène	131	0.036	0.05	133	0.317	0.124	132	0.12	0.085	123	1.4	1.224
Anthracène		0.004	0.004		0.012	0.011		0.006	0.005		0.085	0.067
Fluoranthène		0.216	0.291		1.339	0.383		0.237	0.175		1.712	1.468
Pyrène		0.222	0.285		1.478	0.489		0.196	0.146		1.436	1.231
B(a)P		0.127	0.138		0.347	0.2		0.073	0.064		0.015	0.001
Phénanthrène		-	-		-	-	134	0.059	0.059	124	0.199	0.219
Anthracène		-	-		-	-		0.005	0.005		0.006	0.007
Fluoranthène		-	-		-	-		0.116	0.128		0.345	0.303
Pyrène		-	-		-	-		0.118	0.135		0.265	0.23
B(a)P		-	-		-	-		0.001	0.178		0.033	0.329
MES _{UdeM}	121	12	15	123	9	22	122	21	26	121	12	10
	124	13	10	130	9	47	125	28	37	122	21	10
	131	11	5	133	25	36	132	35	34	123	9	13
							134	30	35	124	13	9

Tableau 4: Concentrations (ng/m³) de HAP et pesticides de la phase vapeur.

Composé	A < B			A > B			A = B			A = C		
	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B
Phénanthrène	121	2.992	1.993	123	1.784	2.192	122	4.997	6.505	121	2.992	0.99
Anthracène		0.034	0.021		0.02	0.025		0.086	0.153		0.034	0.007
Fluoranthène		0.396	0.104		0.356	0.448		1.066	1.52		0.396	0.077
Pyrène		0.129	0.042		0.088	0.112		0.344	0.523		0.129	0.024
Phénanthrène	124	4.716	4.882	130	1.468	8.414	125	3.007	3.268	122	4.997	2.898
Anthracène		0.033	0.042		0.133	0.779		0.043	0.048		0.086	0.033
Fluoranthène		0.753	0.908		0.486	2.603		0.822	1.047		1.066	0.974
Pyrène		0.293	0.336		0.319	1.676		0.241	0.327		0.344	0.318
Phénanthrène	131	4.559	5.945	133	3.254	2.845	132	3.83	4.247	123	1.784	1.366
Anthracène		0.244	0.324		0.091	0.039		0.295	0.314		0.02	0.018
Fluoranthène		1.537	1.736		1.64	1.301		1.233	1.379		0.356	0.367
Pyrène		1.028	1.113		0.994	0.961		0.855	0.942		0.088	0.084
Phénanthrène	-	-	-	-	-	-	134	3.475	4.212	124	4.716	4.72
Anthracène	-	-	-	-	-	-		0.123	0.158		0.033	0.033
Fluoranthène	-	-	-	-	-	-		1.501	1.604		0.753	0.78
Pyrène	-	-	-	-	-	-		1.104	1.176		0.293	0.265

Tableau 4: Suite

Composé	A < B			A > B			A = B			A = C		
	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B	no. échant.	HI-VOL A	HI-VOL B
α-HCH	121	0.021	0.017	123	0.02	0.02	122	0.037	0.042	121	0.021	0.015
HCB		0.04	0.034		0.039	0.047		0.065	0.086		0.04	0.026
Lindane		0.001	0.001		0.001	0.002		0.001	0.001		-	-
DDE		0.001	0.001		0.001	0.002		0.001	0.002		0.001	0.001
α-HCH	124	0.098	0.096	130	0.117	0.135	125	0.156	0.154	122	0.037	0.034
HCB		0.088	0.109		0.086	0.4		0.087	0.08		0.065	0.049
Lindane		0.011	0.015		0.013	0.015		0.032	0.029		-	-
DDE		0.002	0.002		0.004	0.007		0.005	0.005		0.001	0.001
α-HCH	131	0.119	0.132	133	0.1	0.13	132	0.135	0.135	123	0.02	0.024
HCB		0.745	0.089		1.797	0.95		0.075	0.078		0.039	0.037
Lindane		0.016	0.021		0.019	0.078		0.031	0.025		-	-
DDE		0.004	0.004		0.002	0.161		0.005	0.005		0.001	0.002
α-HCH	-	-	-	-	-	-	134	0.135	0.138	124	0.098	0.112
HCB		-	-		-	-		0.077	0.084		0.088	0.112
Lindane		-	-		-	-		0.036	0.029		-	0.013
DDE		-	-		-	-		0.021	0.022		0.002	0.002

Tableau 5: Rapports de concentrations des HAP de la PHASE PARTICULAIRE (filtres) obtenues par les différents HI-VOL aux conditions spécifiées. MES_{UdeM} indique les matières en suspension. Acceptable si le rapport est entre 0.74 à 1.35.

Condition	#	Rapport	Coefficient	Reproductible
B = A	obs	B/A	de variation %	*
Phénanthrène	4	0.76	45	*
Anthracène	4	0.70	53	
Fluoranthène	4	0.96	20	*
Pyrène	4	0.93	28	*
B(a)P	4	45	197	
MES_{UdeM}	4	1.17	13	*
B > A				
Phénanthrène	3	1.05	41	*
Anthracène	3	0.90	36	*
Fluoranthène	3	1.02	40	*
Pyrène	3	0.97	42	*
B(a)P	3	3.50	122	
MES_{UdeM}	3	0.82	49	*
B < A				
Phénanthrène	3	0.72	49	*
Anthracène	3	1.22	41	*
Fluoranthène	3	0.66	64	
Pyrène	3	0.65	56	
B(a)P	3	0.68	89	
MES_{UdeM}	3	3.04	65	
C = A		C/A		
Phénanthrène	4	0.60	76	
Anthracène	4	0.54	100	
Fluoranthène	4	0.70	31	
Pyrène	4	0.63	44	
B(a)P	4	173	96	
MES_{UdeM}	4	0.86	48	*

Tableau 6: Rapports de concentrations des HAP de la PHASE VAPEUR (PUF) obtenus par les différents HI-VOL aux conditions spécifiées. Acceptable si le rapport est entre 0.74 à 1.35.

Condition	# obs	Rapport B/A	Coefficient de variation %	Reproductible
B = A				*
Phénanthrène	4	1.18	8	*
Anthracène	4	1.31	25	*
Fluoranthène	4	1.22	13	*
Pyrène	4	1.26	17	*
B > A				
Phénanthrène	3	1.00	32	*
Anthracène	3	1.07	37	*
Fluoranthène	3	0.87	61	*
Pyrène	3	0.85	53	*
B < A				
Phénanthrène	3	2.61	104	
Anthracène	3	2.51	116	
Fluoranthène	3	2.47	102	
Pyrène	3	2.50	96	
C = A		C/A		
Phénanthrène	4	0.67	42	
Anthracène	4	0.62	62	
Fluoranthène	4	0.79	51	*
Pyrène	4	0.74	50	*

Tableau 7: Rapports de concentrations des pesticides de PHASE VAPEUR (PUF) obtenus par les différents HI-VOL aux conditions spécifiées. Acceptable si le rapport est entre 0.74 à 1.35.

Condition	# obs	Rapport B/A	Coefficient de variation %	Reproductible *
B = A				
α-HCH	4	1.04	7	*
HCB	4	1.09	15	*
Lindane	4	0.88	10	*
DDE	4	1.26	39	*
B > A				
α-HCH	3	0.97	16	*
HCB	3	0.74	77	*
Lindane	3	1.22	16	*
DDE	3	1.00	0	*
B < A				
α-HCH	3	1.15	13	*
HCB	3	2.13	104	
Lindane	3	2.42	63	
DDE	3	28	162	
C = A				
		C/A		
α-HCH	4	0.99	23	*
HCB	4	0.91	30	*
Lindane	1	1.18	-	*
DDE	4	1.25	40	*

Tableau 8: Sommaire des rapports de concentrations cumulées pour les HAP trouvés en phase particulaire et en phase vapeur (filtres + PUF). Acceptable si le rapport est entre 0.74 à 1.35.

Condition	#	Rapport	Coefficient	Reproductible
B = A	obs	B/A	de variation %	*
Phénanthrène	4	1.05	17	*
Anthracène	4	0.96	38	*
Fluoranthène	4	1.08	11	*
Pyrène	4	1.03	21	*
B(a)P	4	11.45	192	
B > A				
Phénanthrène	3	0.98	37	*
Anthracène	3	1.04	42	*
Fluoranthène	3	0.96	38	*
Pyrène	3	0.92	39	*
B(a)P	3	12.10	111	
B < A				
Phénanthrène	3	2.53	105	
Anthracène	3	2.40	120	
Fluoranthène	3	2.08	103	
Pyrène	3	1.99	103	
B(a)P	3	0.70	83	
C = A		C/A		
Phénanthrène	4	0.61	58	
Anthracène	4	0.52	91	
Fluoranthène	4	0.74	34	*
Pyrène	4	0.64	44	
B(a)P	4	90.74	183	

Tableau 9: Corrélations (N = 10) entre les concentrations des contaminants dans les phases particulaires et vapeurs (trouvées sur le HI-VOL A au site principal) ainsi que des paramètres météorologiques (température, vitesse des vents, direction des vents, pression atmosphérique). Seulement les corrélations avec $p < 0.05$ sont retenues.

PHASE PARTICULAIRE	CORRÉLATION
phénanthrène - anthracène	0.99
- fluoranthène	0.99
- pyrène	0.99
- température	-0.87
- press. atm.	0.73
anthracène - fluoranthène	0.99
- pyrène	0.98
- température	-0.83
- press. atm.	0.76
fluoranthène - pyrène	1.00
- température	-0.88
- press. atm.	0.77
pyrène - température	-0.87
- press. atm.	0.78
PHASE VAPEUR	
pyrène - anthracène	0.69
- fluoranthène	0.94
α -HCH - lindane	0.90
- température	0.91
lindane - DDE	0.71
- température	0.81
- MES _{UdeM}	0.78
DDE - température	0.65
- vitesse vent	0.79
PARAMÈTRES MÉTÉOROLOGIQUES	
température - press. atm.	-0.74

Tableau 10: Concentrations en éléments traces inorganiques et cations (ng/m³) et les MES_{Laval} (µg/ m³).

no. échant.	Date (1994)	MES _{Laval}	Al	As	Cd	Cu	Mn	Pb	Se	Zn	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺
Site principal													
119	14 janvier	12	310	0.4	1.2	13.9	4.7	3.1	0.2	22	84	51	118
120	20	27	198	0.4	0.5	12.7	9.5	5.3	1.7	57	46	28	92
121	26	15	219	0.4	0.4	10.8	3.3	3	3.1	20	48	152	133
122	1 février	28	258	0.4	0.6	25.9	5.7	13	2.2	54	138	138	138
123	7	12	218	0.4	0.4	10.8	4.5	7.5	1.5	10	17	59	68
124	13	11	403	0.4	0.3	32.5	4	3.3	1.8	10	49	29	49
Site radar													
119	14 janvier	13	230	0.4	0.3	25.7	6.4	3	2.8	10	66	38	66
120	20	23	365	0.4	0.5	26.8	9	5.8	1.8	43	137	109	118
121	26	13	302	0.4	0.3	13.3	5.9	4.8	3.7	30	136	204	214
122	1 février	23	346	0.4	0.3	40.5	6.6	7.3	1	35	196	159	103
123	7	10	197	0.4	0.6	32.5	4	7.6	1.1	10	79	106	97
124	13	10	365	0.4	0.5	35.5	4.6	2.5	1.2	10	149	84	112

Tableau 11: Sommaire des rapports des concentrations d'éléments traces inorganiques et de cations majeurs des échantillons prélevés par deux HI-VOL : un situé au site principal (A) et l'autre au site radar (C). Les deux échantillonneurs prélèvent environ 1500 m³ d'air.

Acceptable si le rapport C/A est compris entre 0.74 à 1.35. MES_{Laval} indique les matières en suspension.

Élément trace ou cation	no. obs.	Rapport C/A	Coefficient de variation %	Reproductibilité *
MES _{Laval}	6	0.89	11	*
Al	6	1.19	35	*
Cd	6	0.94	59	*
Cu	6	1.81	39	
Mn	6	1.22	27	*
Pb	6	1.00	35	*
Se	6	3.02	179	
Zn	6	0.89	41	*
Ca ²⁺	6	2.62	52	
Mg ²⁺	6	1.97	61	
K ⁺	6	1.32	47	*

Tableau 12: Corrélations entre les concentrations d'éléments traces et cations majeurs et les conditions météorologiques (température, direction des vents, vitesse des vents, pression atmosphérique). N = 6 pour chaque corrélation et seulement les corrélations avec $p < 0.05$ sont retenues.

Site principal	R
Al - température	0.89
Se - pression atmosphérique	0.88
Zn - MES _{Laval}	0.98
Site radar (témoin)	R
Al - Ca ²⁺	0.84
Cu - Se	-0.94
K ⁺ - Mg ²⁺	0.84
- pression atmosphérique	0.92
Mg ²⁺ - pression atmosphérique	0.89
Mn - MES _{Laval}	0.84
Zn - MES _{Laval}	0.88

Tableau 13: Pressions de vapeur de liquide ("subcooled") $p_{L,293}^0$ et volumes de percé à 20°C pour les HAP et les pesticides organo-chlorés. (50% du volume de percé calculé correspond à la valeur limite de pompage sans perte des constituants volatils, causé par la réduction de la capacité de rétention du PUF à 20°C).

Composé	p_L^0 torr	Vol. percé (20°C)	50% vol. percé
HAP ^a	20°C	m ³	(20°C) m ³
phénanthrène	4.49×10^{-4}	651	326
anthracène	4.22×10^{-4}	701	351
fluoranthène	2.70×10^{-5}	18,739	9370
pyrène	6.15×10^{-5}	7007	3504
B(a)P	3.00×10^{-8}	63,543,253	31,000,000
Pesticides^b			
α -HCH	5.48×10^{-4}	244	122
lindane	1.88×10^{-4}	757	379
HCB	9.75×10^{-4}	132	66
DDT	1.13×10^{-6}	170,223	85,000
DDE	3.75×10^{-5}	4172	2086
chlordané	5.93×10^{-5}	2568	1284
Mirex	7.50×10^{-7}	262,711	131,000

a: calculé de Hinckley et al. (1990) à 20°C ;

b: Suntio et al. (1988) à 20°C ;

Tableau 14 : Volume d'échantillonnage pour les trois HI-VOL comparés aux volumes de percé pour le α -HCH et le HCB, calculés selon les périodes d'échantillonnage .

Échant.	T (°C)	Volume d'échantillonnage m ³			50 % du vol. de percé m ³	
		HI-VOL A	HI-VOL B	HI-VOL C	α -HCH	HCB
121	-31.7	292	362	287	4551	2507
122	-21.5	290	297	291	1975	1084
123	-21.4	296	114	297	1959	1076
124	- 7.3	299	367	297	2754	377
125	- 2.6	290	291		498	272
130	2.2	299	114		362	198
131	- 3.5	300	333		530	289
132	- 4.2	316	298		556	304
133	- 6.0	323	115		629	344
134	7.4	317	337		260	142

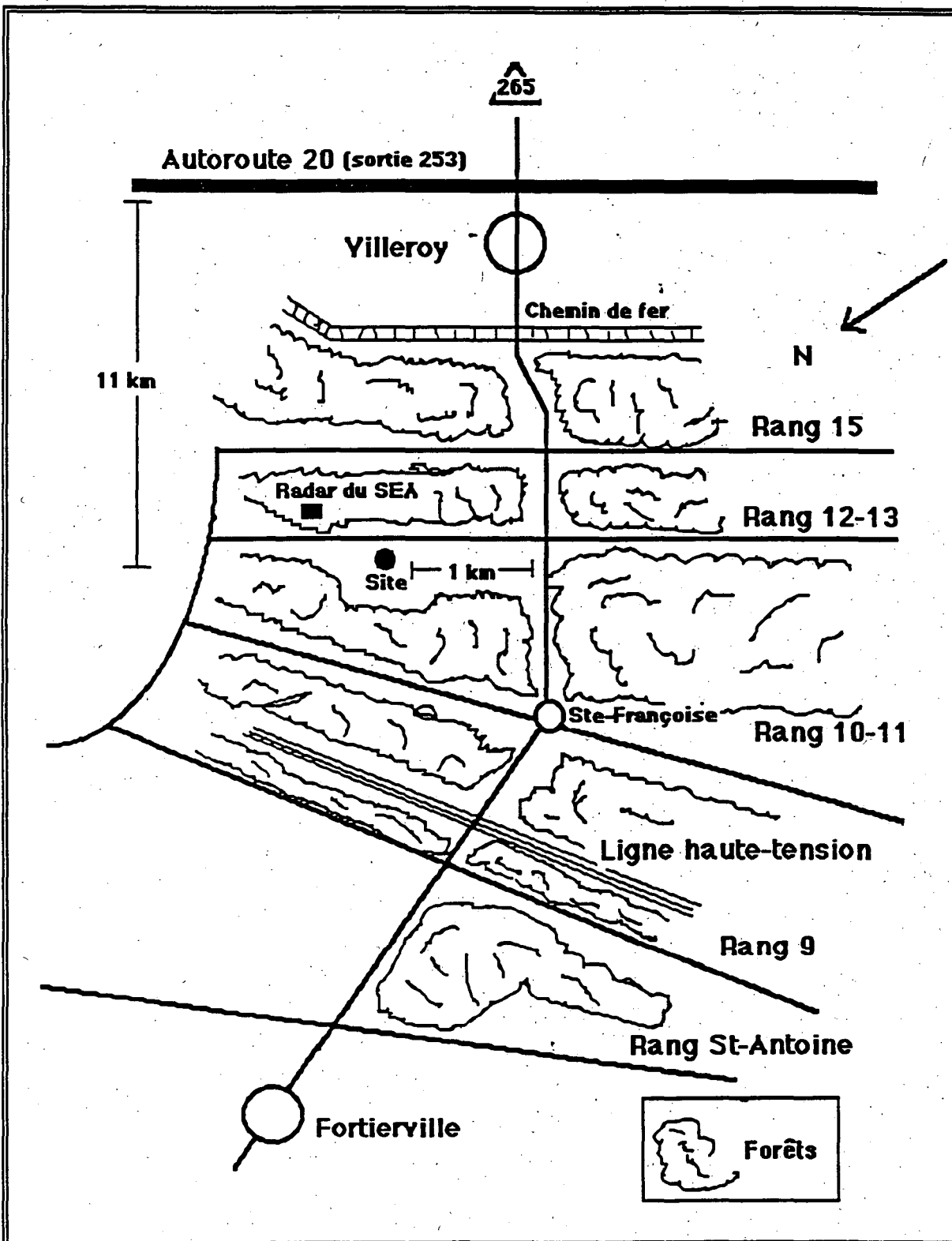
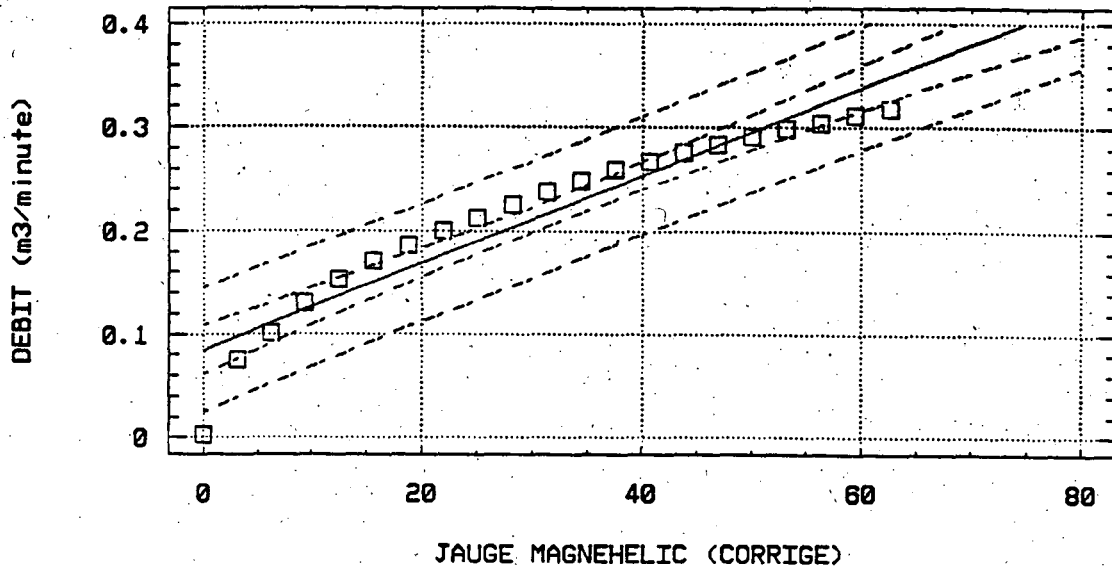


Figure 1
Environnement régional des sites d'échantillonnages
(tiré de Tremblay et Servranckx, 1992)

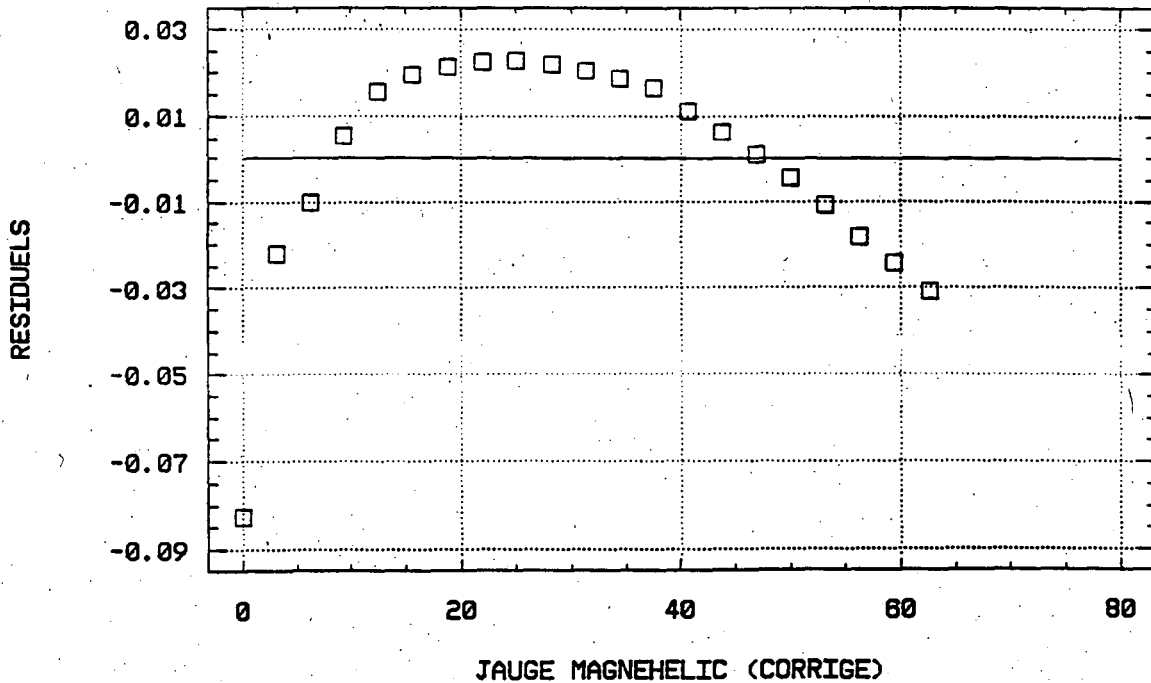
COURBE DE CALIBRATION

Figure 2



B0: 0.084846 SE: 0.011117 T: 7.6324
 B1: 0.0042145 SE: 0.000304 T: 13.863
 CORR: 0.95396 MSE: 0.00069629 DF: 19
 POINTS DELETED:

RESIDUELS DE LA COURBE DE CALIBRATION

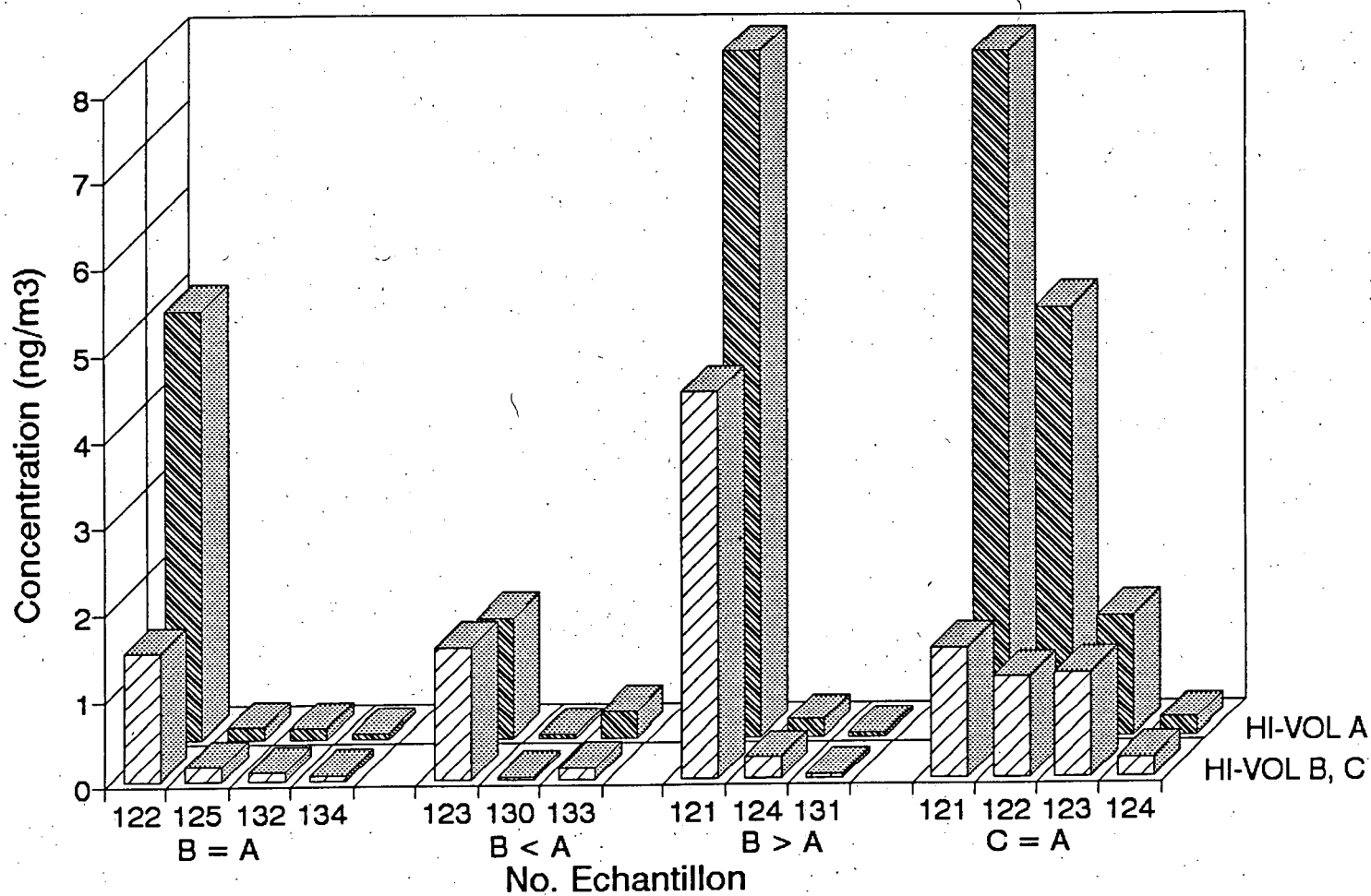


APPENDICE A

FIGURES POUR ORGANIQUES PHASE PARTICULAIRE ET VAPEUR

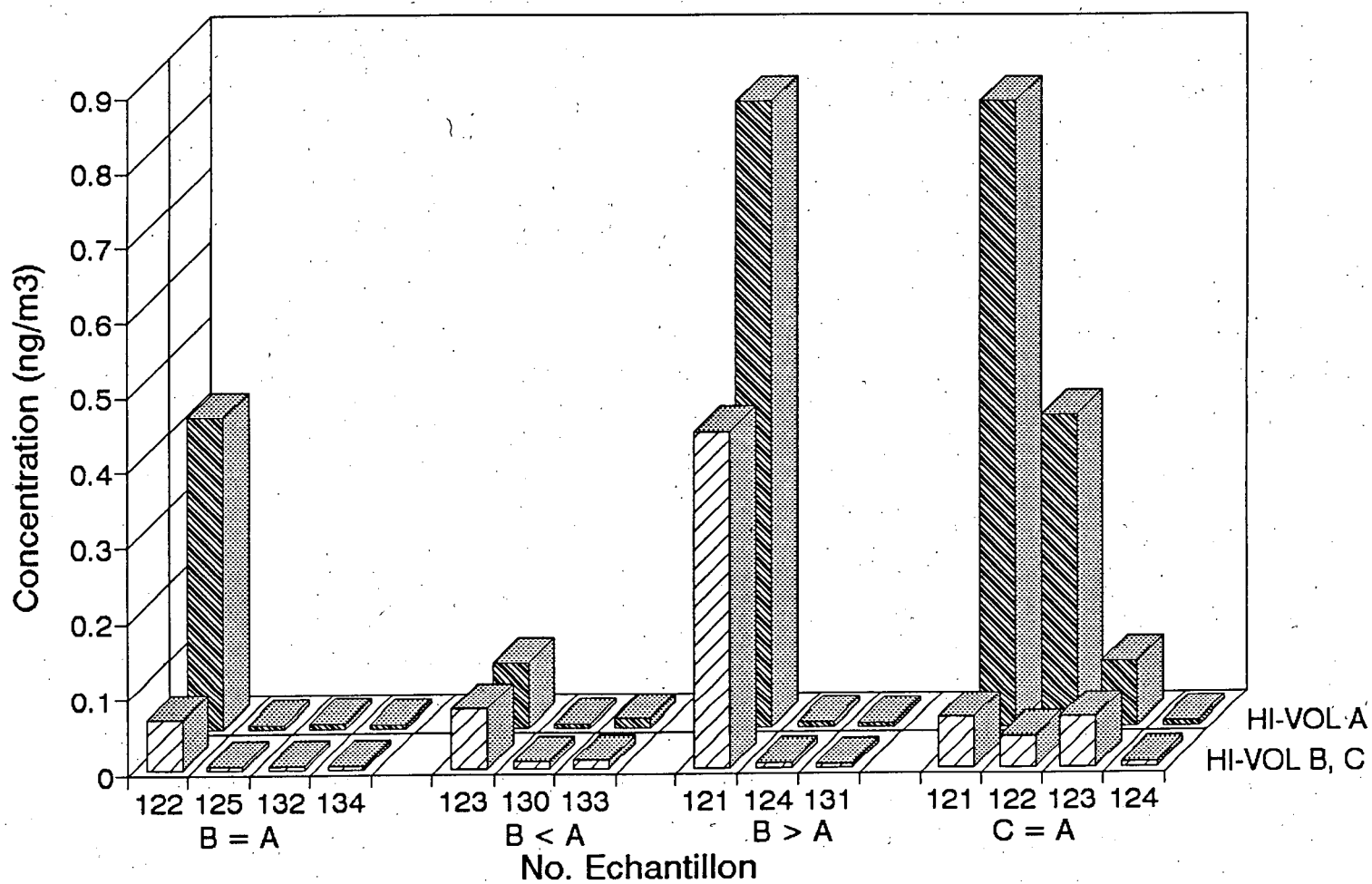
PHENANTHRENE - FILTRES

VILLEROY - HIVER 1994

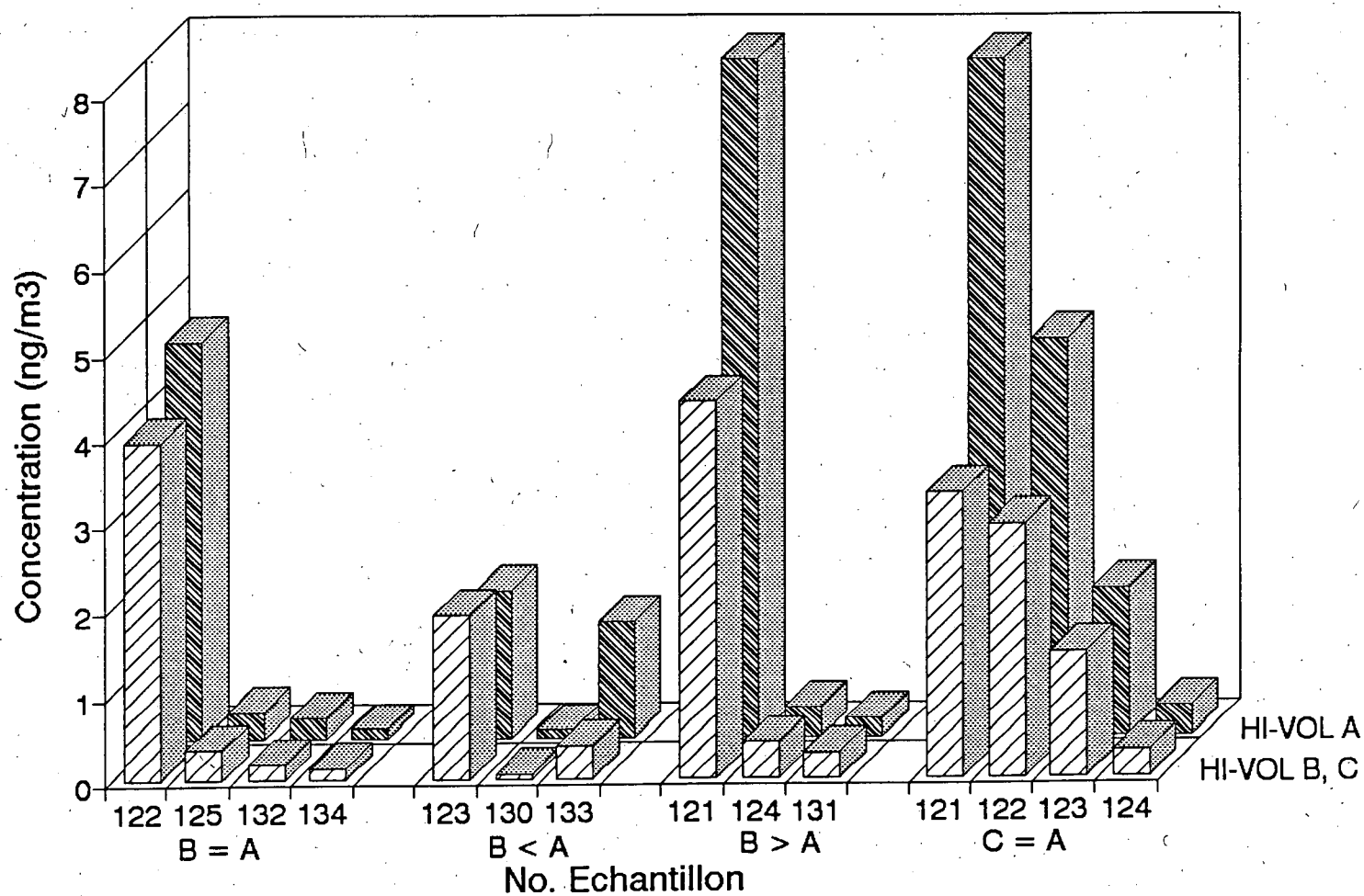


ANTHRACENE - FILTRES

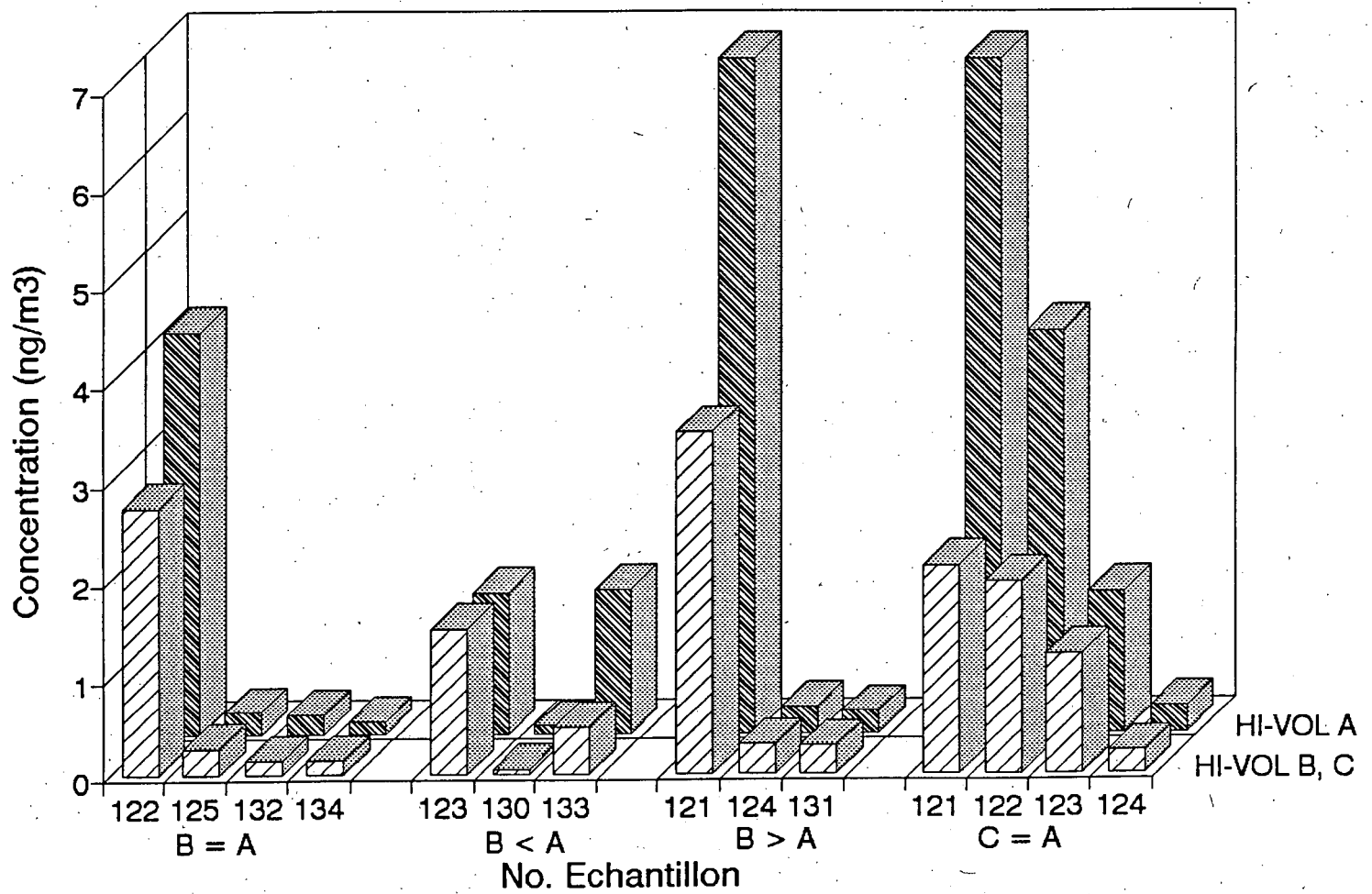
VILLEROY - HIVER 1994



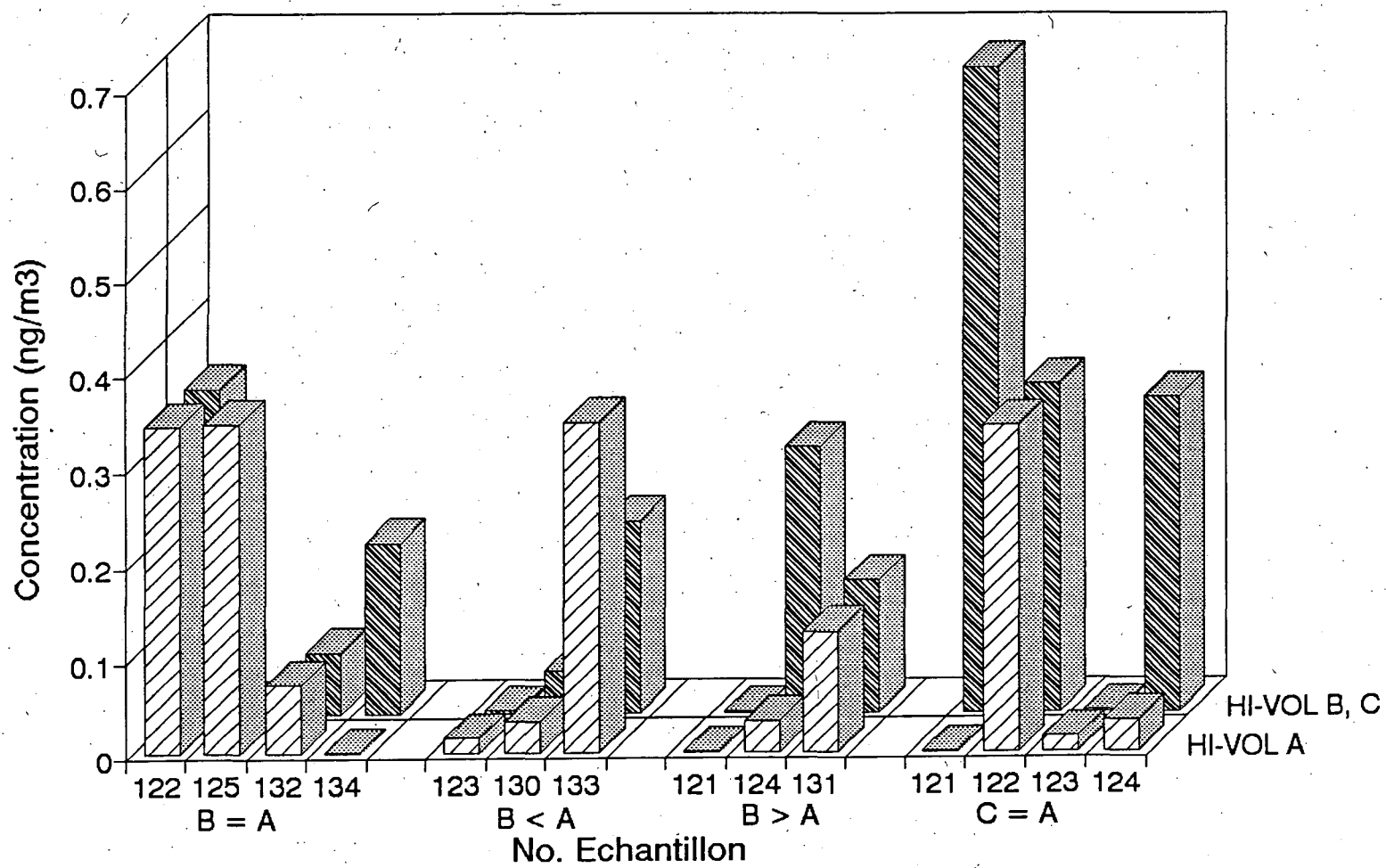
FLUORANTHENE - FILTRES VILLEROY - HIVER 1994



PYRENE - FILTRES VILLEROY - HIVER 1994

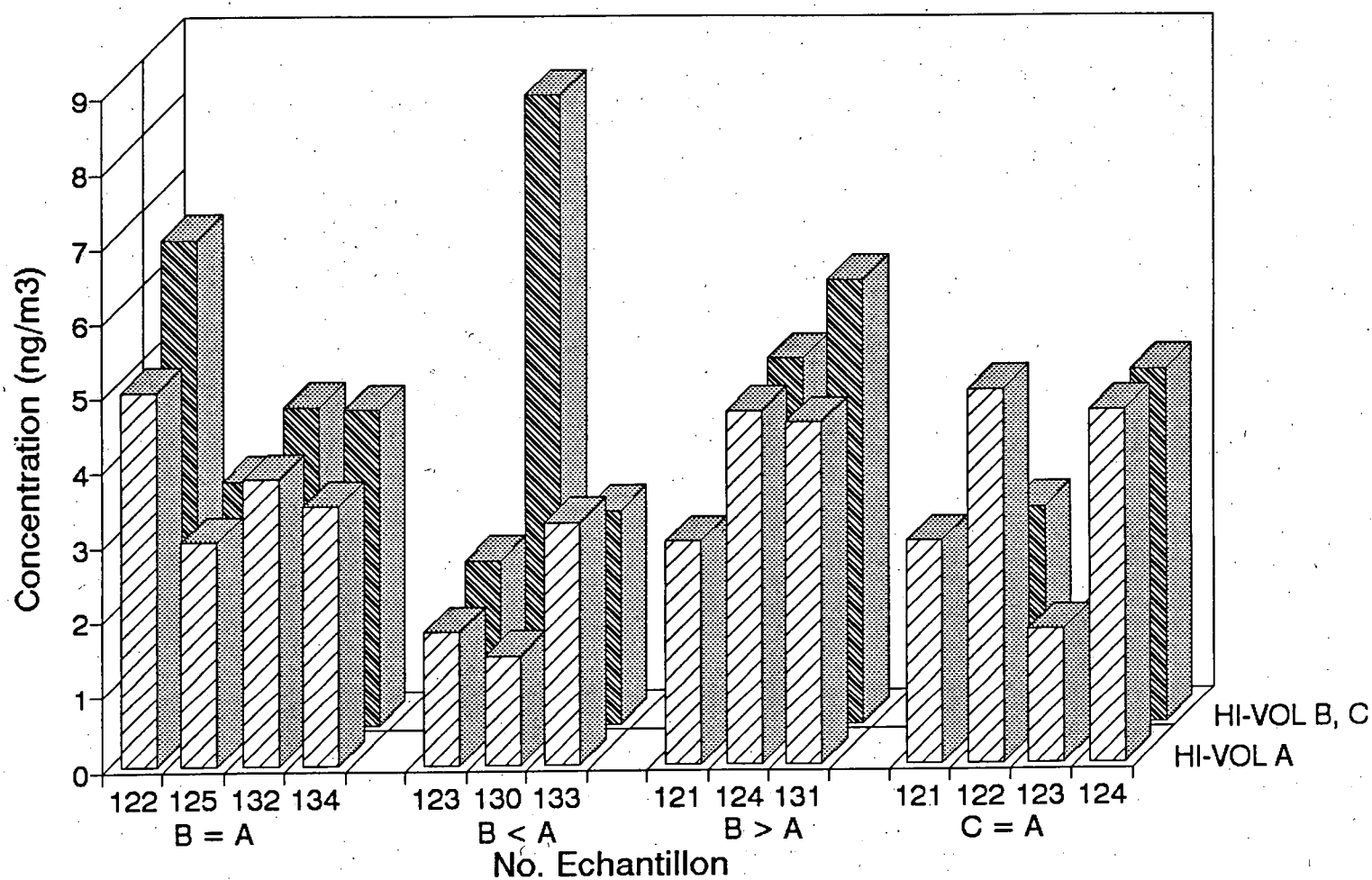


B(a)P - FILTRES VILLEROY - HIVER 1994



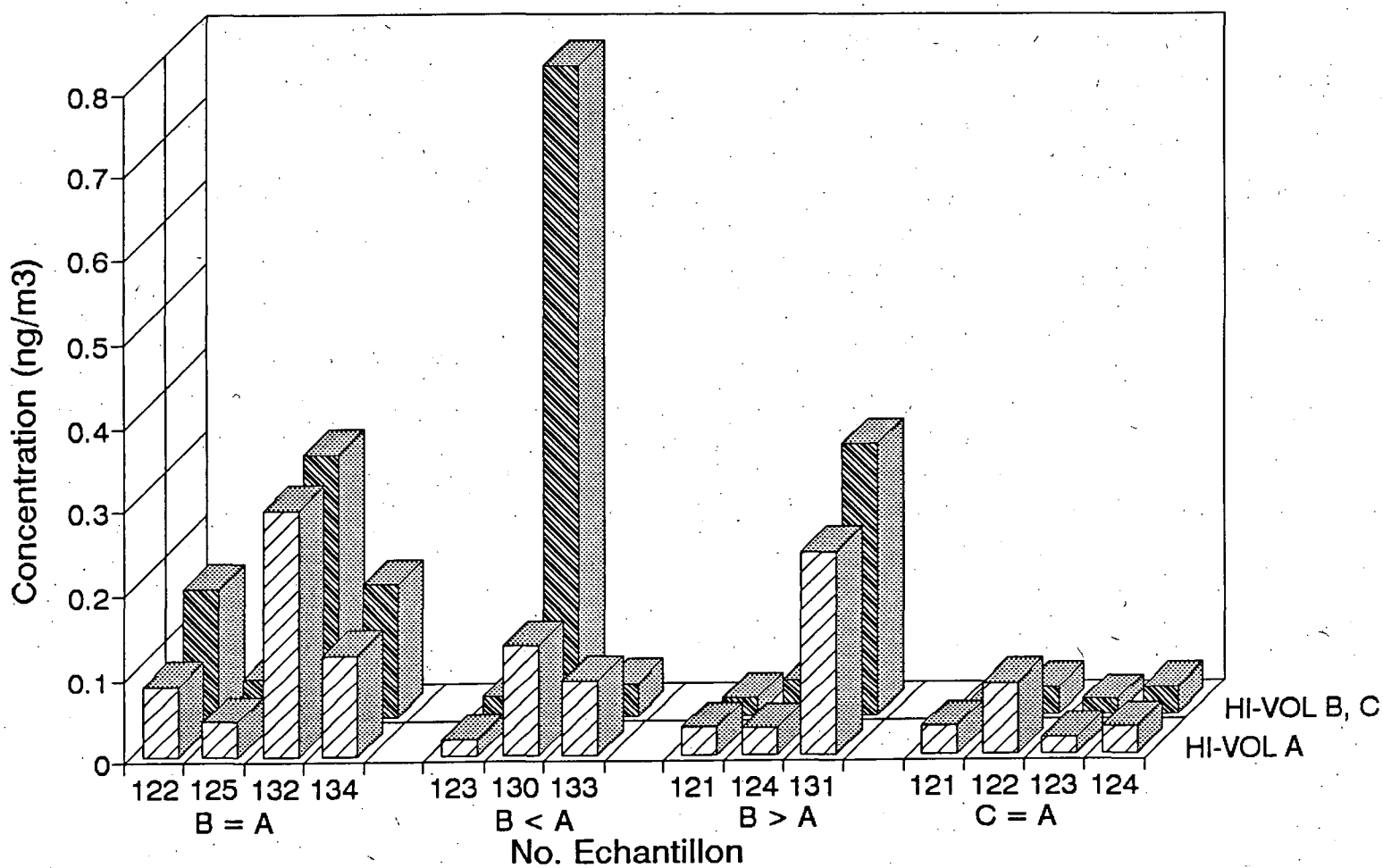
PHENANTHRENE - PUF

VILLEROY - HIVER 1994

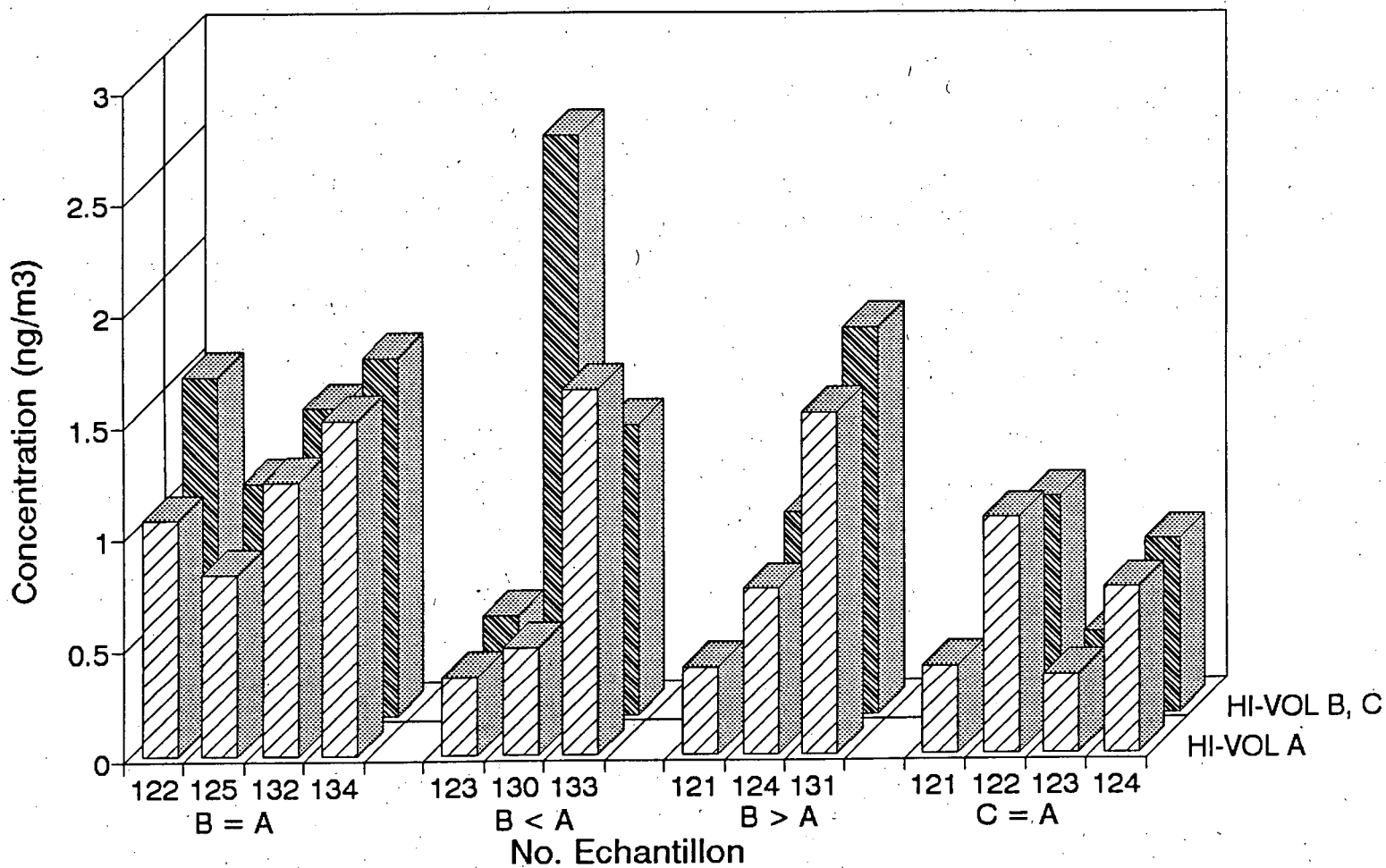


ANTHRACENE - PUF

VILLEROY - HIVER 1994

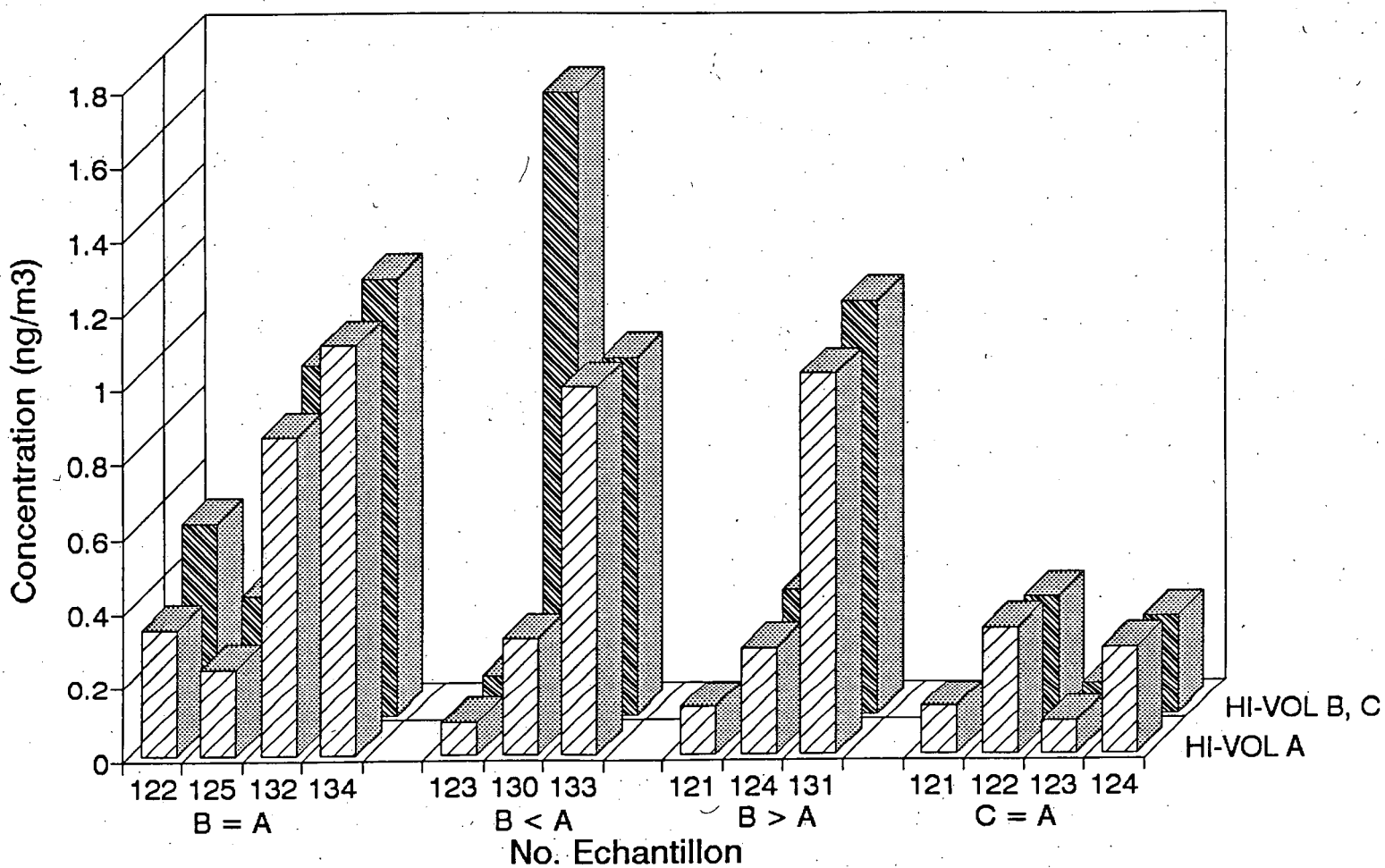


FLUORANTHENE - PUF VILLEROY - HIVER 1994

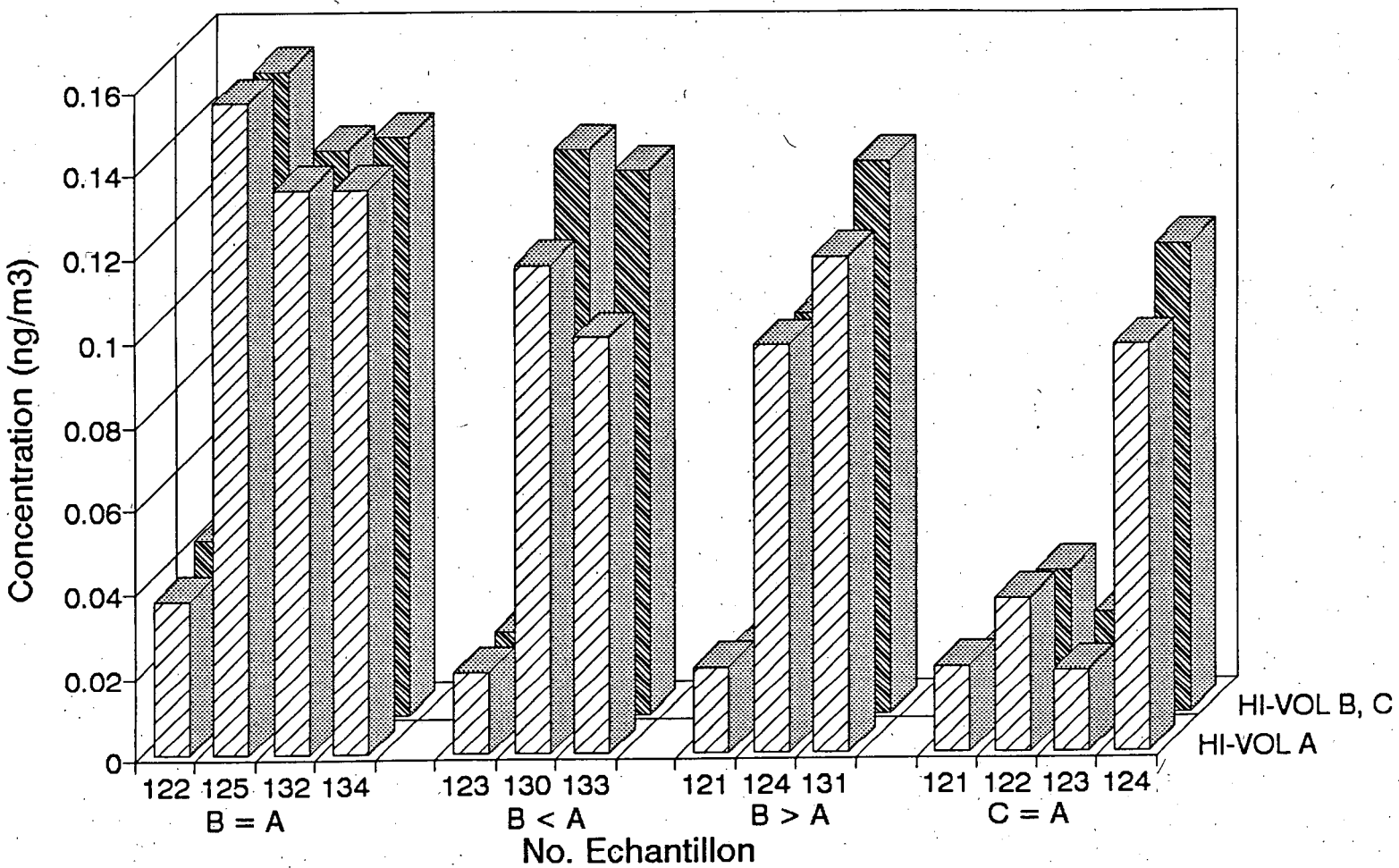


PYRENE - PUF

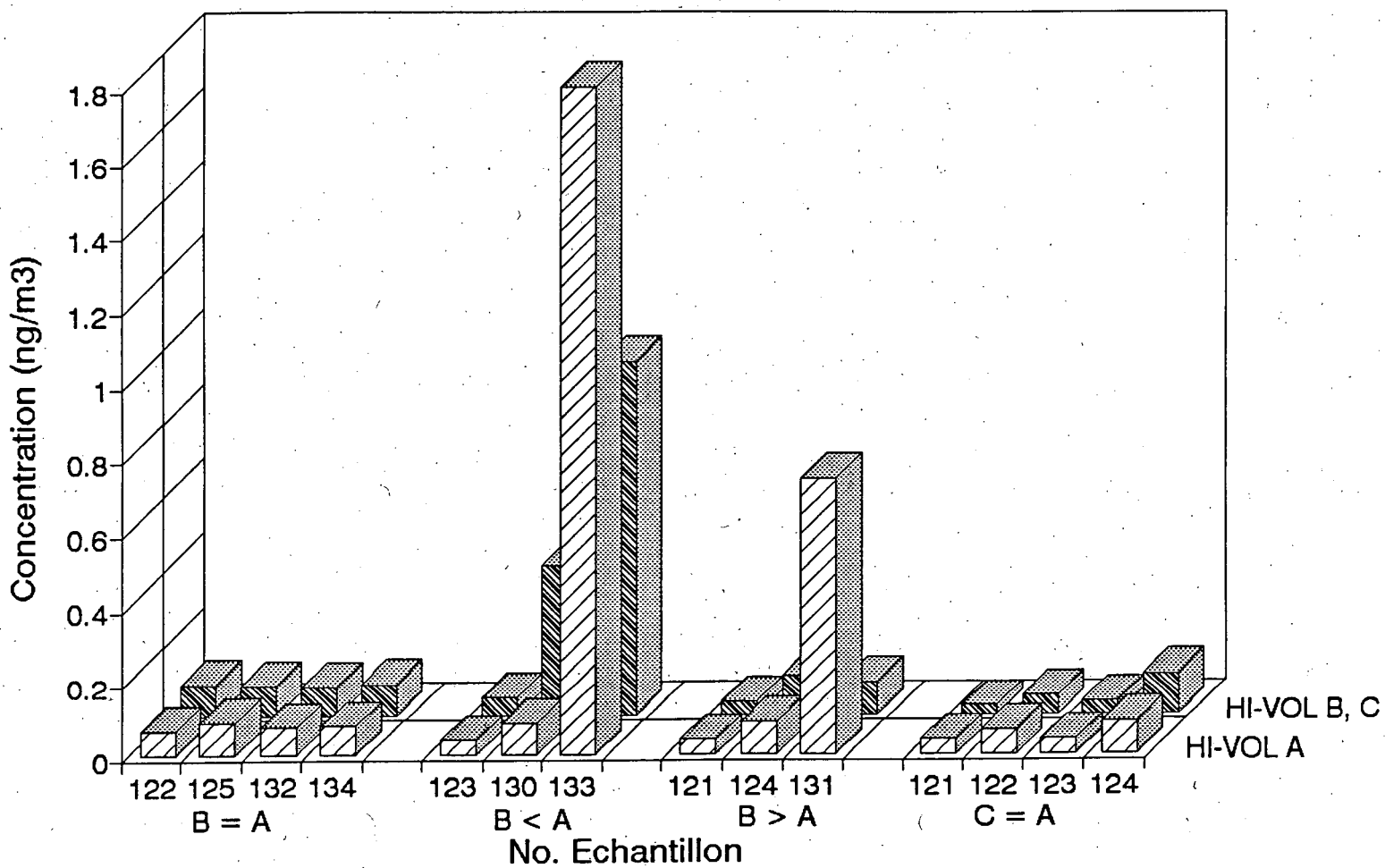
VILLEROY - HIVER 1994



a-HCH - PUF
VILLEROY - HIVER 1994

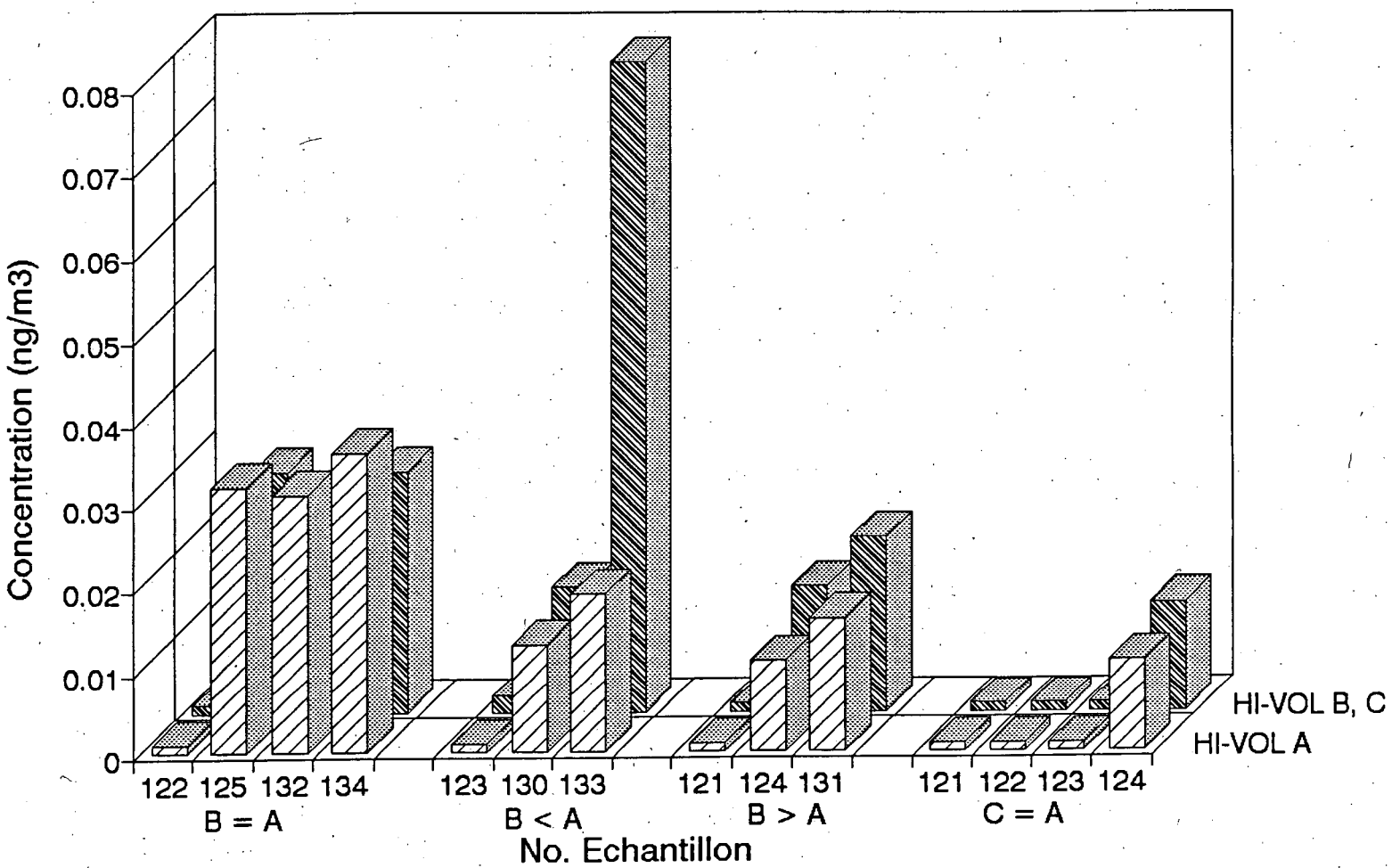


HCB - PUF VILLEROY - HIVER 1994



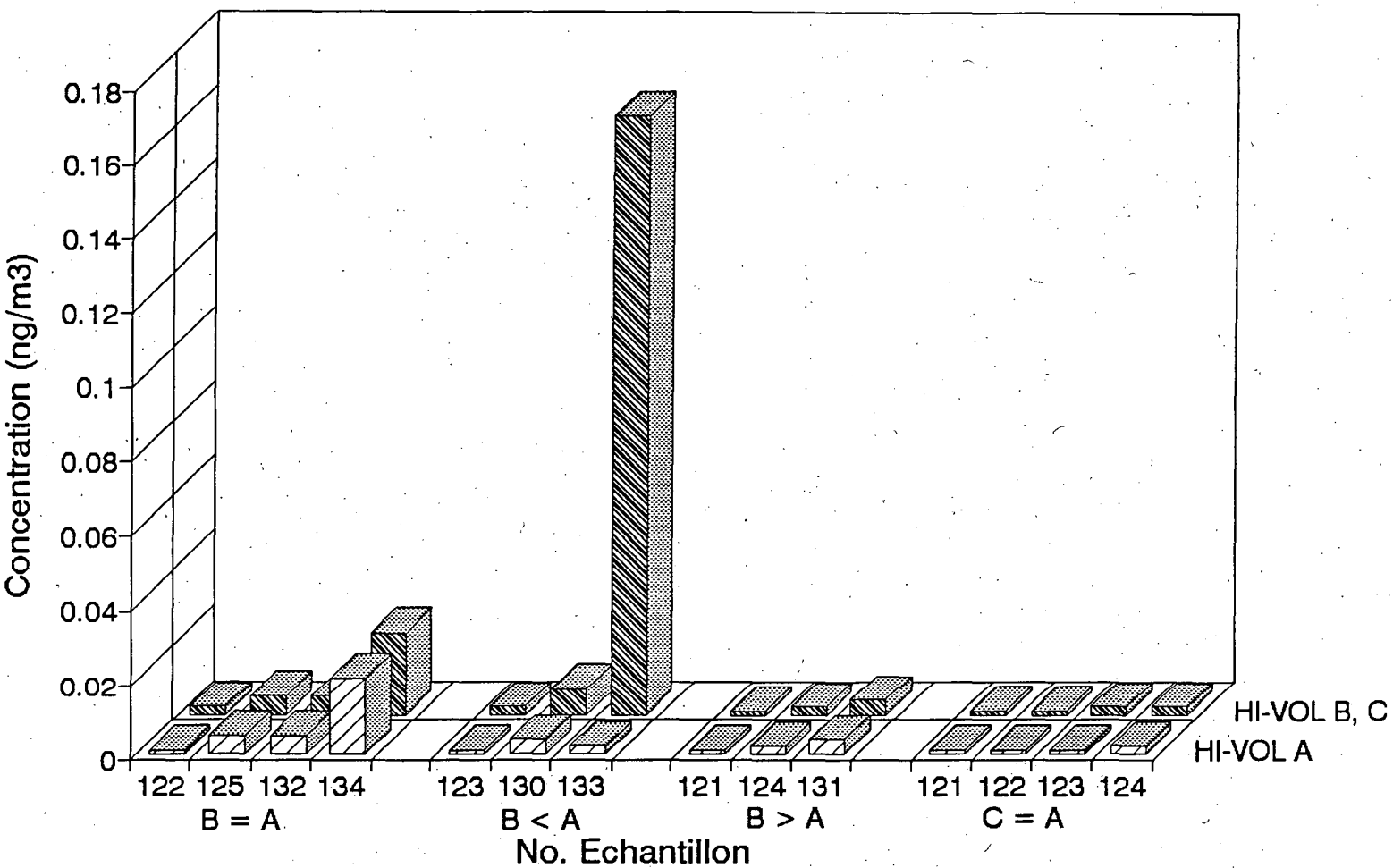
LINDANE - PUF

VILLEROY - HIVER 1994

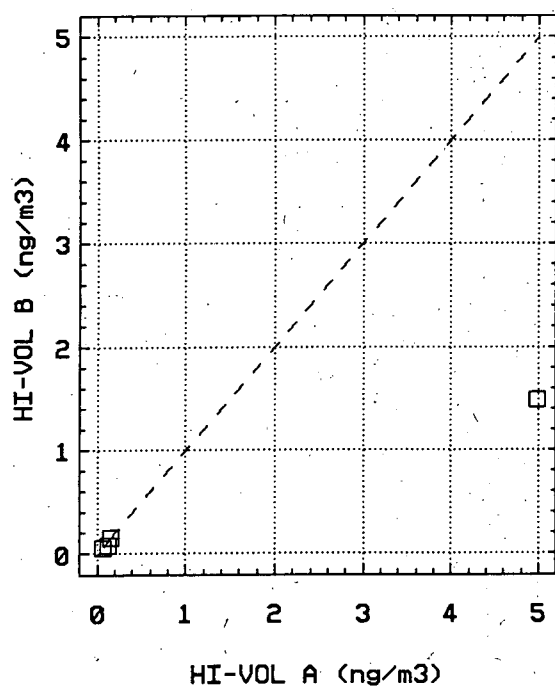


DDE - PUF

VILLEROY - HIVER 1994

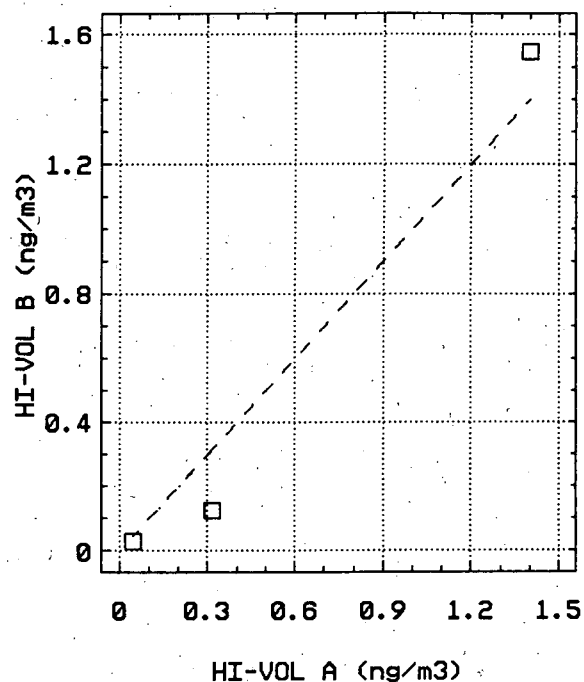


PHENANTHRENE - FILTRES:
VOLUME B = VOLUME A



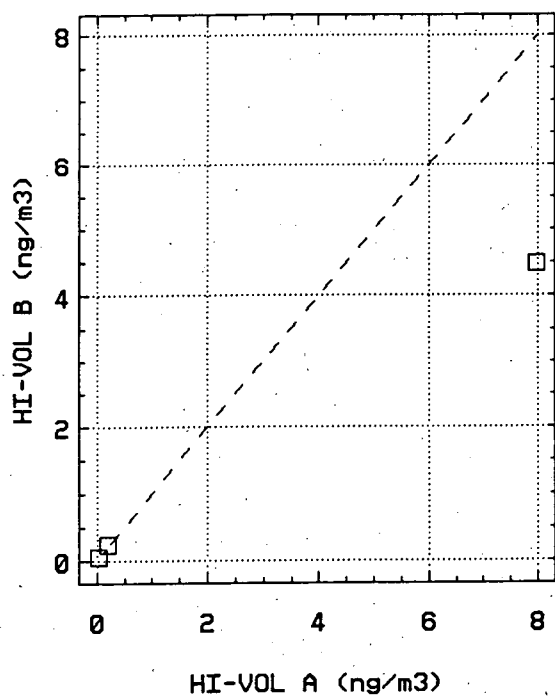
--- Ligne 1:1

PHENANTHRENE - FILTRES:
VOLUME B < VOLUME A



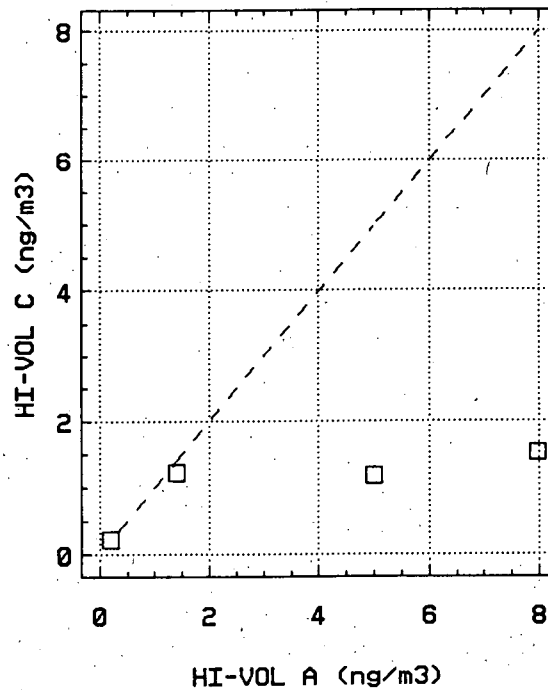
--- Ligne 1:1

PHENANTHRENE - FILTRES:
VOLUME B > VOLUME A



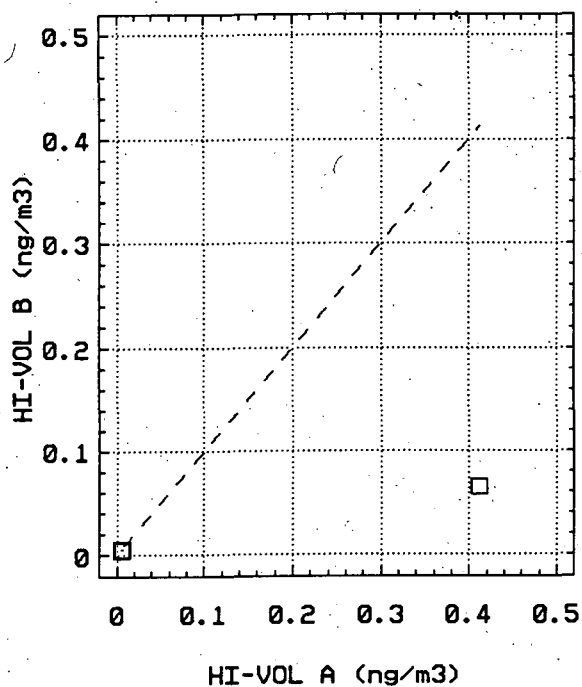
--- Ligne 1:1

PHENANTHRENE - FILTRES:
VOLUME C = VOLUME A



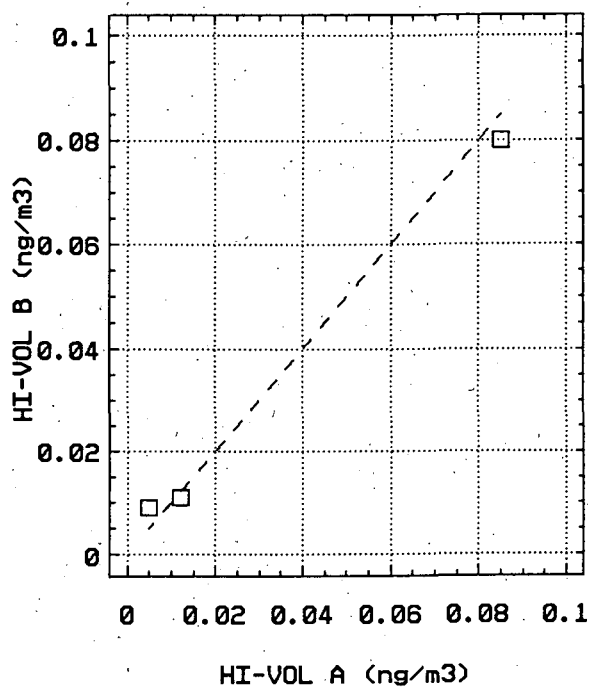
--- Ligne 1:1

ANTHRACENE - FILTRES:
VOLUME B = VOLUME A



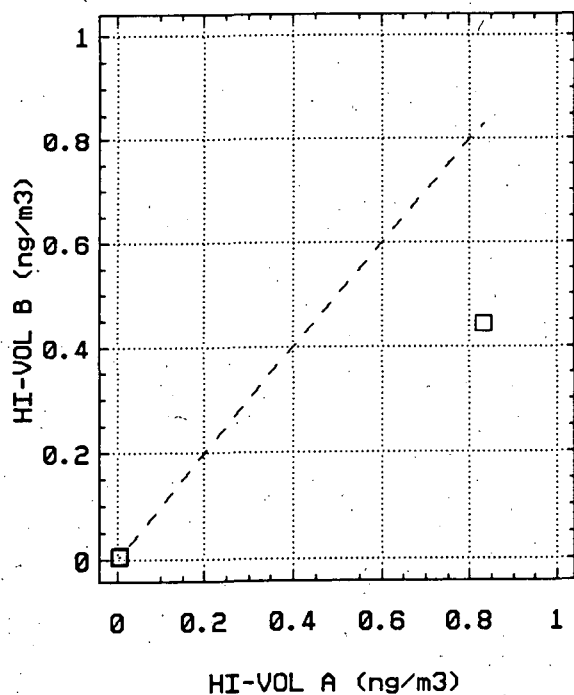
--- Ligne 1:1

ANTHRACENE - FILTRES:
VOLUME B < VOLUME A



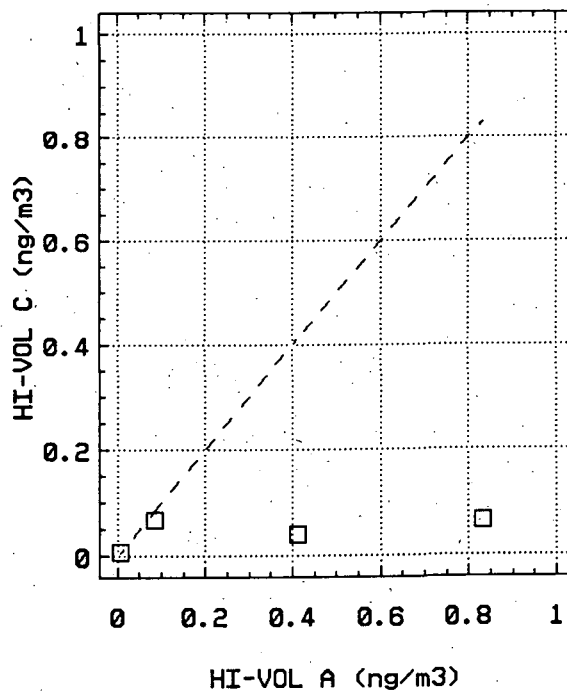
--- Ligne 1:1

ANTHRACENE - FILTRES:
VOLUME B > VOLUME A



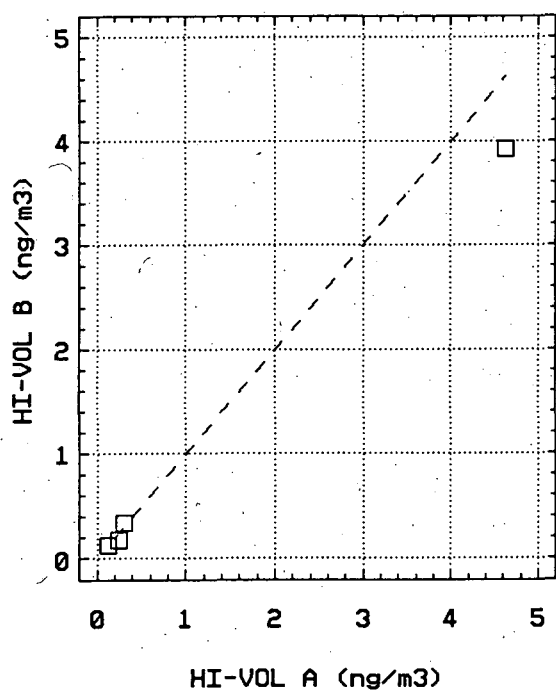
--- Ligne 1:1

ANTHRACENE - FILTRES:
VOLUME C = VOLUME A



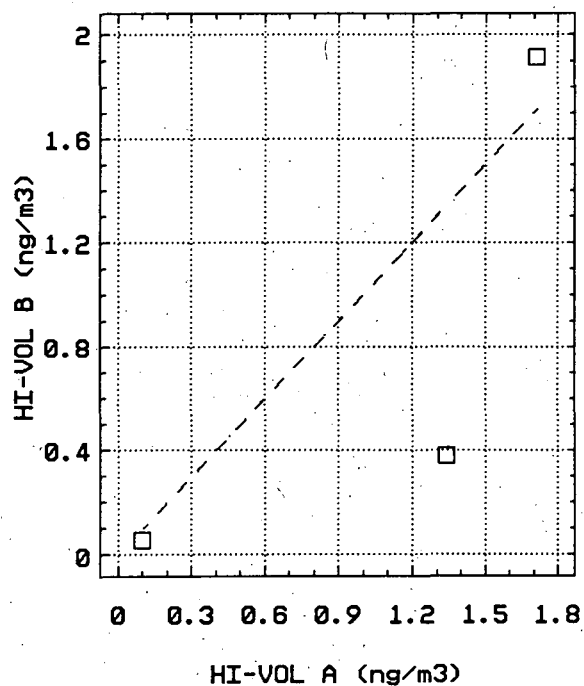
--- Ligne 1:1

FLUORANTHENE - FILTRES:
VOLUME B = VOLUME A



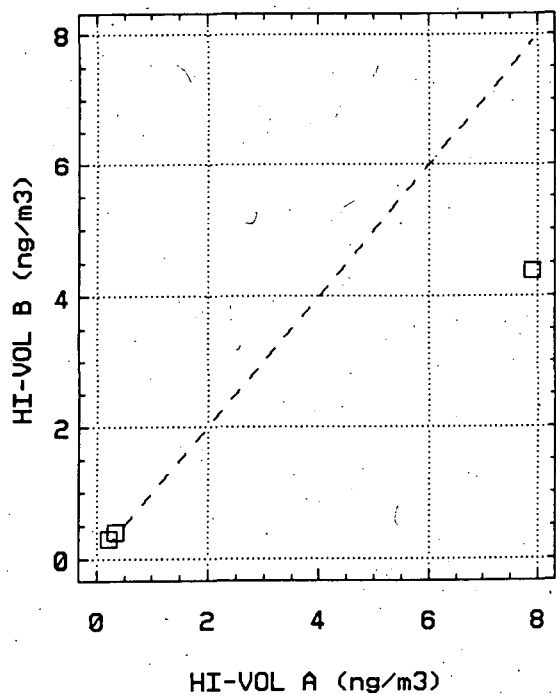
--- Ligne 1:1

FLUORANTHENE - FILTRES:
VOLUME B < VOLUME A



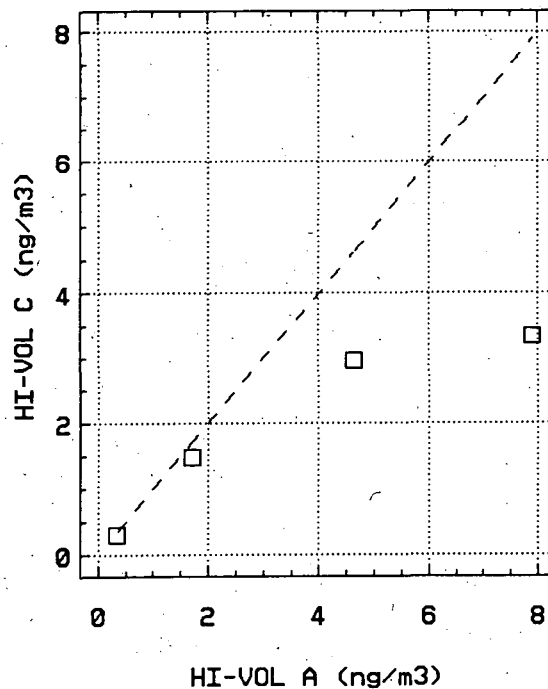
--- Ligne 1:1

FLUORANTHENE - FILTRES:
VOLUME B > VOLUME A



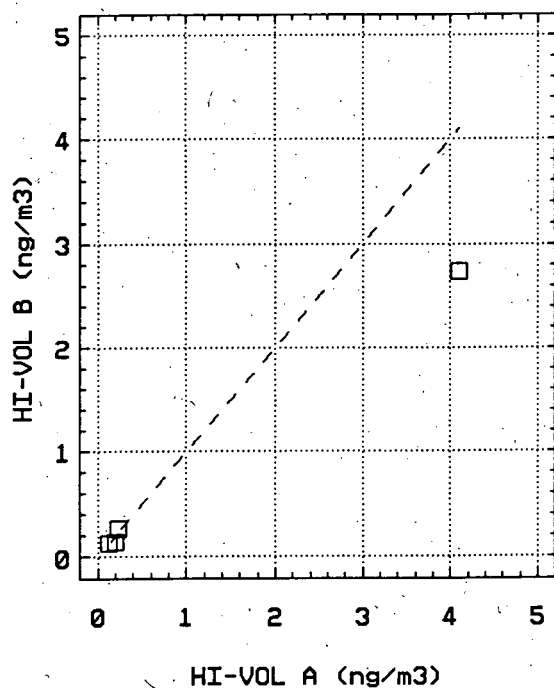
--- Ligne 1:1

FLUORANTHENE - FILTRES:
VOLUME C = VOLUME A



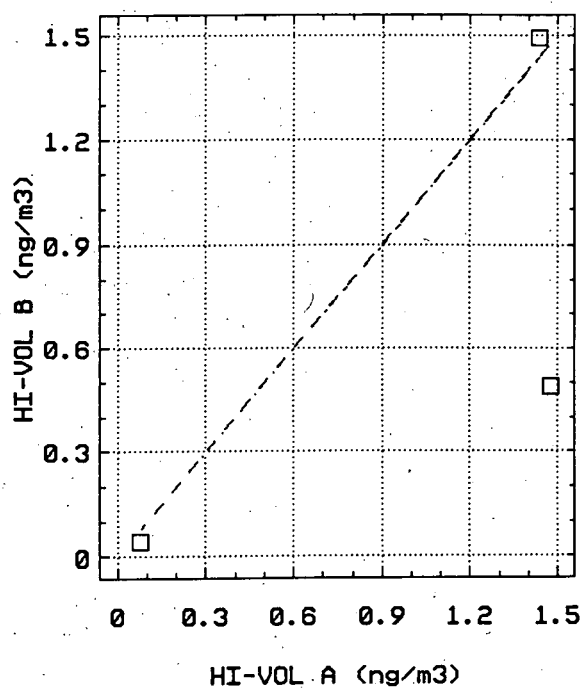
--- Ligne 1:1

PYRENE - FILTRES:
VOLUME B = VOLUME A



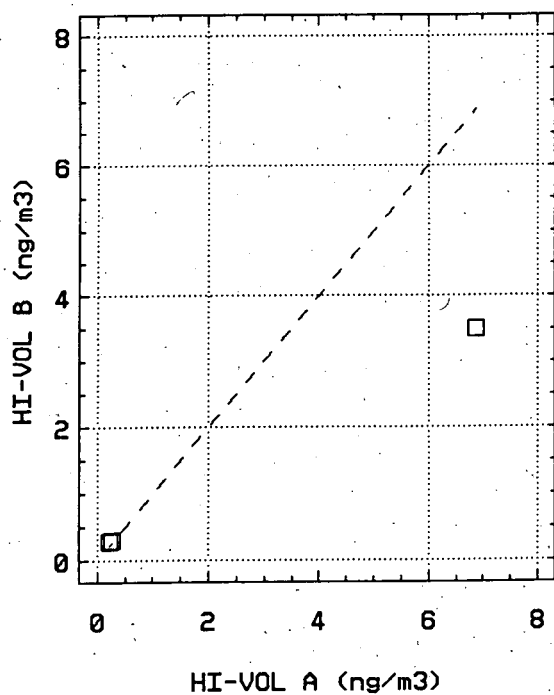
--- Ligne 1:1

PYRENE - FILTRES:
VOLUME B < VOLUME A



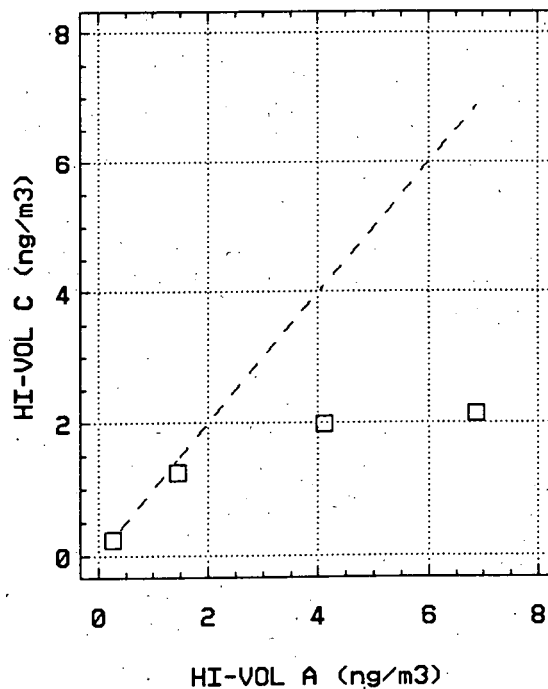
--- Ligne 1:1

PYRENE - FILTRES:
VOLUME B > VOLUME A



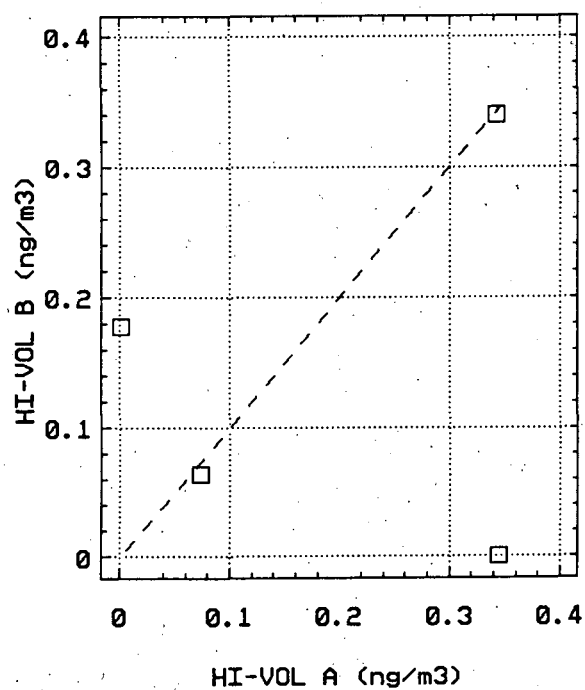
--- Ligne 1:1

PYRENE - FILTRES:
VOLUME C = VOLUME A



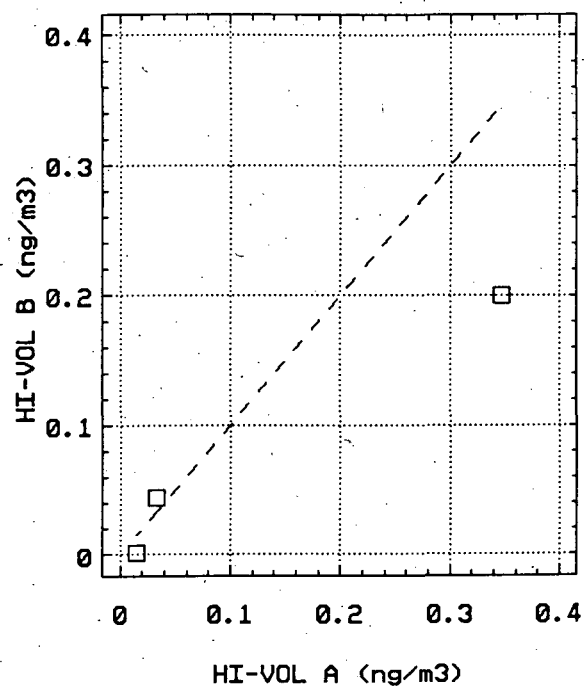
--- Ligne 1:1

B(a)P - FILTRES:
VOLUME B = VOLUME A



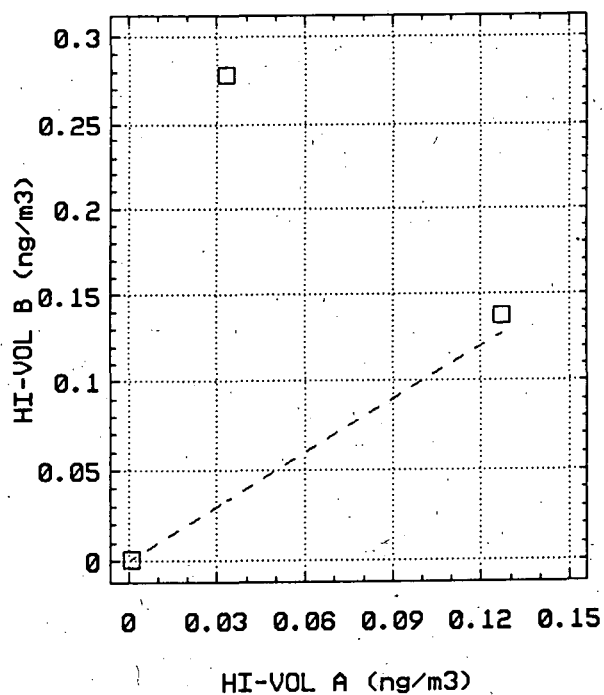
--- Ligne 1:1

B(a)P - FILTRES:
VOLUME B < VOLUME A



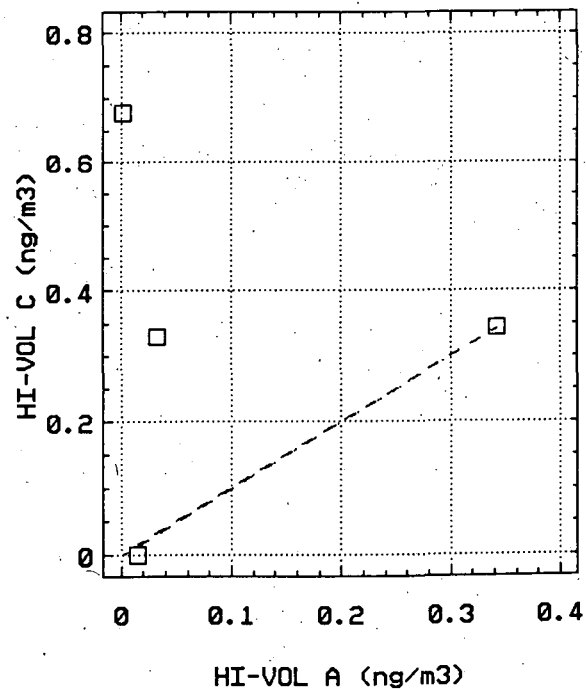
--- Ligne 1:1

B(a)P - FILTRES:
VOLUME B > VOLUME A



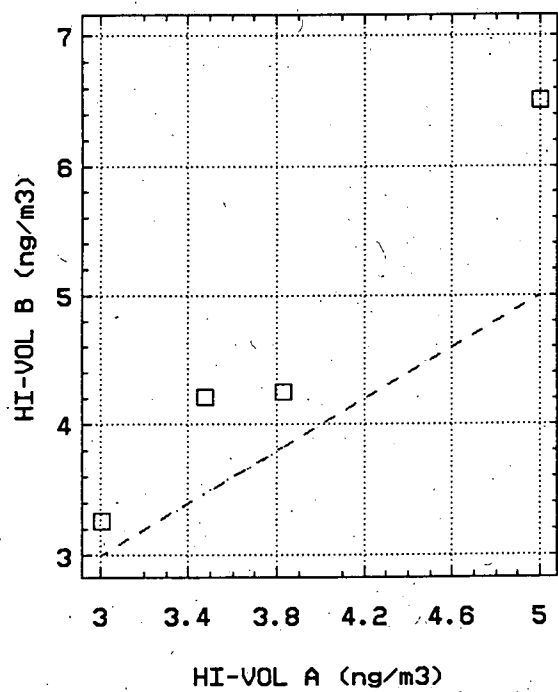
--- Ligne 1:1

B(a)P - FILTRES:
VOLUME C = VOLUME A



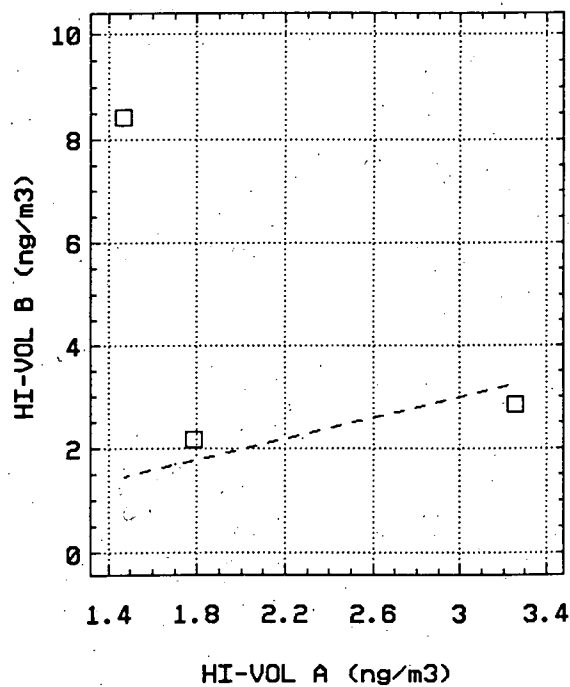
--- Ligne 1:1

PHENANTHRENE - PUF:
VOLUME B = VOLUME A



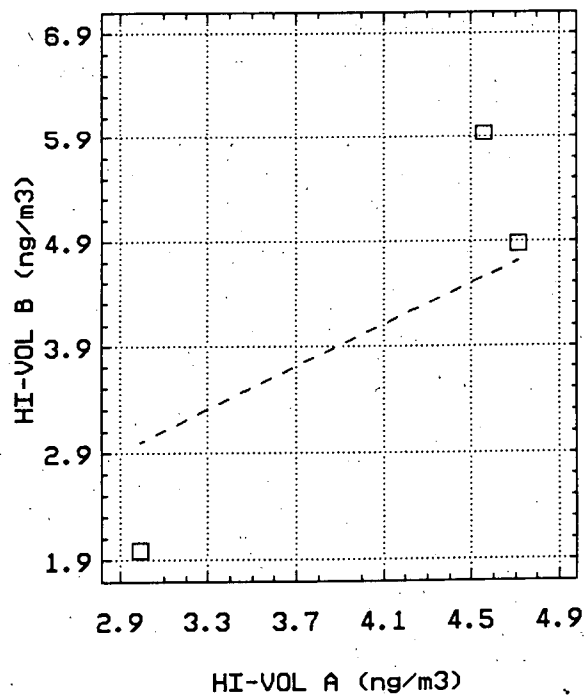
--- Ligne 1:1

PHENANTHRENE - PUF:
VOLUME B < VOLUME A



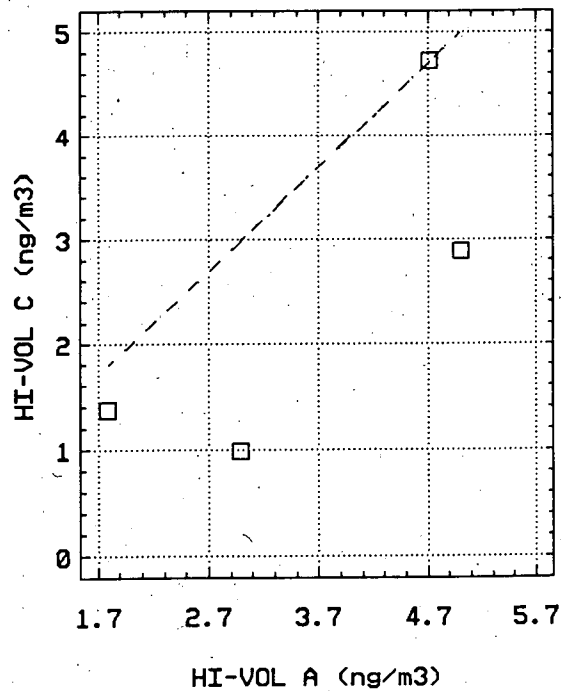
--- Ligne 1:1

PHENANTHRENE - PUF:
VOLUME B > VOLUME A



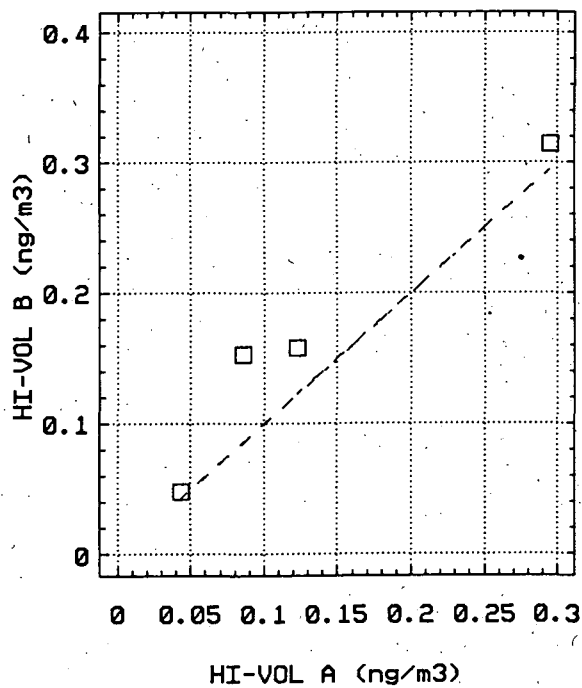
--- Ligne 1:1

PHENANTHRENE - PUF:
VOLUME C = VOLUME A



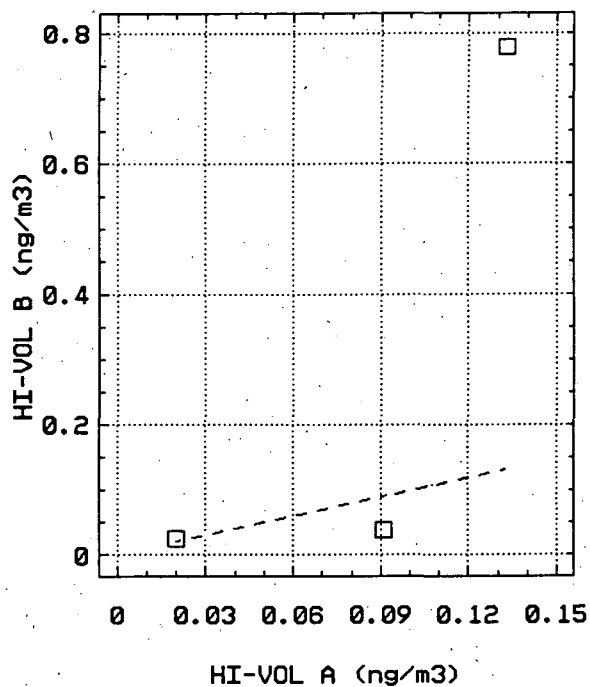
--- Ligne 1:1

ANTHRACENE - PUF:
VOLUME B = VOLUME A



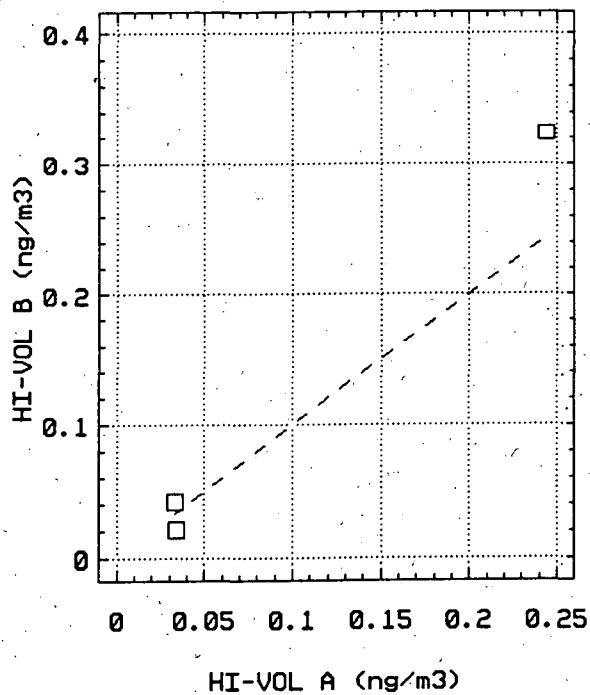
--- Ligne 1:1

ANTHRACENE - PUF:
VOLUME B < VOLUME A



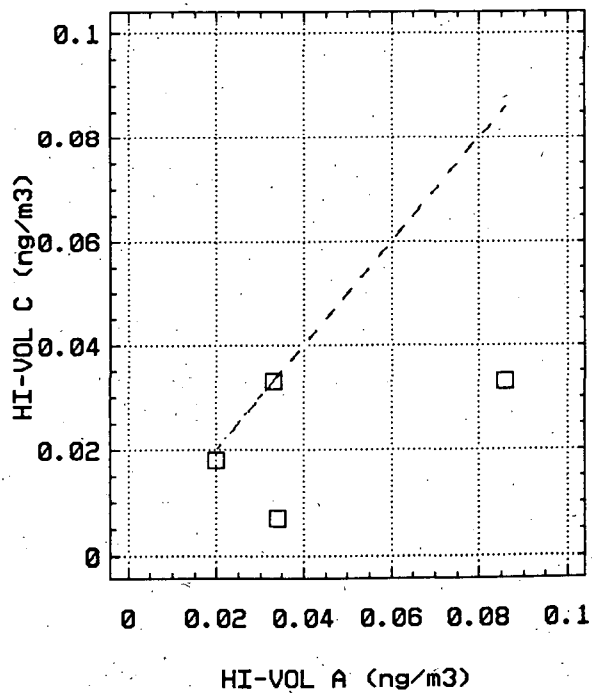
--- Ligne 1:1

ANTHRACENE - PUF:
VOLUME B > VOLUME A



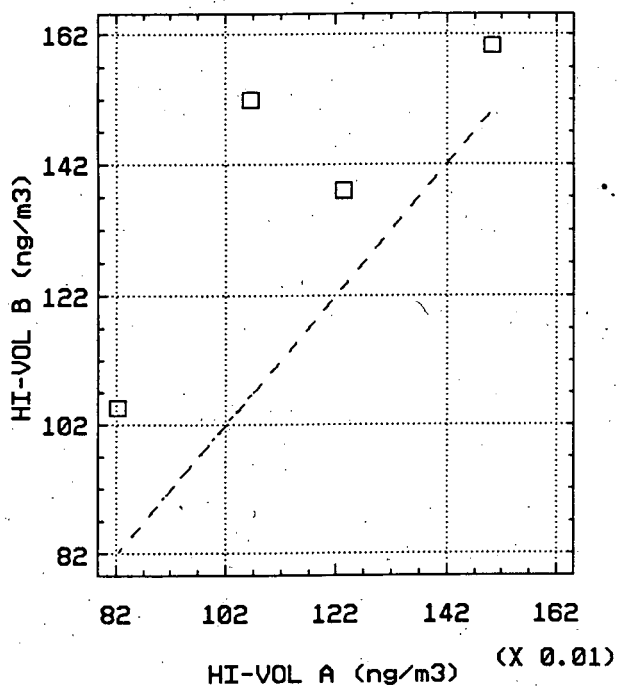
--- Ligne 1:1

ANTHRACENE - PUF:
VOLUME C = VOLUME A



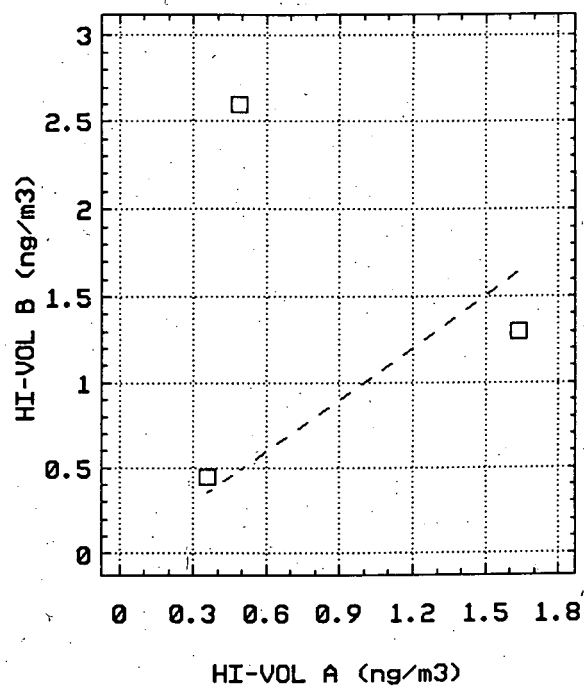
--- Ligne 1:1

FLUORANTHENE - PUF:
VOLUME B = VOLUME A



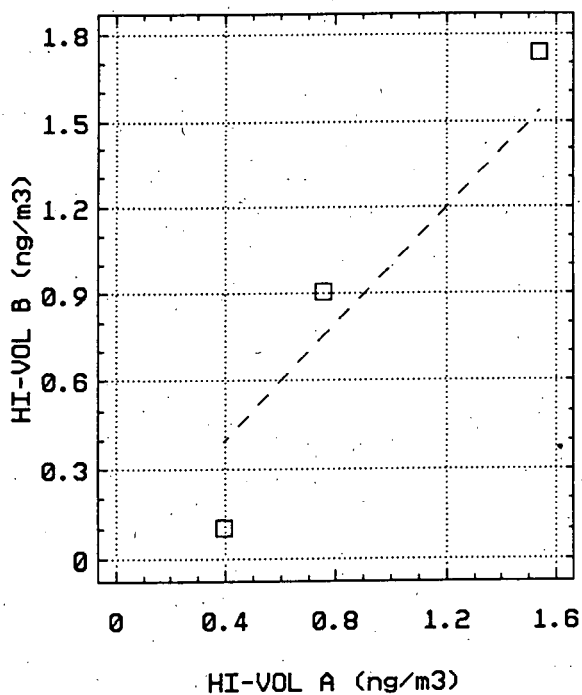
--- Ligne 1:1

FLUORANTHENE - PUF:
VOLUME B < VOLUME A



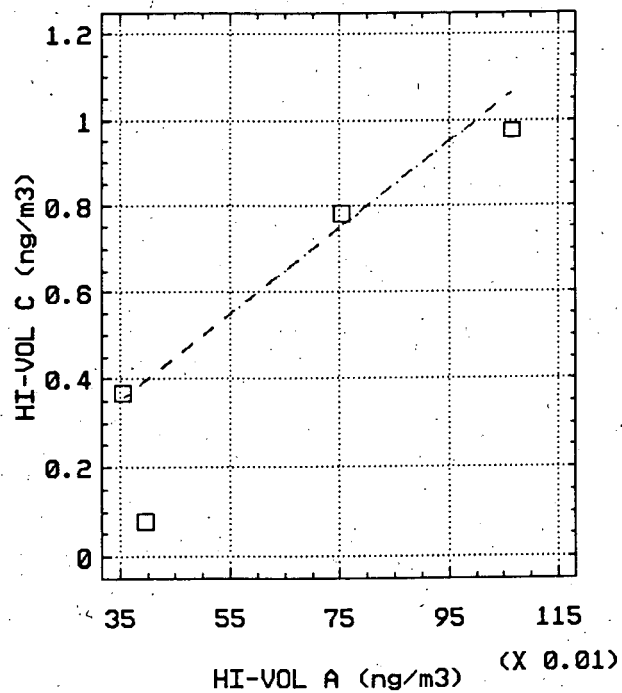
--- Ligne 1:1

FLUORANTHENE - PUF:
VOLUME B > VOLUME A



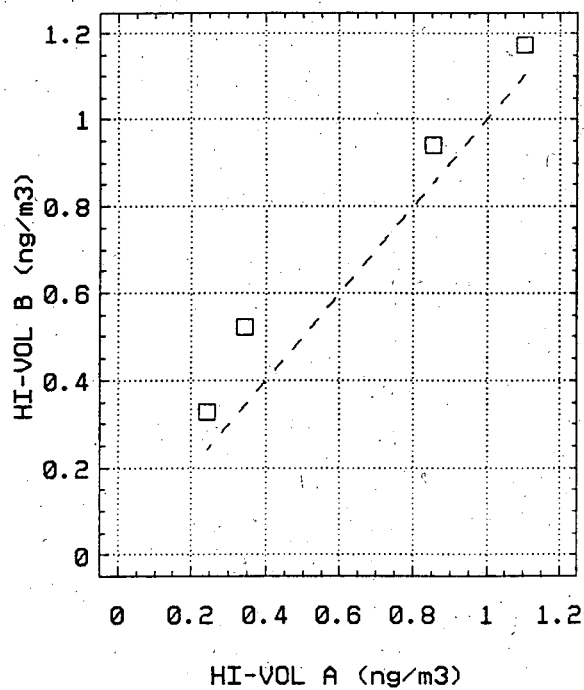
--- Ligne 1:1

FLUORANTHENE - PUF:
VOLUME C = VOLUME A



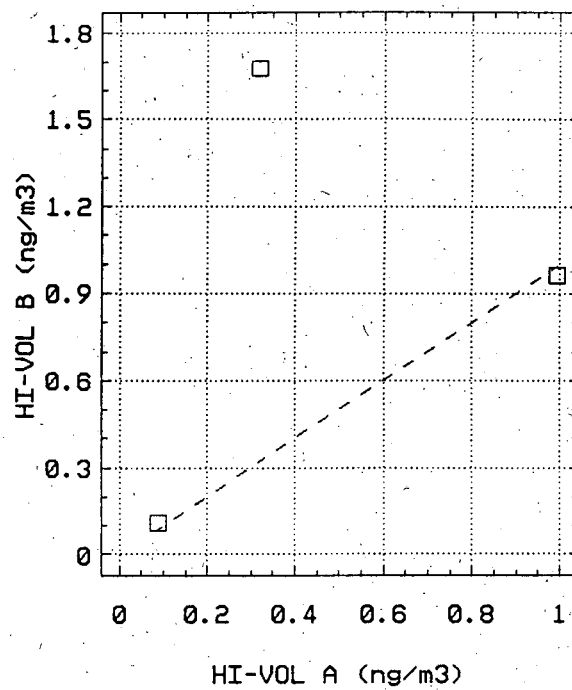
--- Ligne 1:1

PYRENE - PUF:
VOLUME B = VOLUME A



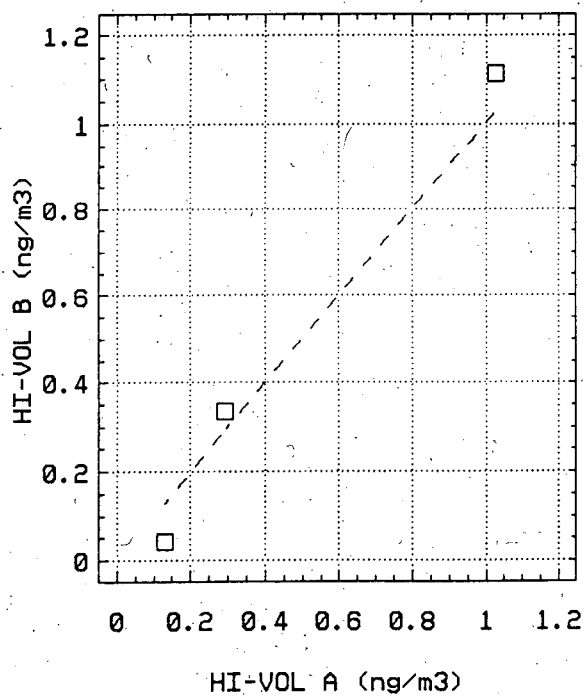
--- Ligne 1:1

PYRENE - PUF:
VOLUME B < VOLUME A



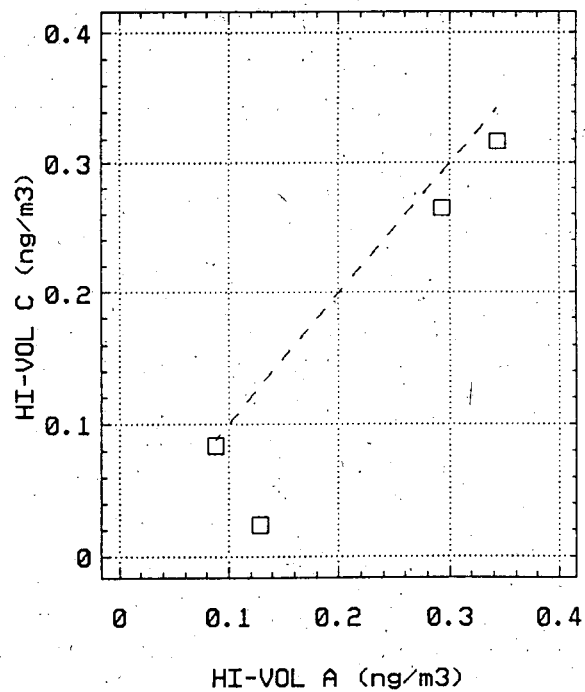
--- Ligne 1:1

PYRENE - PUF:
VOLUME B > VOLUME A



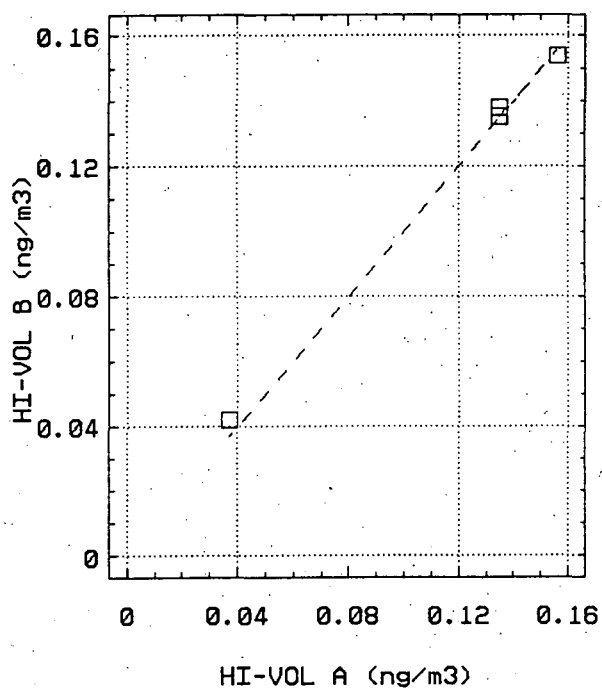
--- Ligne 1:1

PYRENE - PUF:
VOLUME C = VOLUME A



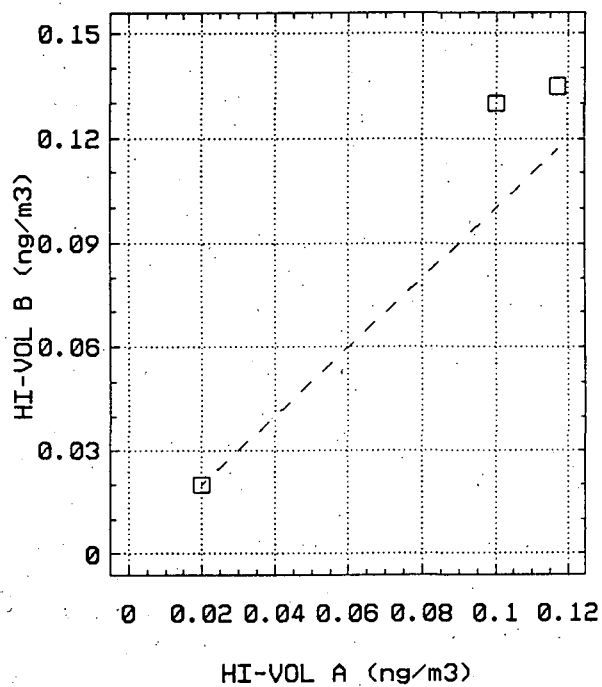
--- Ligne 1:1

a-HCH - PUF:
VOLUME B = VOLUME A



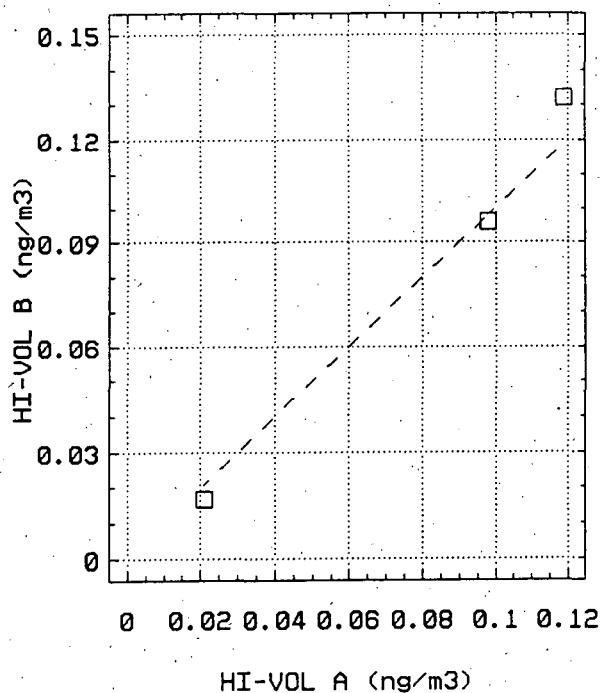
--- Ligne 1:1

a-HCH - PUF:
VOLUME B < VOLUME A



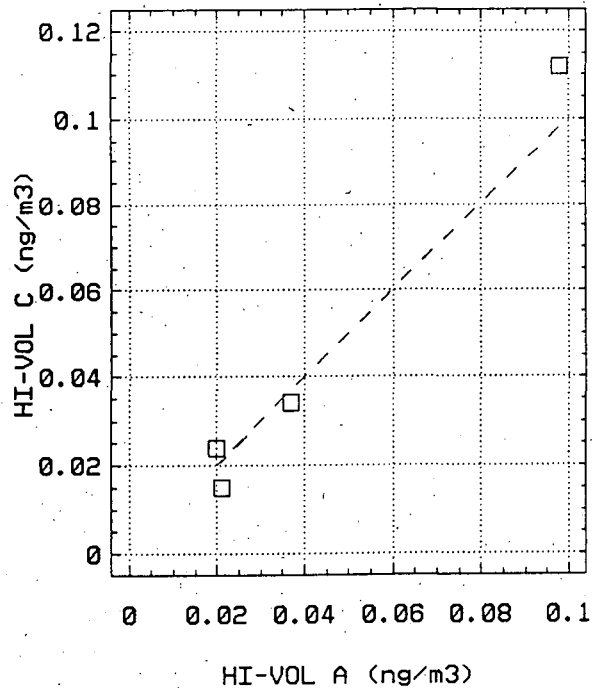
--- Ligne 1:1

a-HCH - PUF:
VOLUME B > VOLUME A



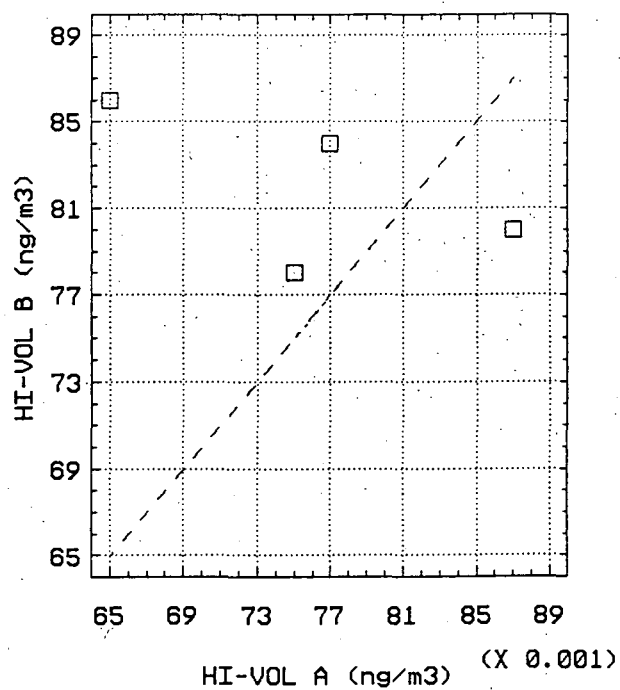
--- Ligne 1:1

a-HCH - PUF:
VOLUME C = VOLUME A



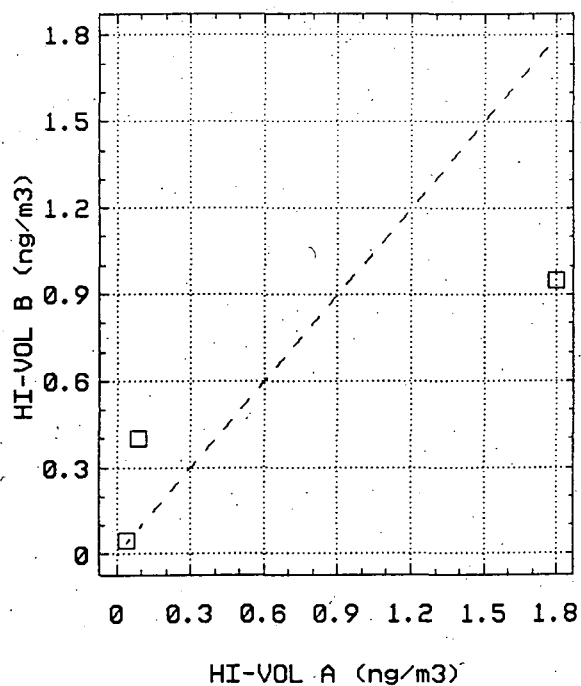
--- Ligne 1:1

(X 0.001)
 HCB - PUF:
 VOLUME B = VOLUME A



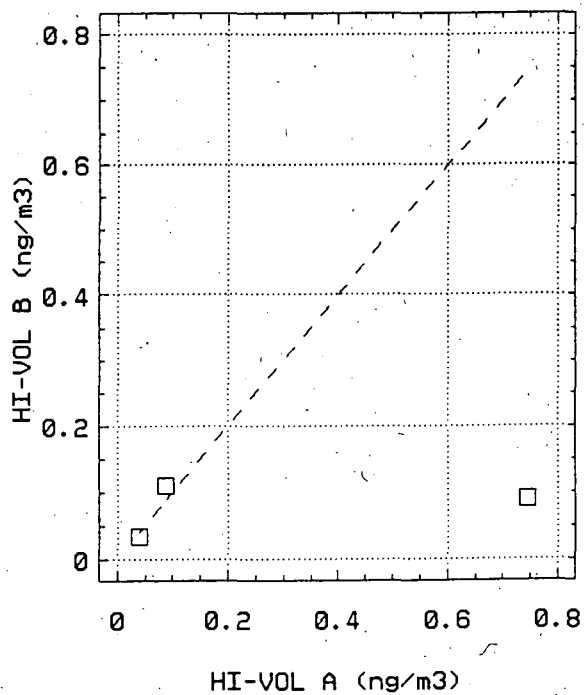
--- Ligne 1:1

HCB - PUF:
 VOLUME B < VOLUME A



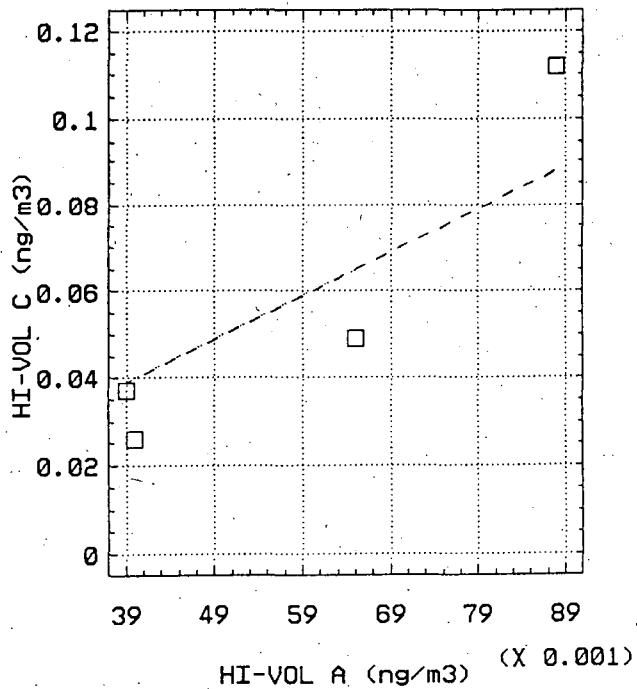
--- Ligne 1:1

HCB - PUF:
 VOLUME B > VOLUME A



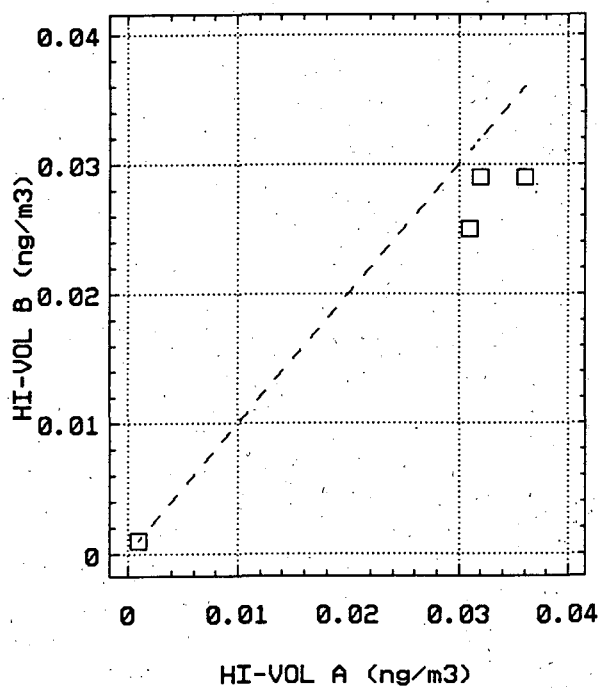
--- Ligne 1:1

HCB - PUF:
 VOLUME C = VOLUME A



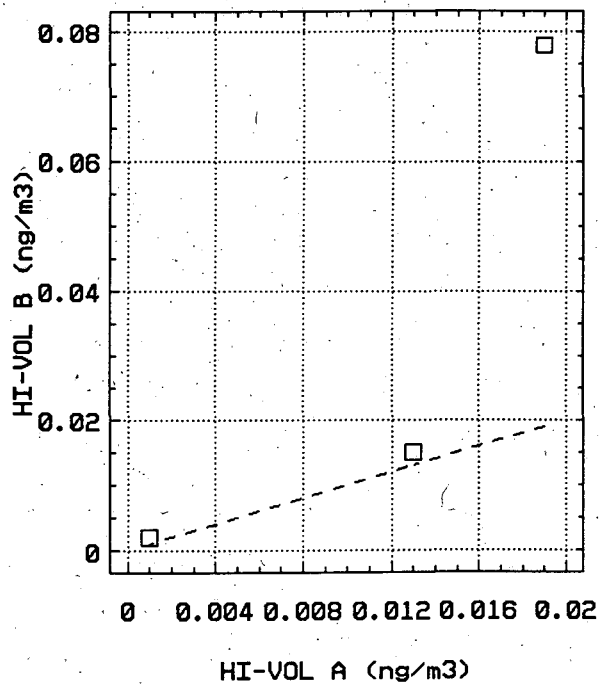
--- Ligne 1:1

LINDANE - PUF:
VOLUME B = VOLUME A



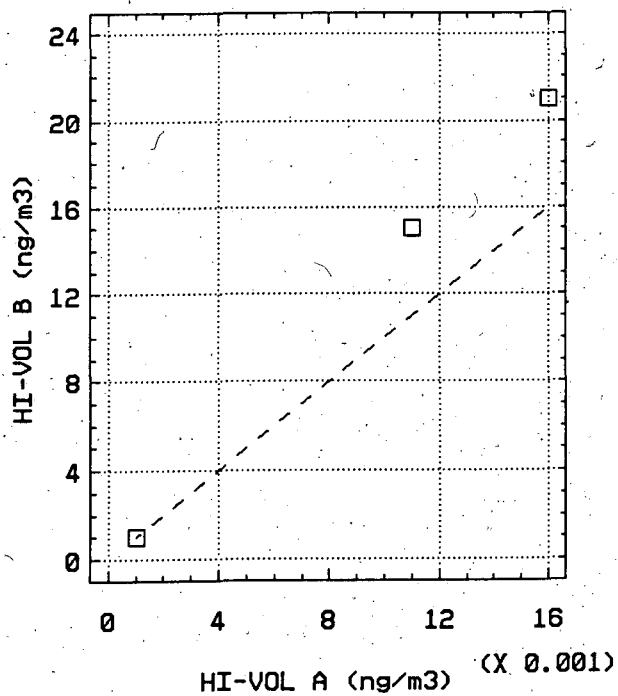
--- Ligne 1:1

LINDANE - PUF:
VOLUME B < VOLUME A



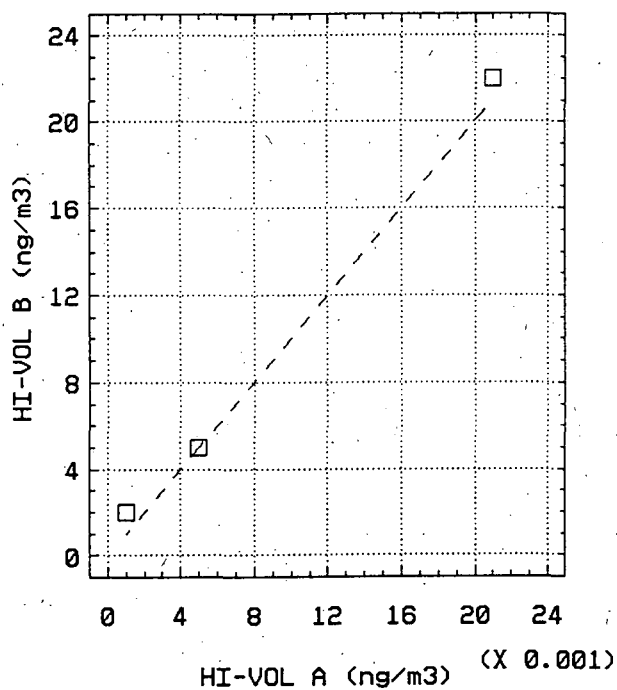
--- Ligne 1:1

LINDANE - PUF:
VOLUME B > VOLUME A
(X 0.001)



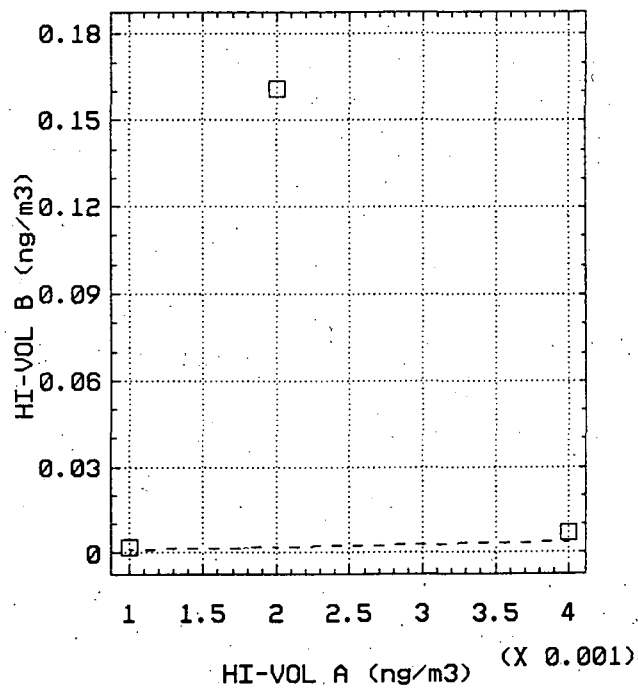
--- Ligne 1:1

DDE - PUF:
VOLUME B = VOLUME A
(X 0.001)



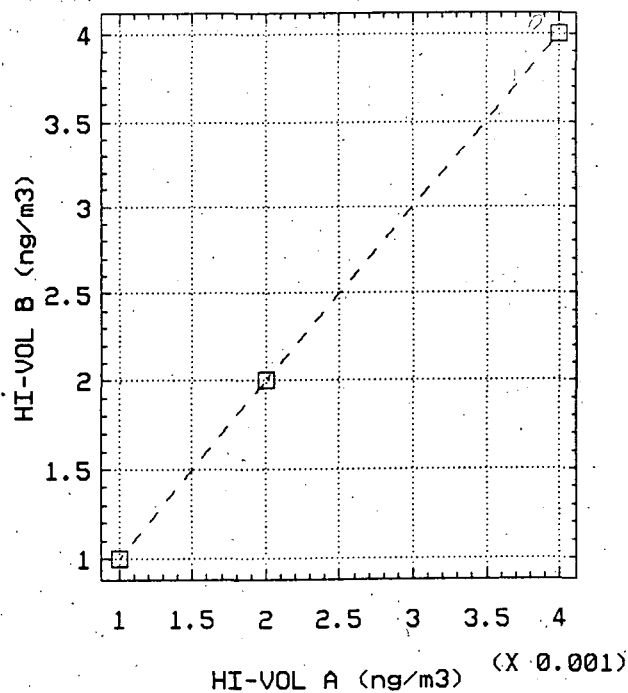
--- Ligne 1:1

DDE - PUF:
VOLUME B < VOLUME A



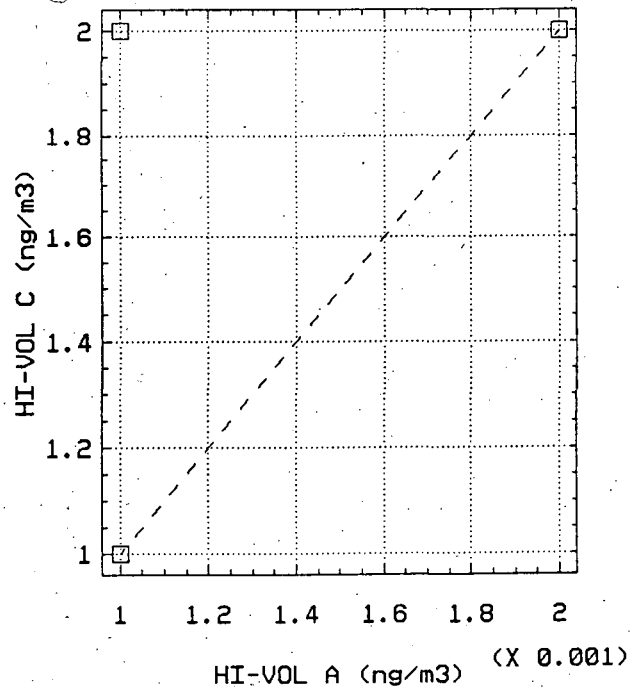
--- Ligne 1:1

DDE - PUF:
VOLUME B > VOLUME A
(X 0.001)



--- Ligne 1:1

DDE - PUF:
VOLUME C = VOLUME A
(X 0.001)

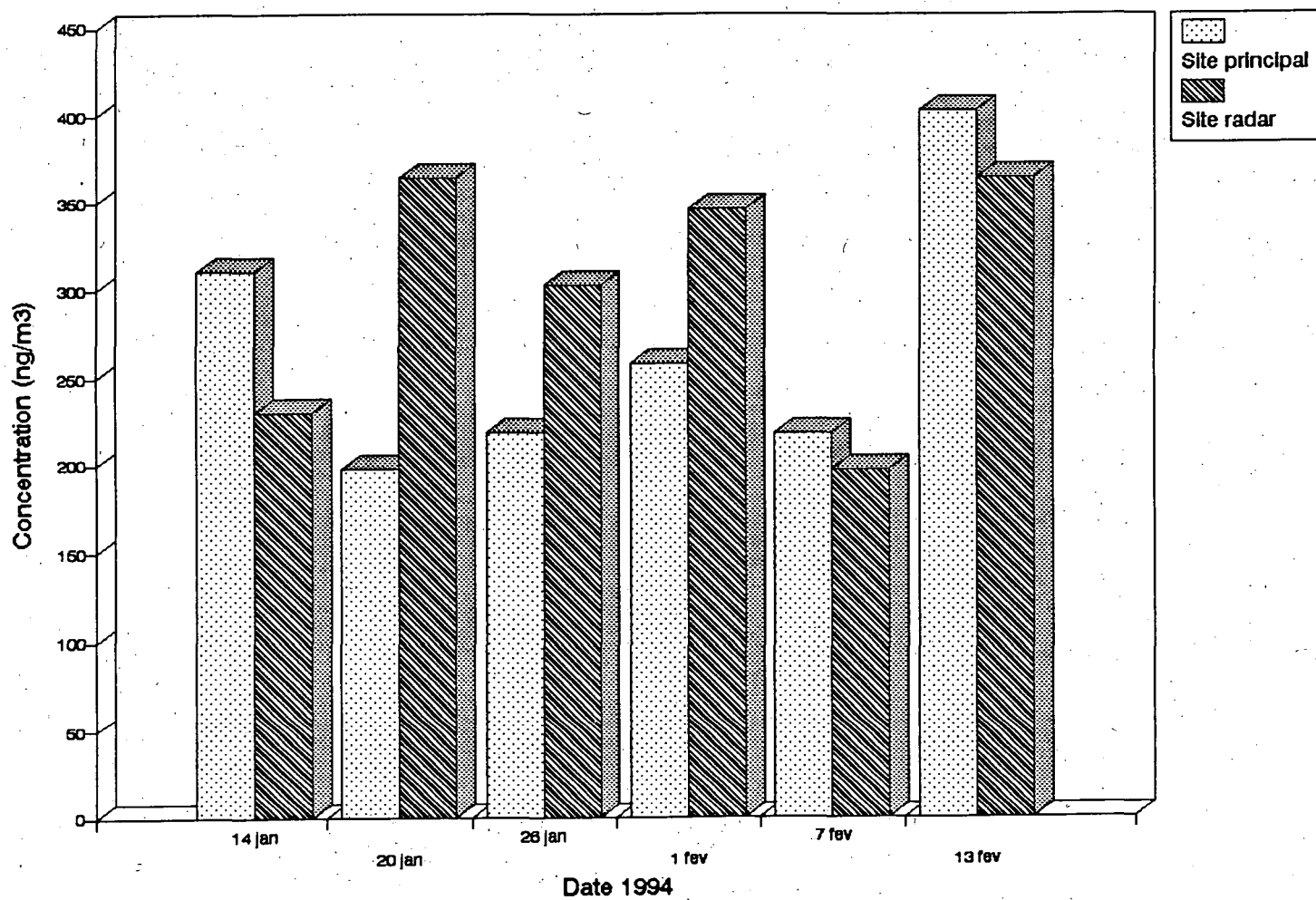


--- Ligne 1:1

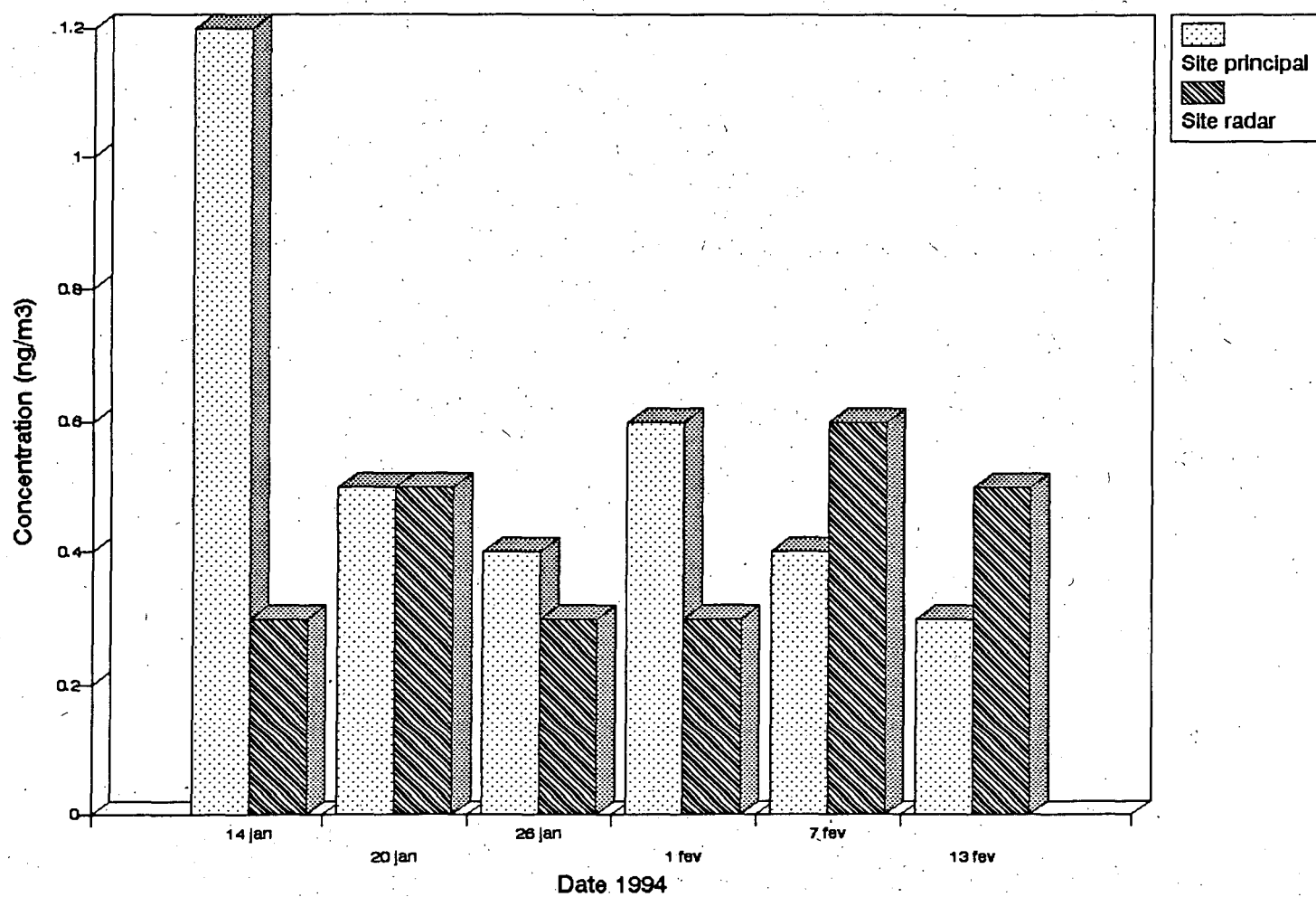
APPENDICE B

FIGURES POUR INORGANIKUES

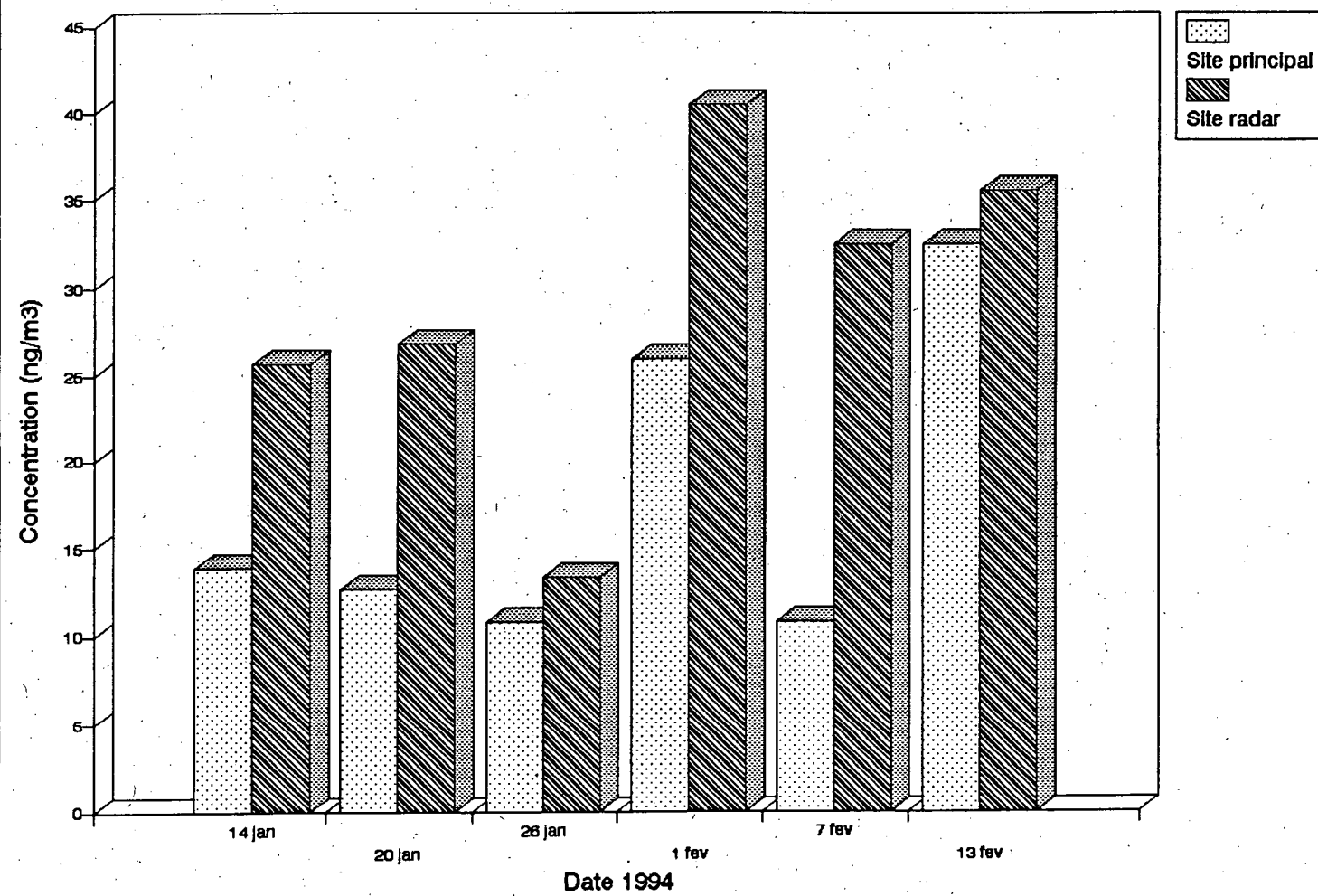
ALUMINIUM



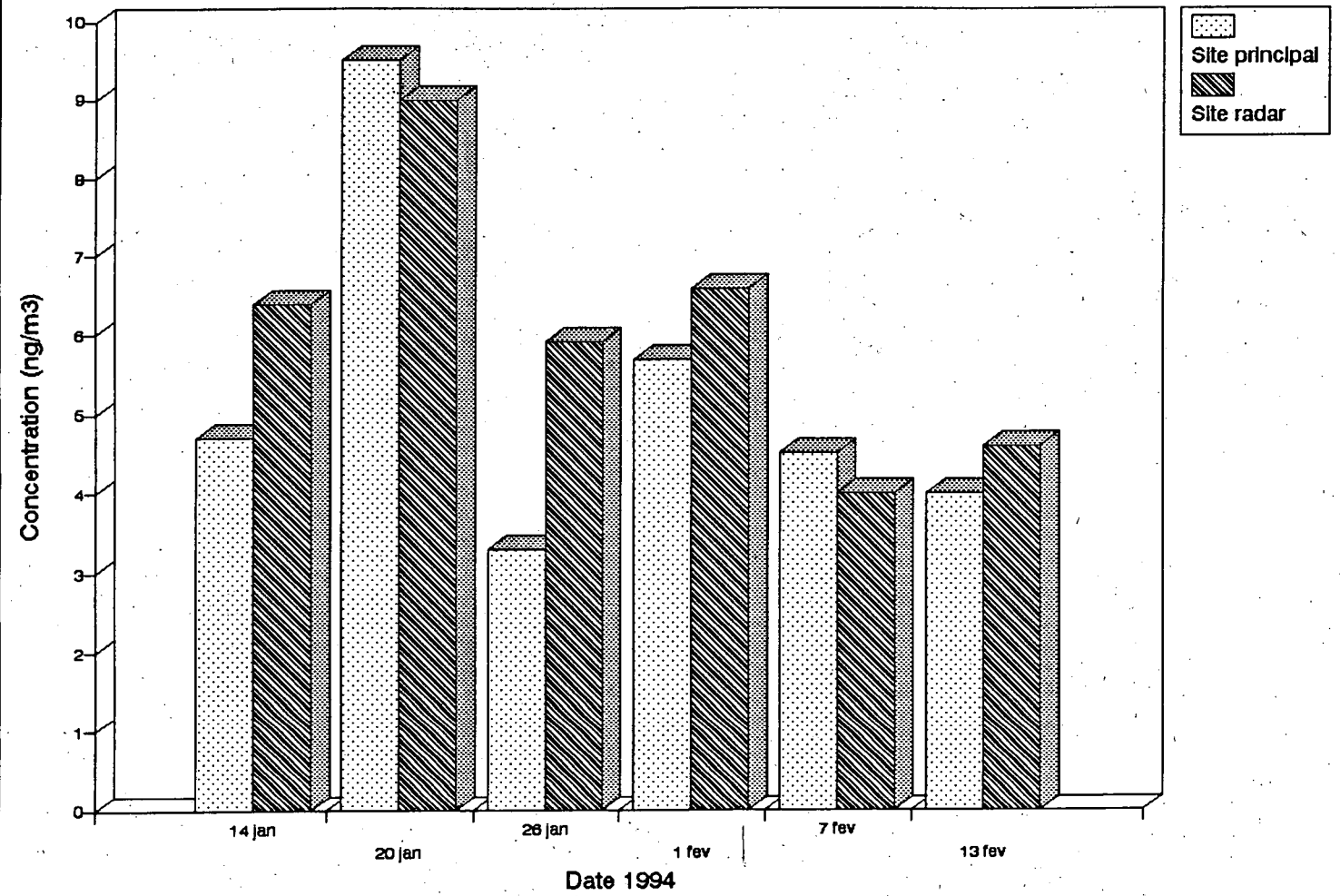
CADMIUM



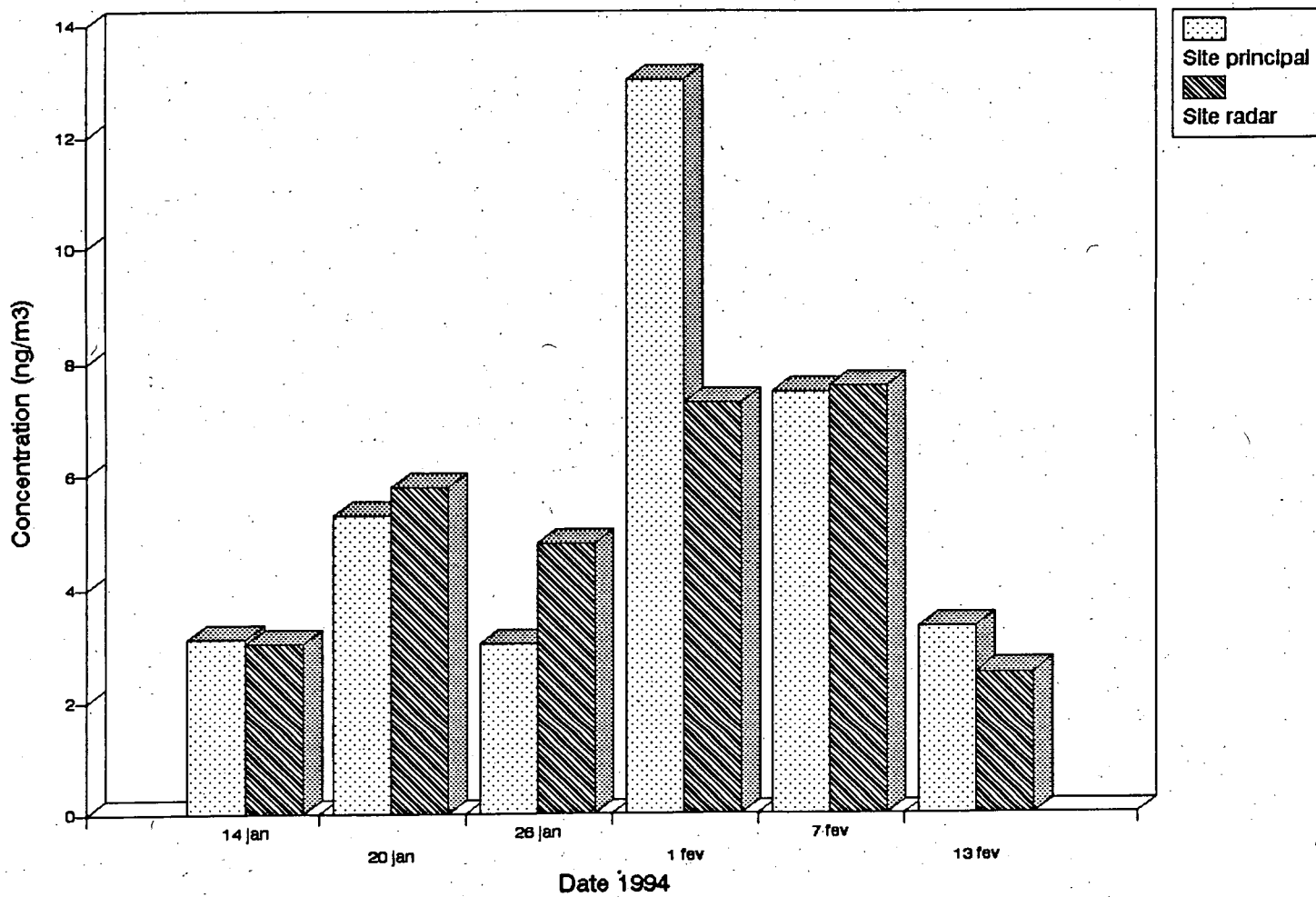
CUIVRE



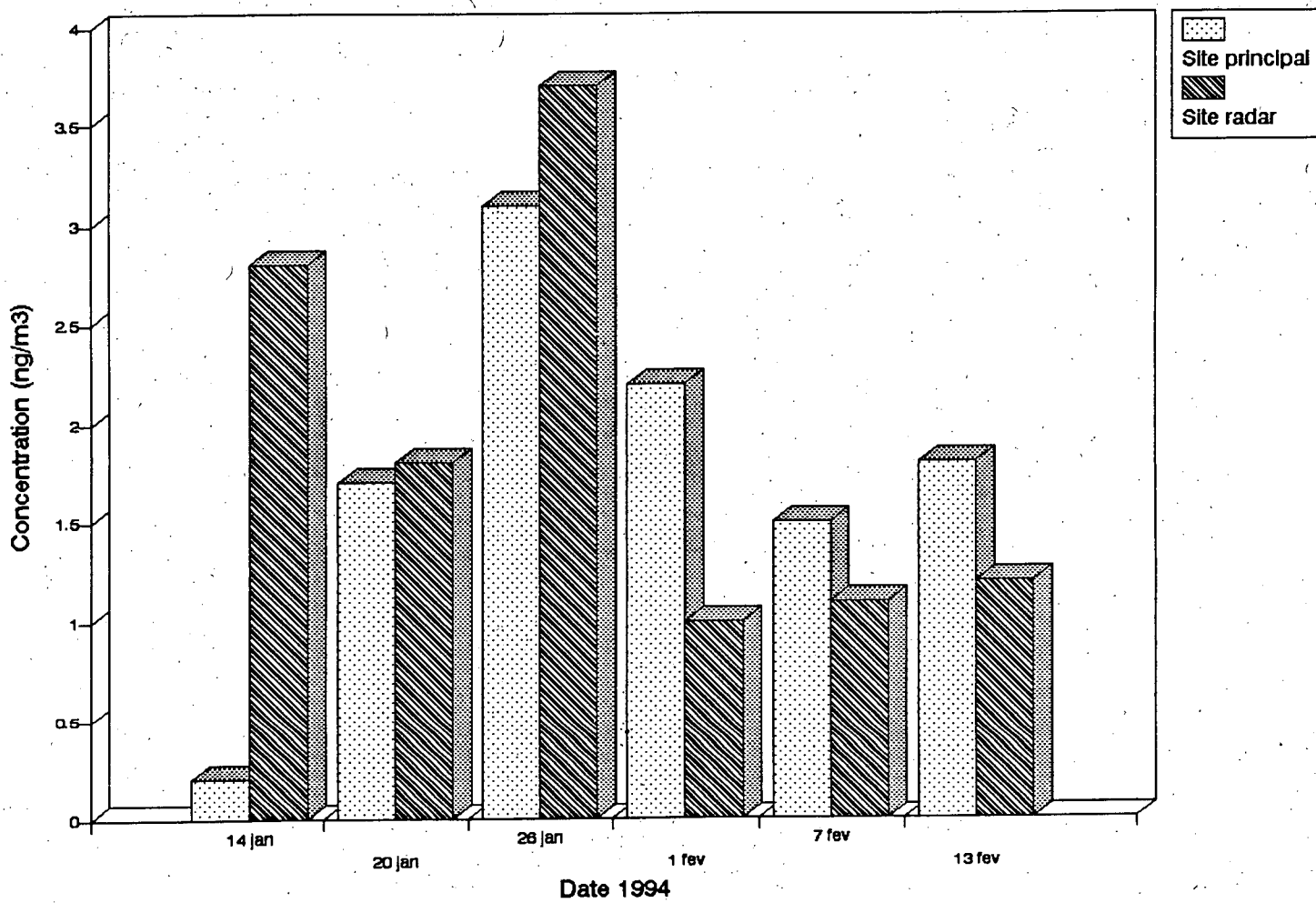
MANGANESE



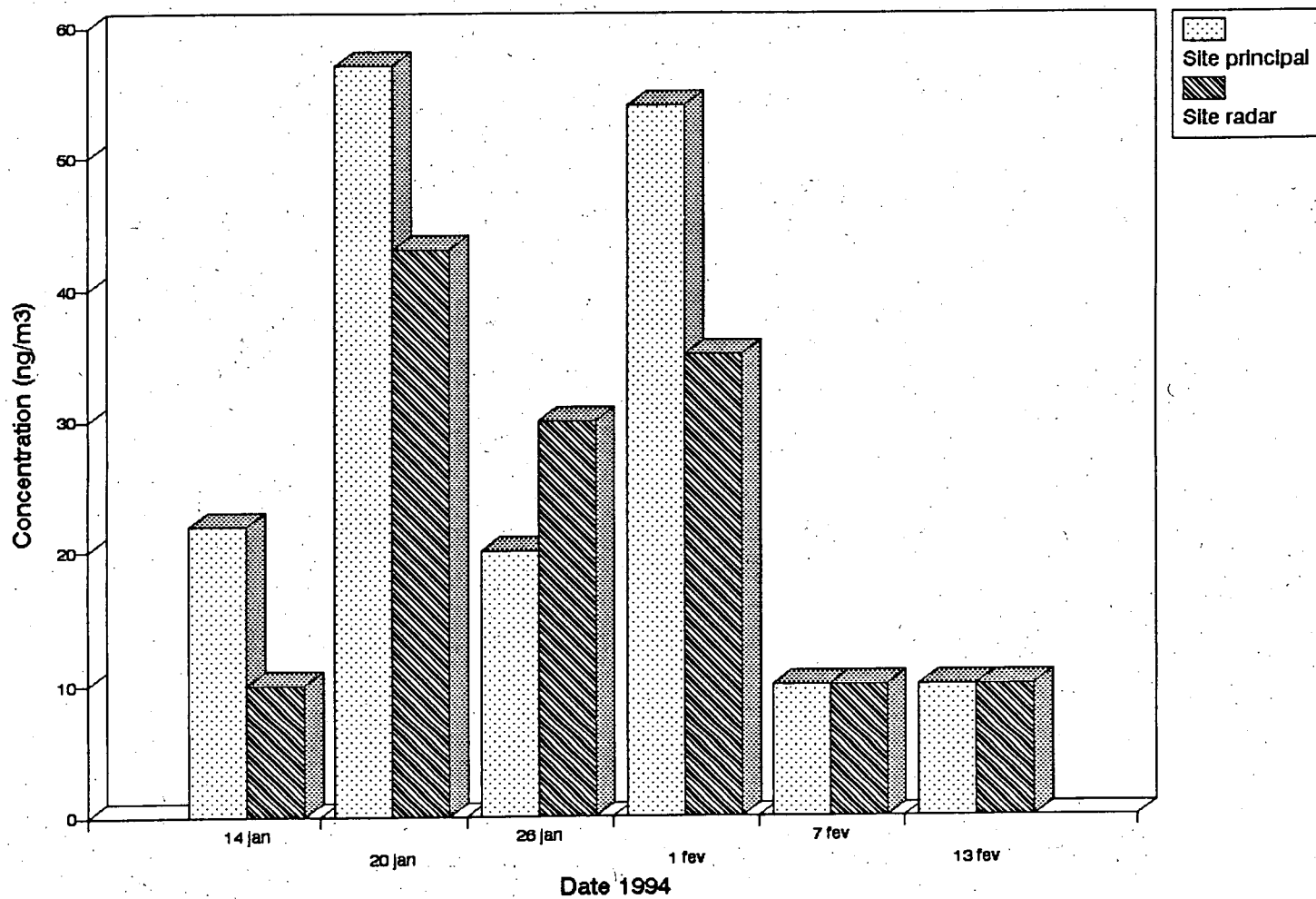
PLOMB



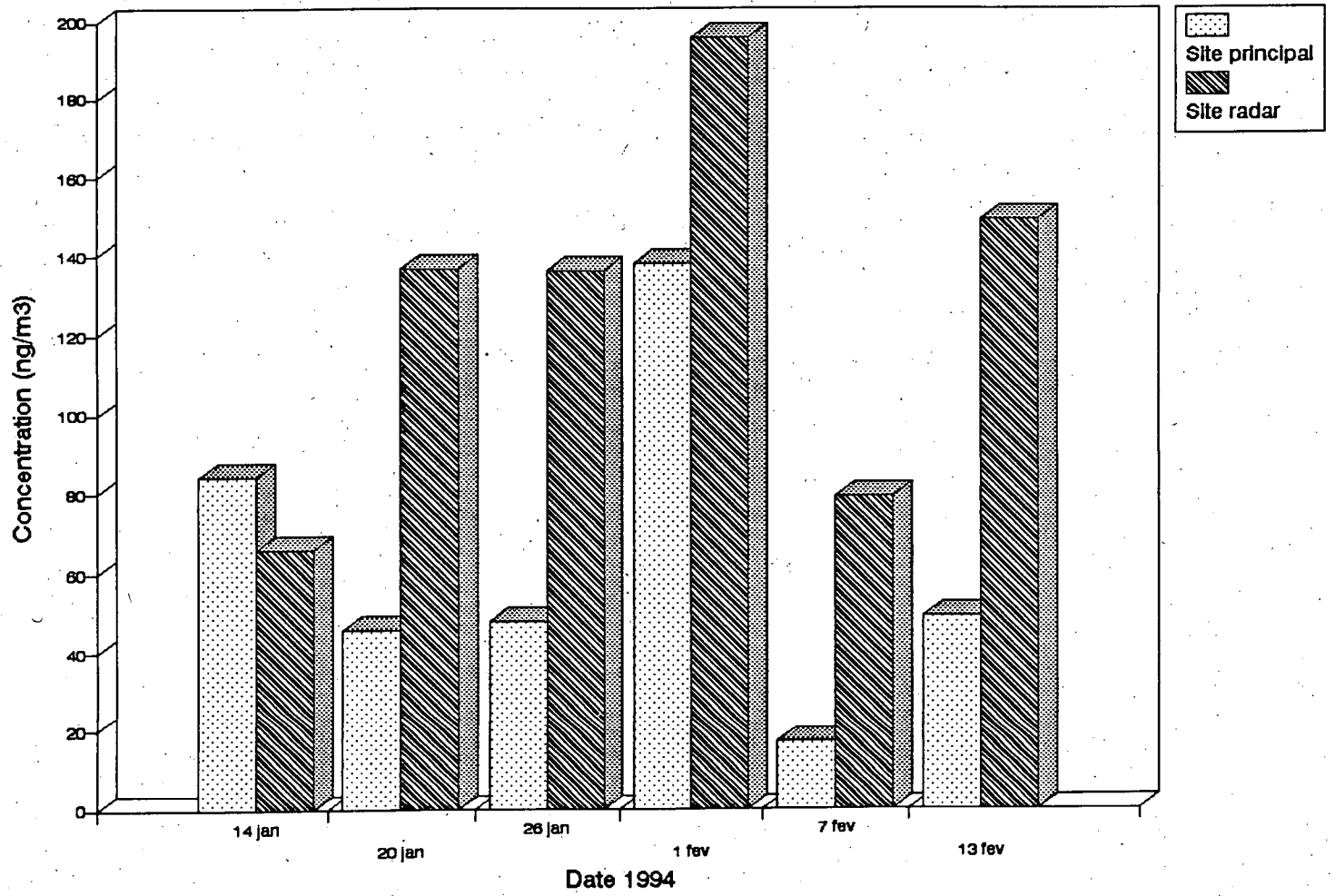
SELENIUM



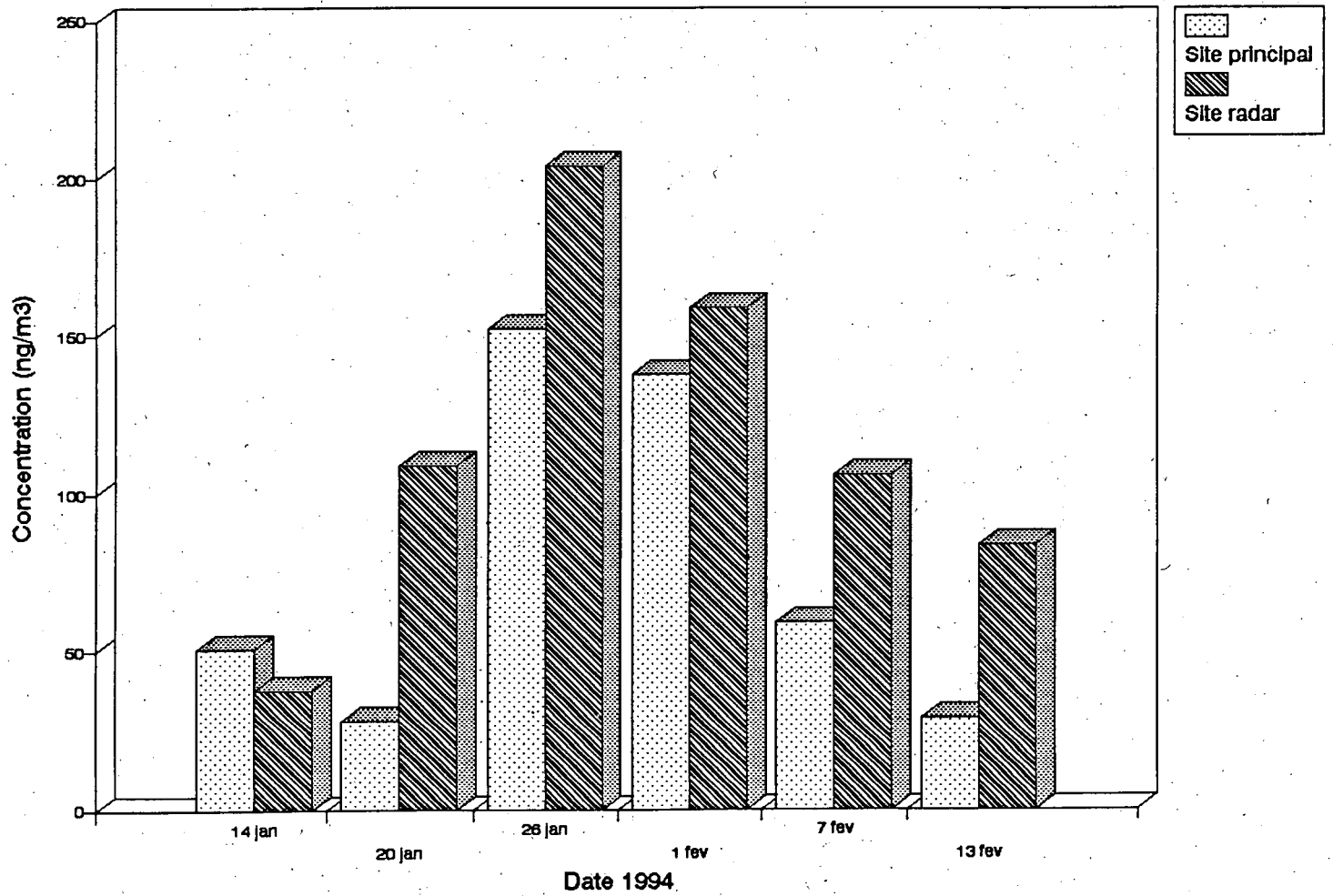
ZINC



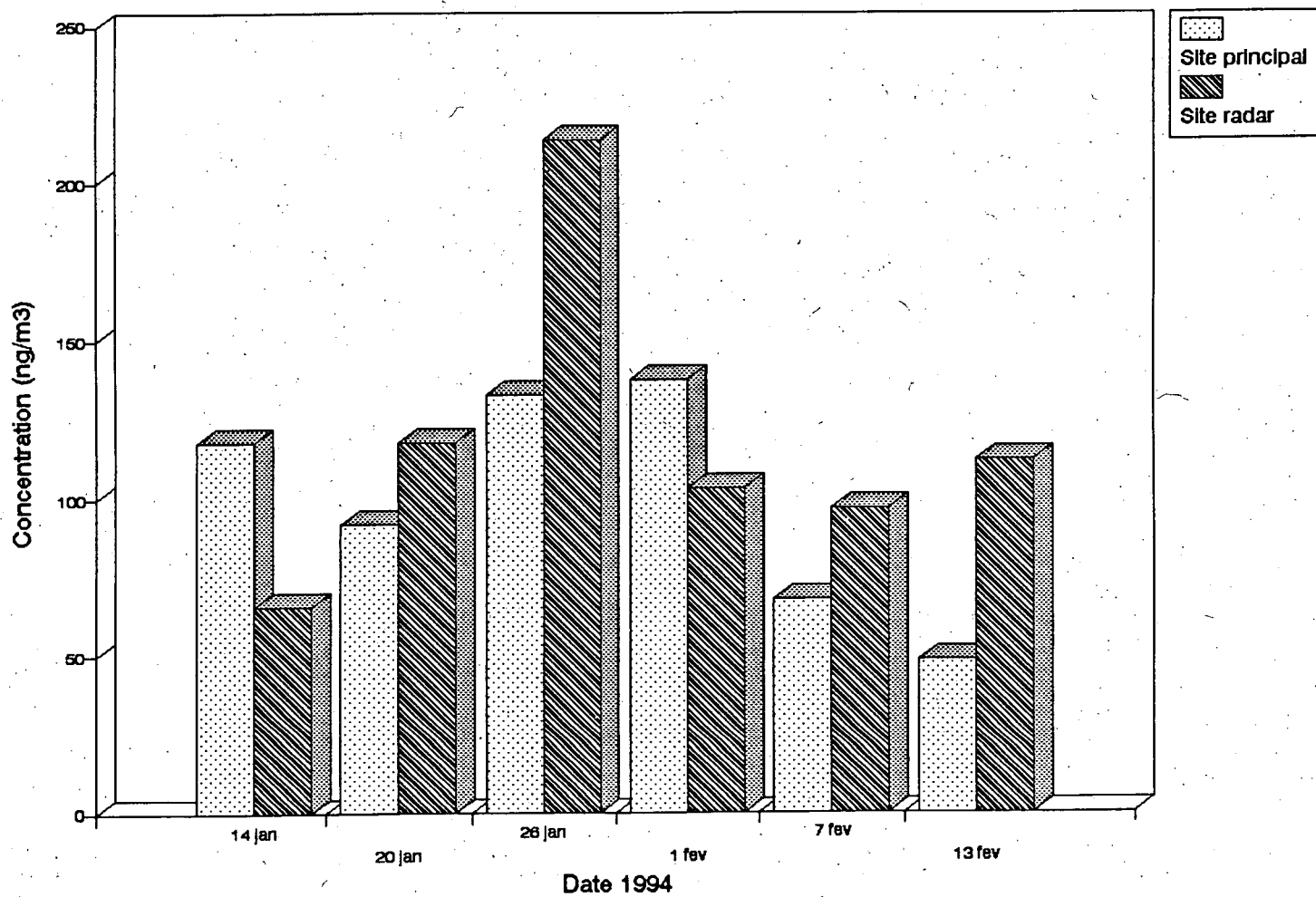
Ca²⁺



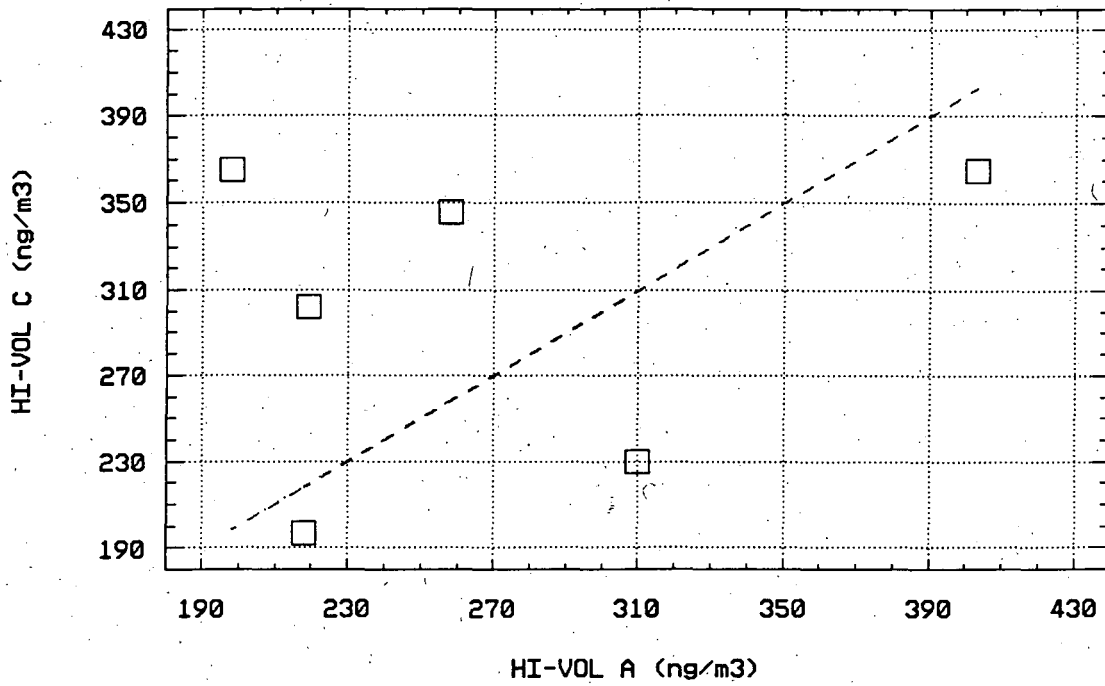
Mg2+



K+

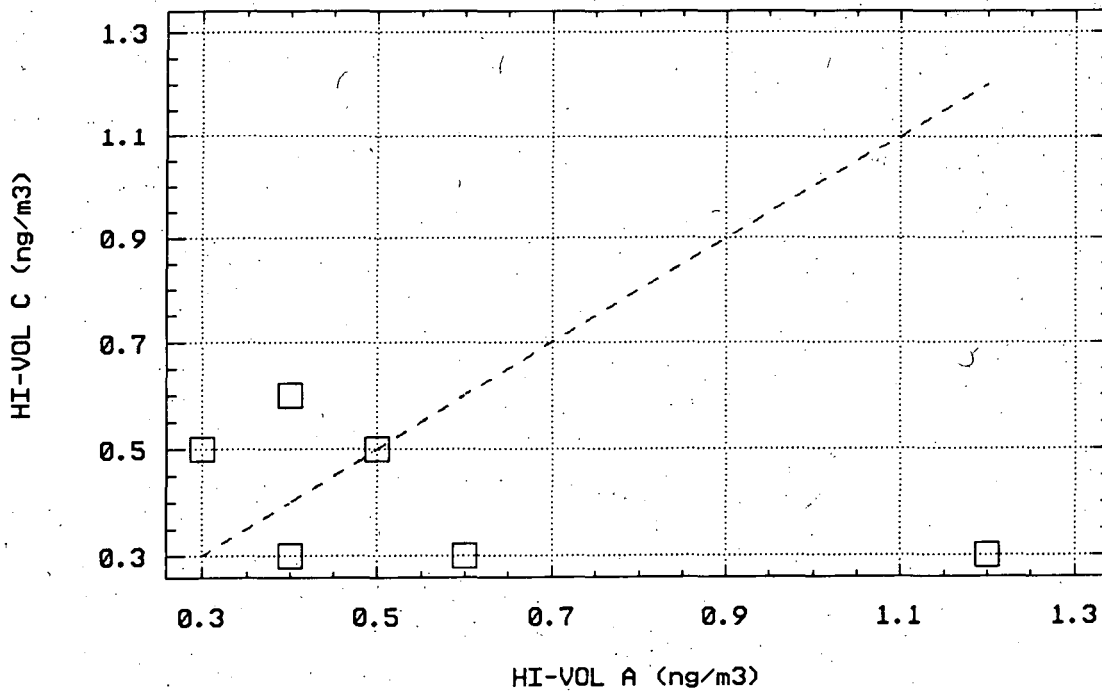


ALUMINIUM



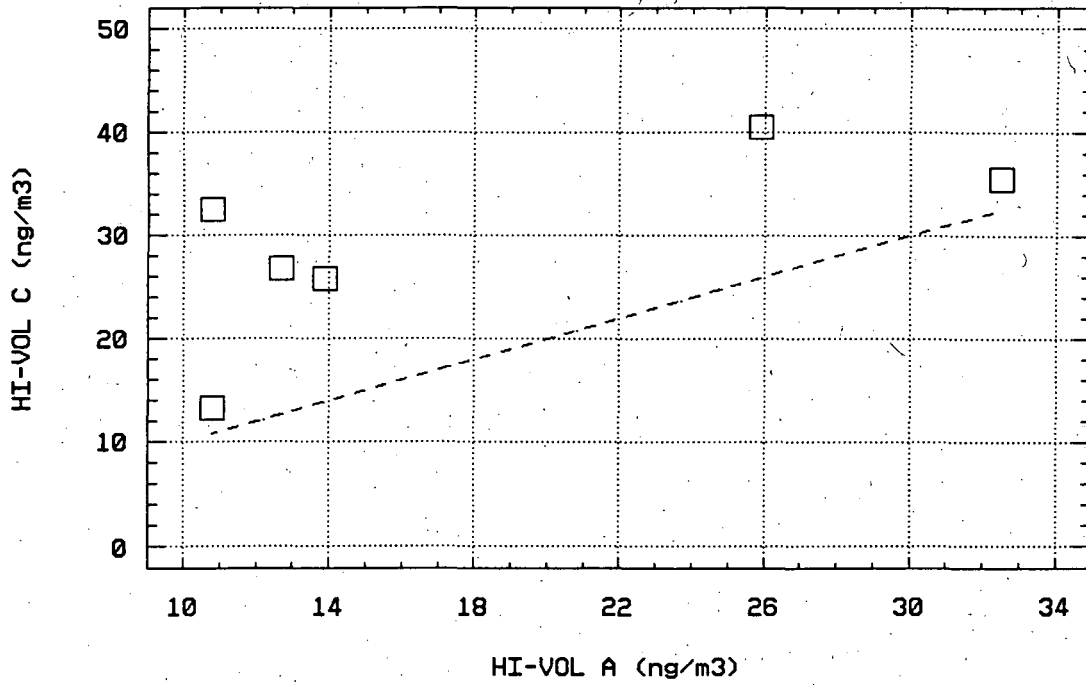
--- Ligne 1:1

CADMIUM



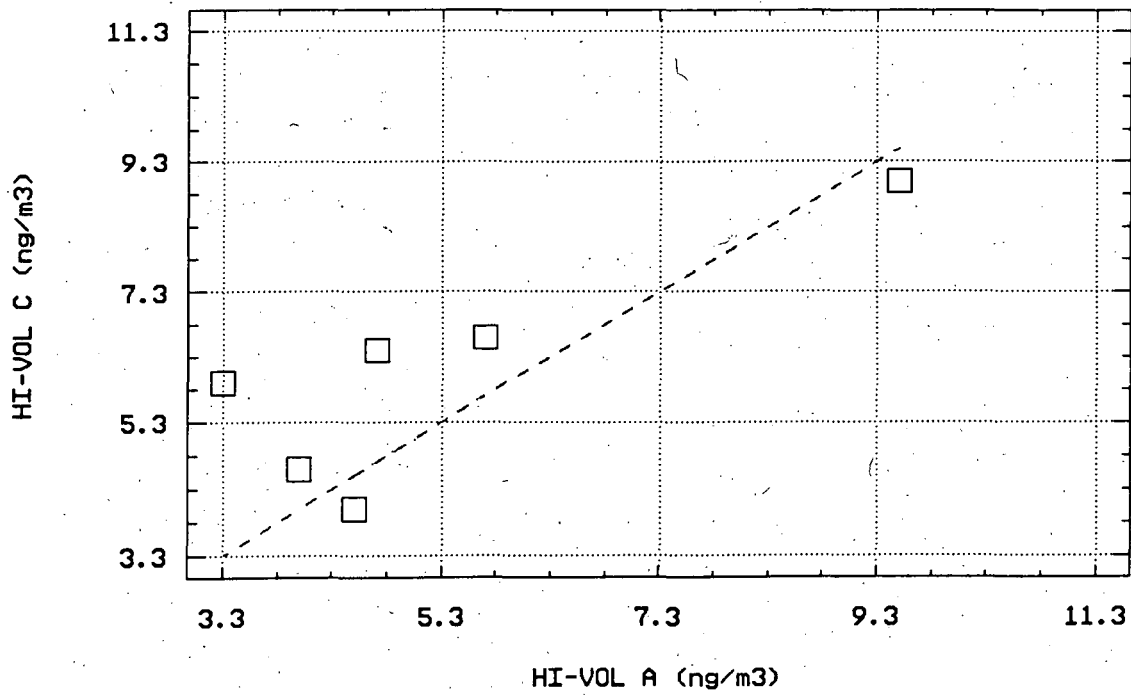
--- Ligne 1:1

CUIVRE



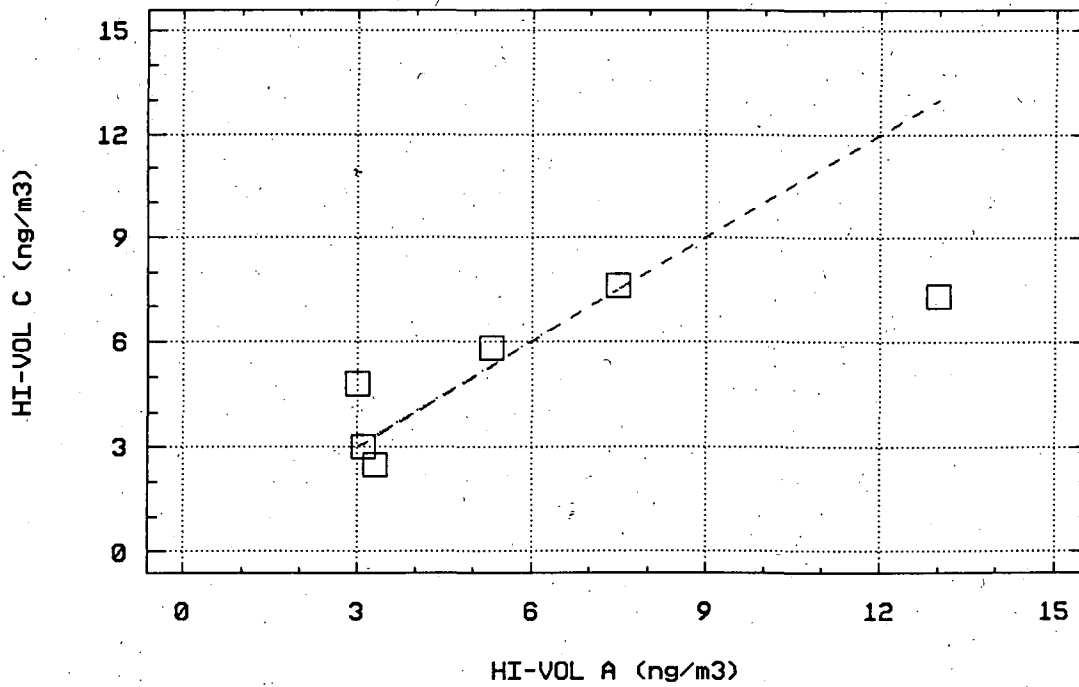
--- Ligne 1:1

MANGANESE



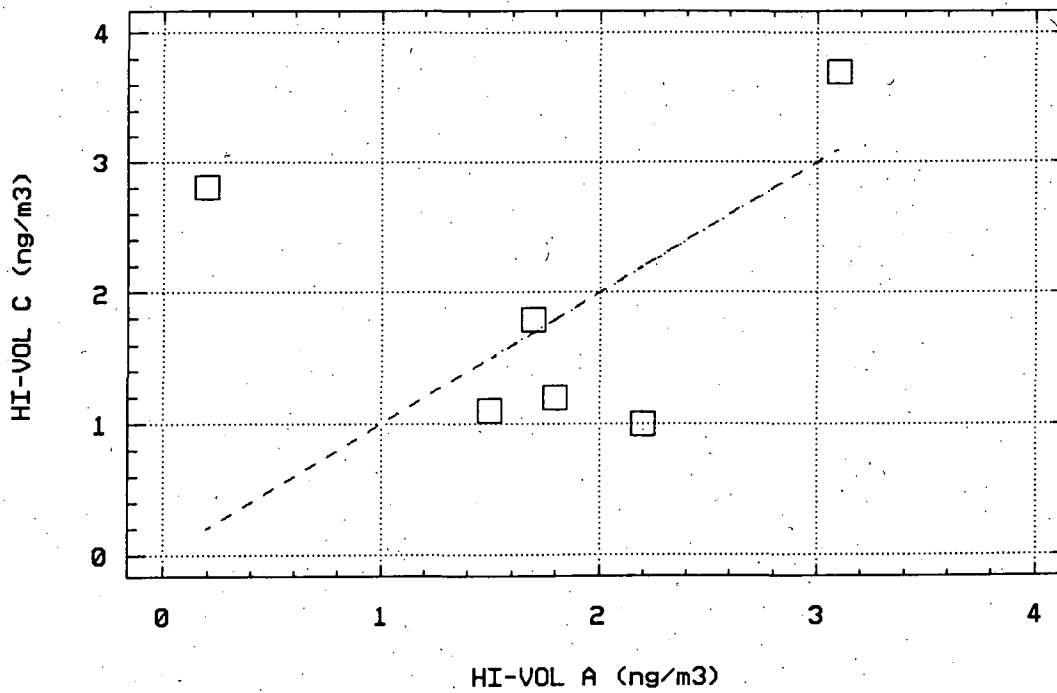
--- Ligne 1:1

PLOMB



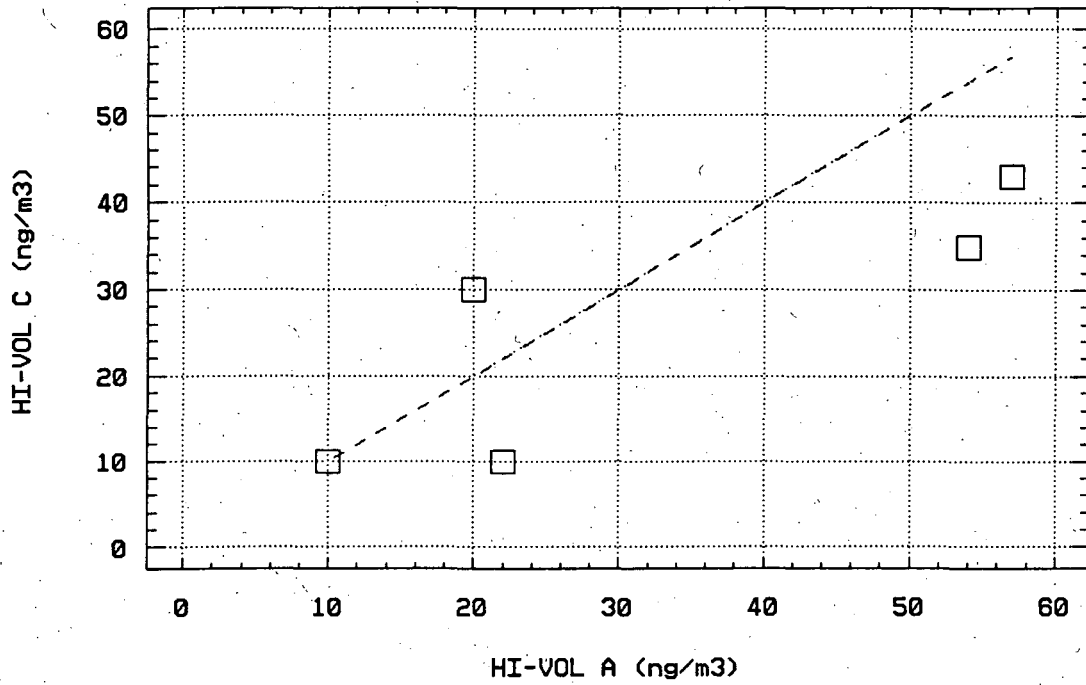
--- Ligne 1:1

SELENIUM



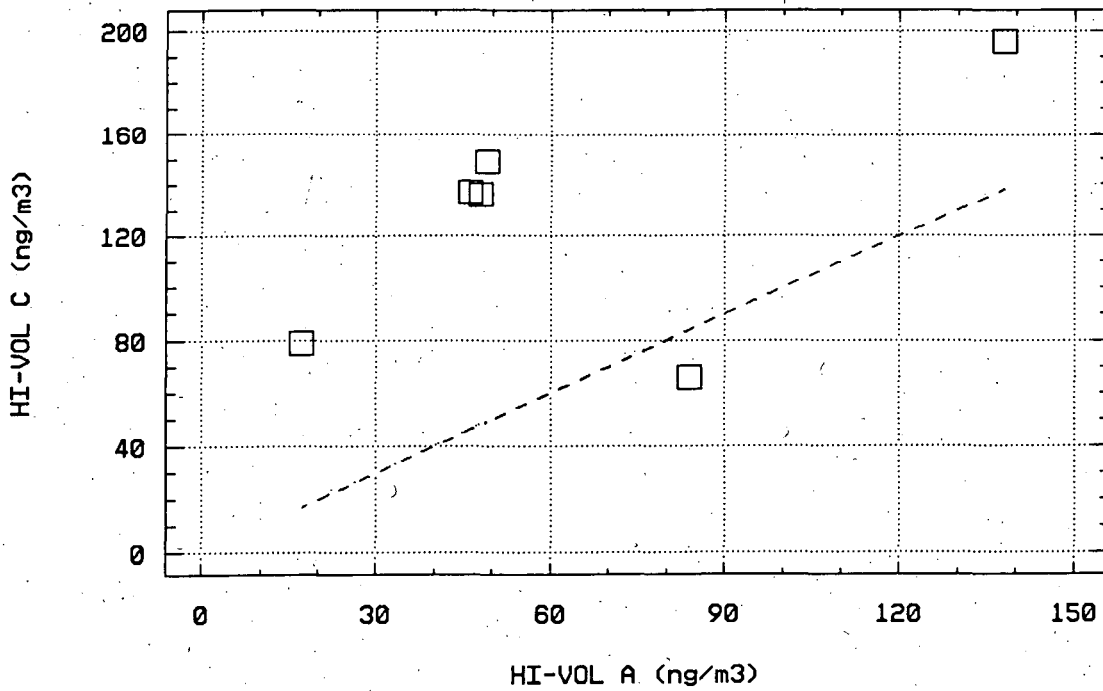
--- Ligne 1:1

ZINC



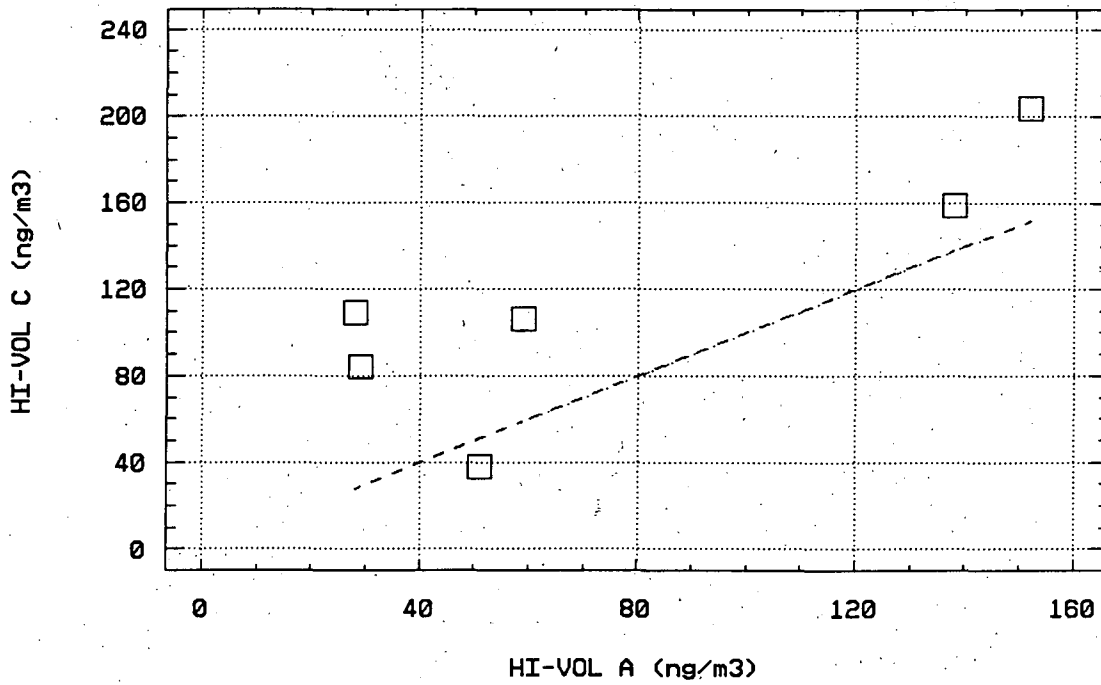
--- Ligne 1:1

Ca2+



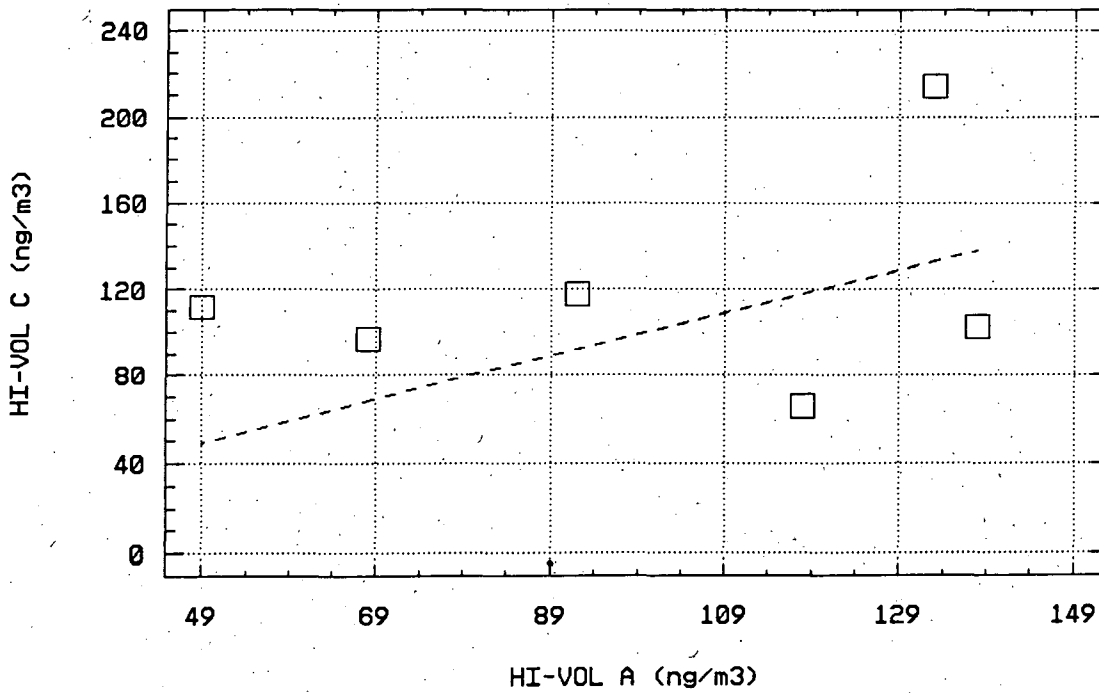
--- Ligne 1:1

Mg²⁺



--- Ligne 1:1

K⁺



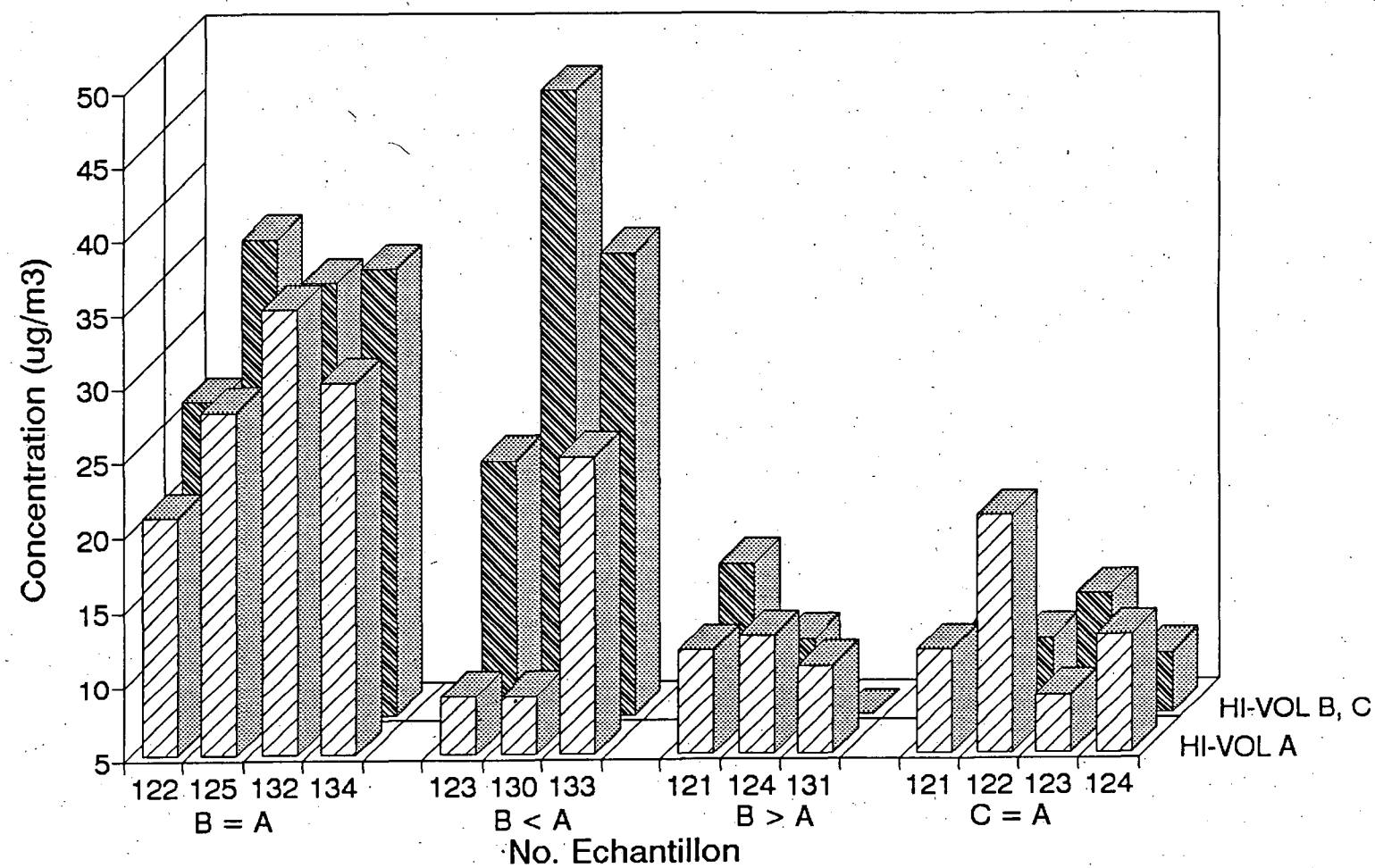
--- Ligne 1:1

APPENDICE C

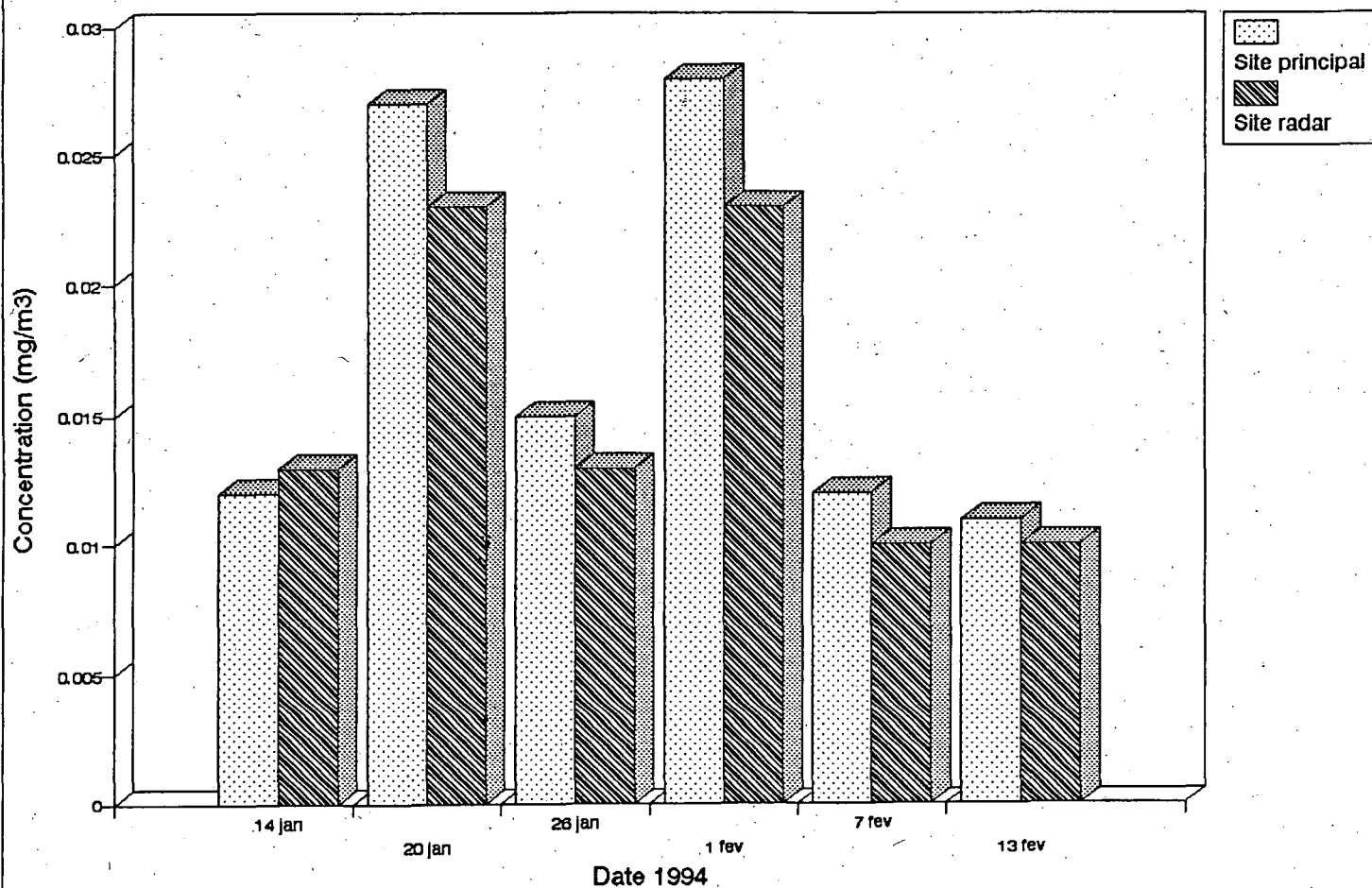
FIGURES POUR MATIÈRE EN SUSPENSION

(MES)

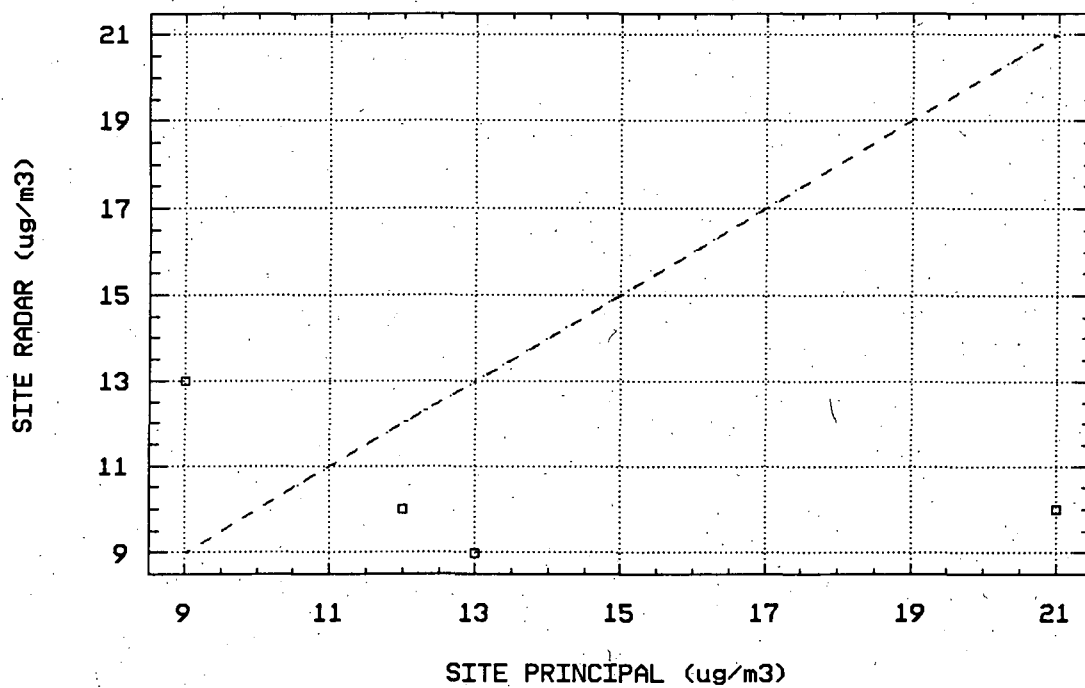
MATIERE EN SUSPENSION (FILTRES POUR ORGANIQUES - MES_{UdeM})



MATIERE EN SUSPENSION FILTRES POUR INORGANIQUE (MES_{Laval})

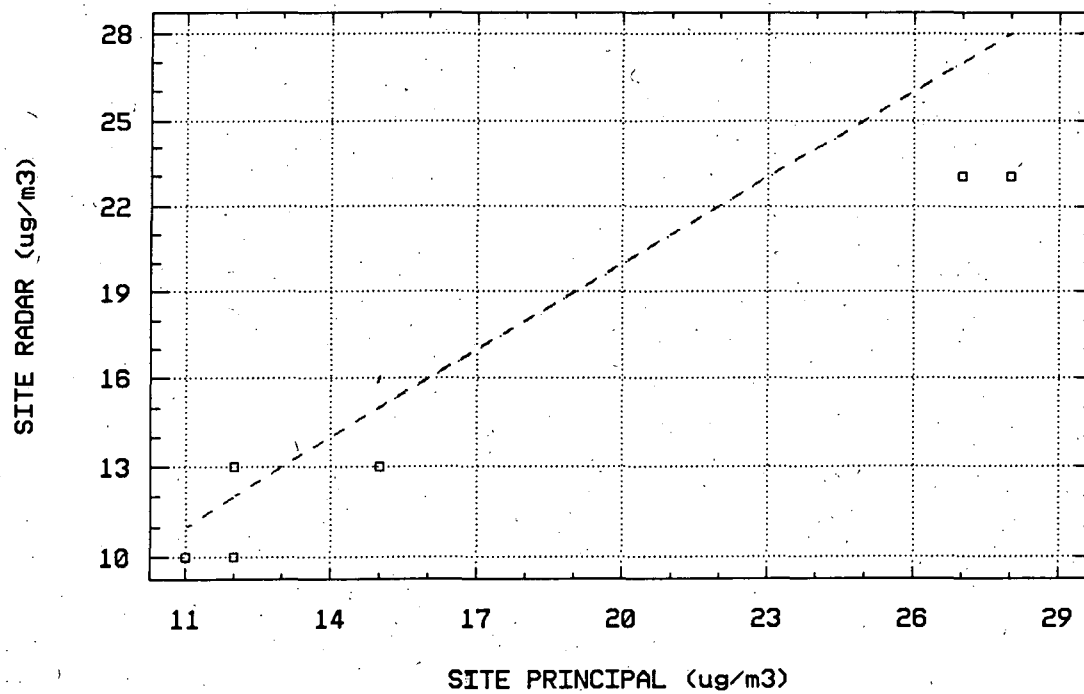


MATIERE EN SUSPENSION
(FILTRES POUR ORGANIQUES)



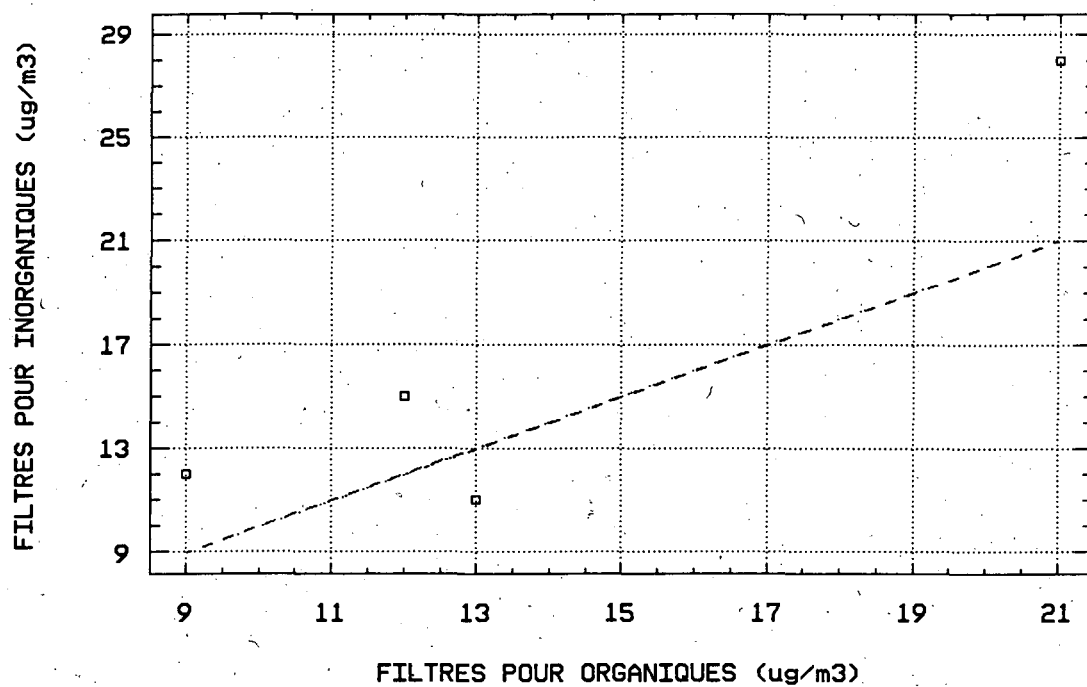
--- Ligne 1:1

MATIERE EN SUSPENSION
(FILTRES POUR INORGANIQUES)



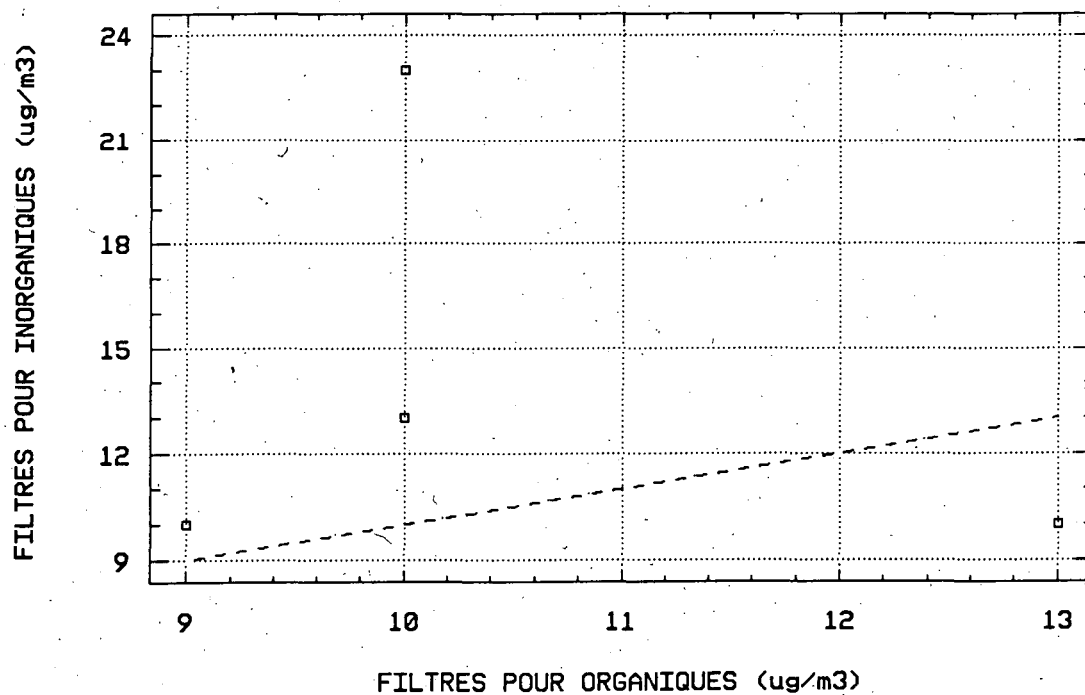
--- Ligne 1:1

MATIERE EN SUSPENSION
(SITE PRINCIPAL)



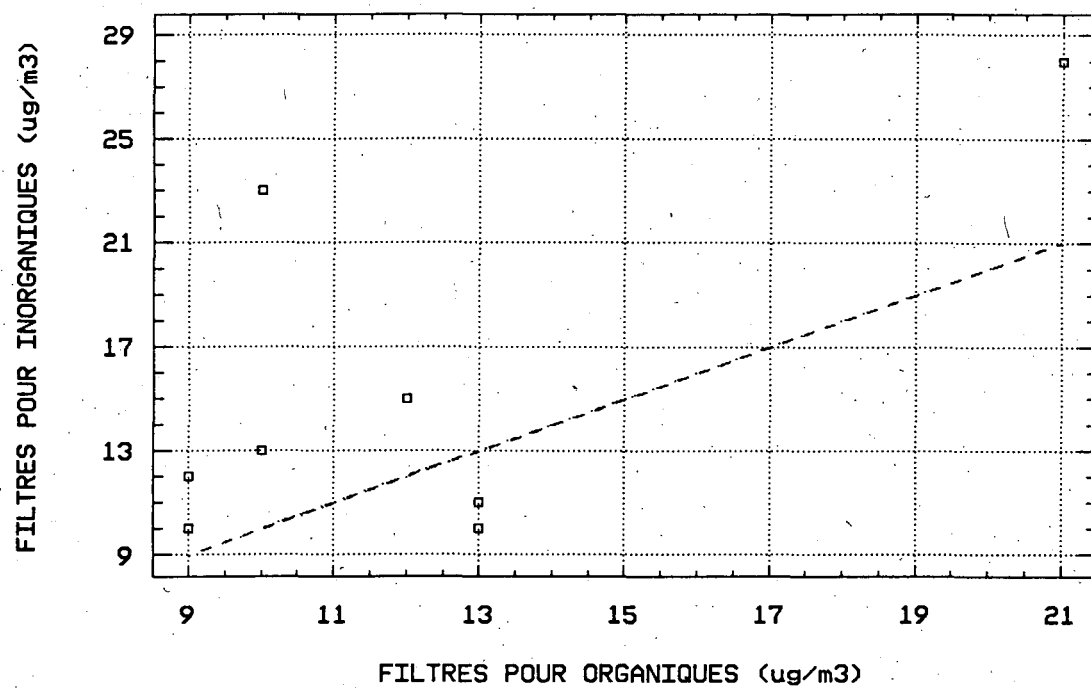
--- Ligne 1:1

MATIERE EN SUSPENSION
(SITE RADAR)



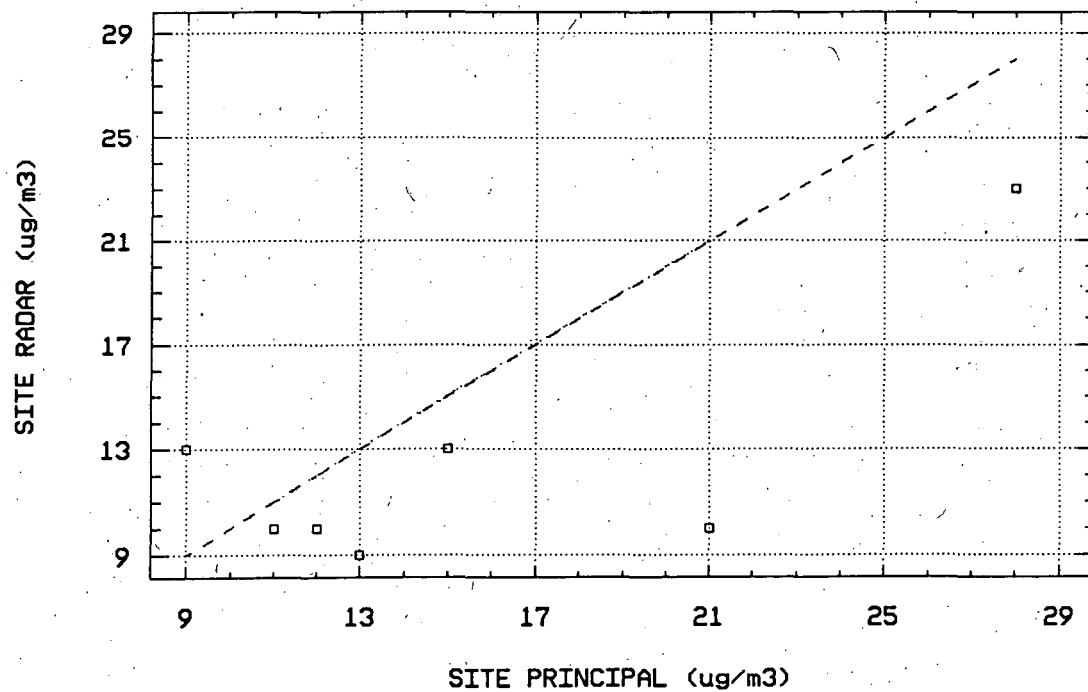
--- Ligne 1:1

MATIERE EN SUSPENSION
(SITE PRINCIPAL ET RADAR)



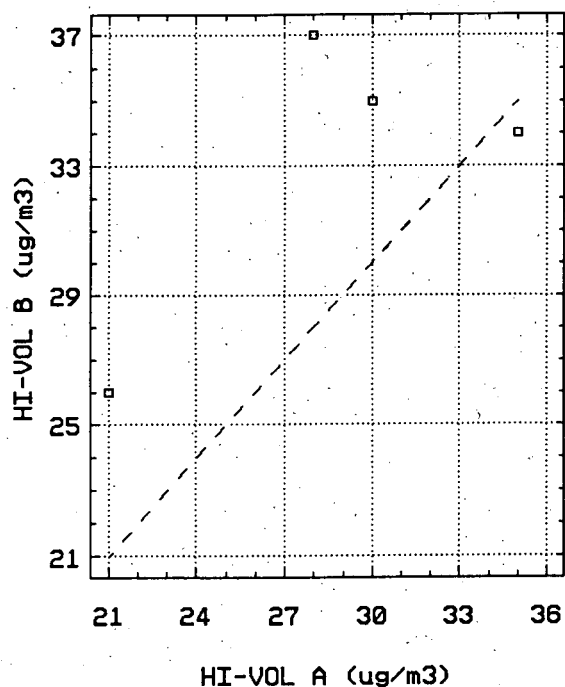
--- Ligne 1:1

MATIERE EN SUSPENSION
FILTRES POUR ORGANIQUES ET INORGANIQUES



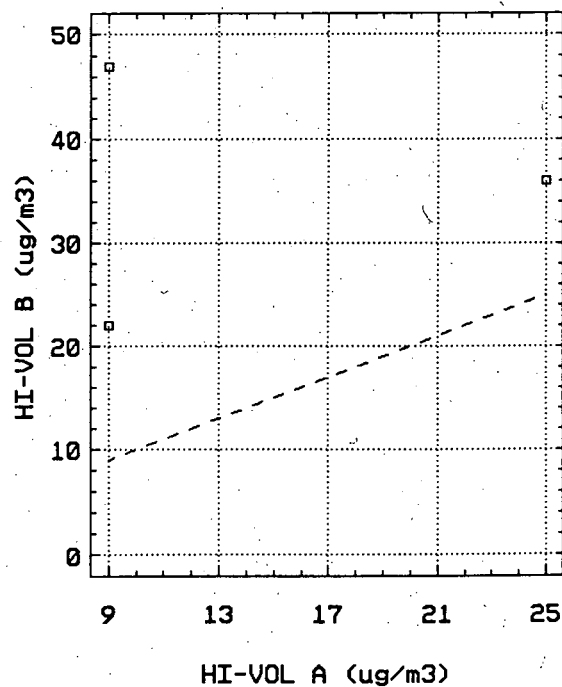
--- Ligne 1:1

MES (UdeM)
(VOLUME B = VOLUME A)



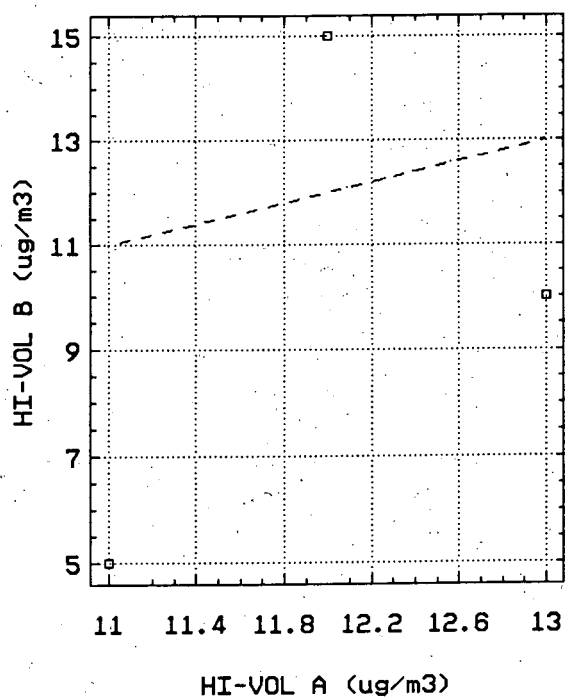
--- Ligne 1:1

MES (UdeM)
(VOLUME B < VOLUME A)



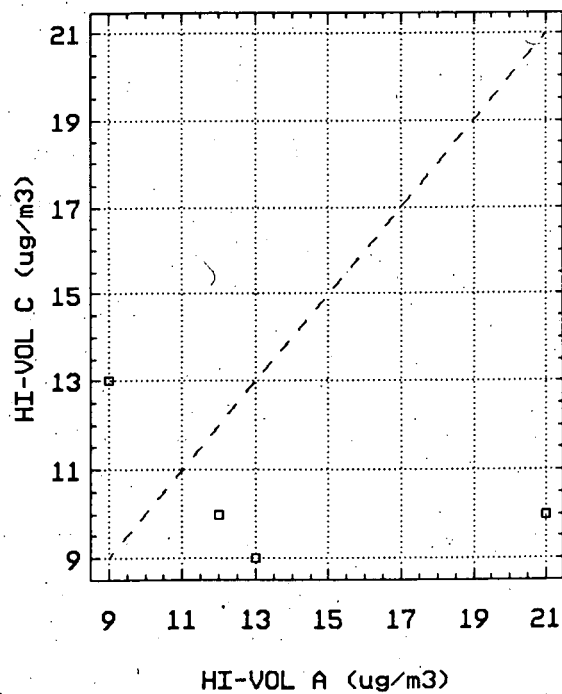
--- Ligne 1:1

MES (UdeM)
(VOLUME B > VOLUME A)



--- Ligne 1:1

MES (UdeM)
(VOLUME C = VOLUME A)



--- Ligne 1:1