

Impacts de la marée noire (*Amoco Cadiz*) en biologie humaine

par J.-F. MENEZ, F. BERTHOU, D. PICART, C. RICHE *

Devant l'ampleur de la catastrophe provoquée par l'échouage de l'*Amoco Cadiz*, les initiatives les plus désordonnées ont été prises lors de l'intervention sur le terrain. Ainsi, sans se soucier de la composition du pétrole déversé sur les côtes — alors que l'odeur pestilentielle dégagée dès le premier jour aurait dû conduire à une plus grande prudence —, les autorités publiques responsables ont laissé habitants, militaires et volontaires vivre et travailler dans des situations sanitaires plus que précaires. La Faculté de Médecine de Brest a été chargée par le Préfet de la surveillance médicale de la population concernée le 3 avril sans que pour cette opération des moyens matériels et financiers exceptionnels soient débloqués. Aussi c'est dans des conditions d'interventions difficiles que les résultats présentés ici ont pu être acquis.

A. SITUATION DU RISQUE

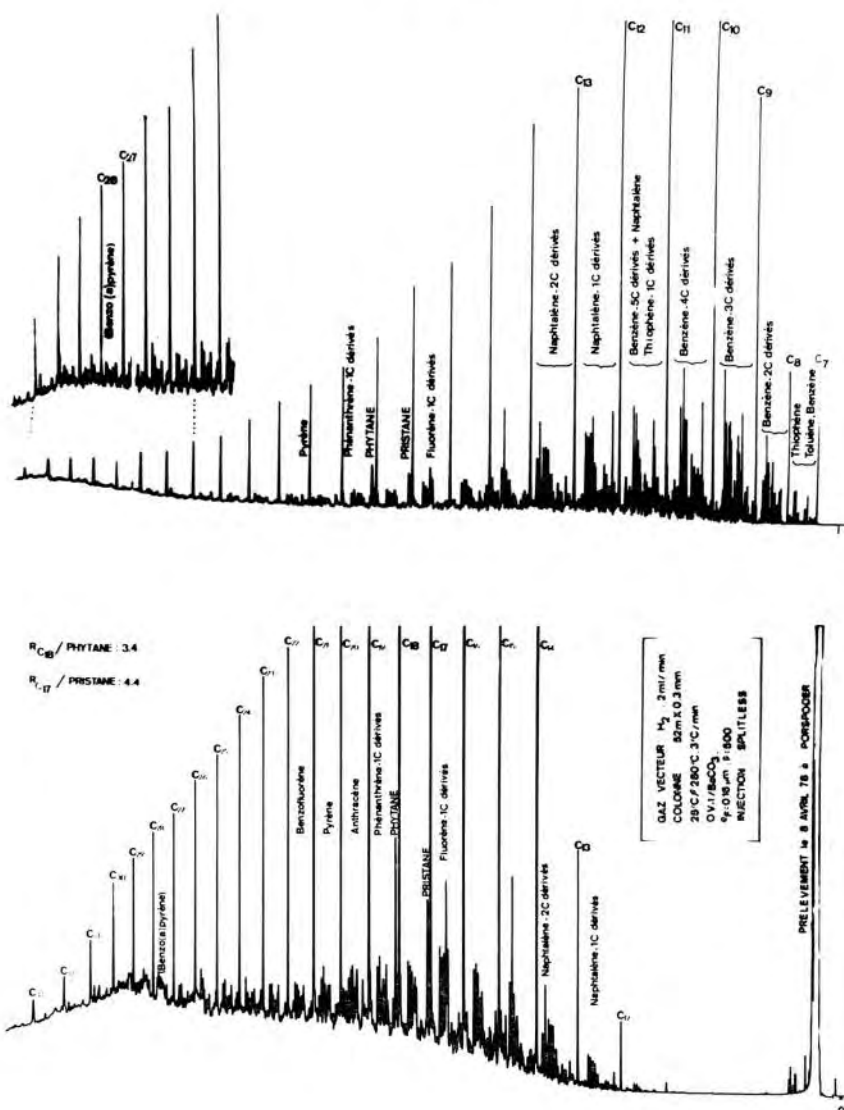
Dans le cadre d'une pollution pétrolière massive, le risque sur la santé humaine peut avoir deux origines selon la voie de pénétration des résidus pétroliers dans l'organisme : soit pulmonaire par inhalation des produits volatils, soit la voie transcutanée, exceptionnellement la voie digestive par absorption accidentelle.

La voie de pénétration pulmonaire concerne les composés volatils du pétrole déversé sur les côtes. Une étude de la composition du pétrole, ramassé sur les plages à deux époques différentes, montre que ces composés volatils sont essentiellement des composés mono-aromatiques subsitués.

Les figures 1 et 2 présentent des chromatogrammes en phase gazeuse haute résolution du pétrole respectivement les 17 mars et 8 avril sur le même site de Porspoder. Il est à remarquer que les analyses présentées sur ces figures ont été réalisées directement sur le pétrole sans nécessiter des étapes de purification, extraction et concentration qui ont toutes pour inconvénient d'éliminer les « volatils ».

Par comparaison des deux chromatogrammes, il apparaît clairement que les composés volatils, du moins plus volatils que le dodécane ou C_{12} (température d'ébullition de 216 °C) ont disparu dans l'atmosphère. La solubilisation

* Faculté de Médecine, B.P. 815 - 29279 Brest Cedex.



FIGURES 1 et 2 — Chromatogrammes du pétrole le 17 mars (en haut) et le 8 avril (en bas) à Porspoder.

sélective de ces composés légers dans l'eau de mer ne peut être raisonnablement invoquée. Parmi les produits les plus volatils ainsi éliminés, il faut relever benzène, toluène, éthylbenzène, thiophène, xylène, qui représentent environ 0,6 % de la fraction totale chromatographiable à 300 °C. Cette fraction contient les composés jusqu'à l'hexatriacontane ou C₃₆ de point d'ébullition égal à 650 °C ; selon l'Institut Français du Pétrole cette fraction représente environ 84 % du pétrole total, les 16 % restant représentant les goudrons et asphaltènes qui sont exclus des analyses mentionnées ici.

Entre l'octane et le nonane (C₈ - C₉) on relève les dérivés diméthylés et éthylés du benzène qui représentent environ 4 % de la fraction définie précédemment. Situés entre le nonane et le décane (C₉ - C₁₀) sur les chromatogrammes,

figurent essentiellement des isomères tri-méthylés du benzène, 5 % de la fraction chromatographiable à 300 °C. Entre le décane et l'undécane (C_{10} - C_{11}) se situent les dérivés tétra-méthylés du benzène, environ 6 % de la fraction analysable par chromatographie. Enfin, il faut noter entre l'undécane et le dodécane (C_{11} - C_{12}), les isomères tétra et penta-méthylés du benzène, le naphthalène et les dérivés méthylés des thiophènes ; cet ensemble représente environ 5 % de la fraction analysée sur les figures 1 et 2. L'ensemble volatilisé en l'espace de 23 jours comprend en plus des aromatiques mentionnés ci-dessus, soit 20,6 % de la fraction analysée le 17 mars, les hydrocarbures aliphatiques de poids moléculaire inférieur à celui du tridécane soit environ 12 %.

Bien qu'il soit difficile d'avancer des chiffres définitifs sur la quantité de pétrole évaporée, le chiffre de 90 000 tonnes, avancé par CHASSÉ (Colloque C.N.E.X.O, actes n° 6) semble une estimation excessive. Ce chiffre doit se situer entre 60 000 et 70 000 tonnes. Lors de ce phénomène de volatilisation (ou « weathering » selon les anglo-saxons), on peut estimer qu'environ 40 000 tonnes d'aromatiques légers ont été relâchés dans l'atmosphère des côtes bretonnes. Il faut dire que personne ne semble avoir déterminé le taux des aromatiques dans l'atmosphère sur les côtes polluées.

A l'inhalation des composés volatils, il faut naturellement ajouter celle des composés constituant les brouillards et aérosols provoqués par la projection d'eau chaude à haute pression sur les rochers lors de la phase de nettoyage de juin-juillet. A notre connaissance, aucune surveillance biologique systématique de ce personnel n'a été effectuée, la seule précaution prise semble avoir été son renouvellement fréquent.

L'autre voie de pénétration transcutanée ne peut être négligée vu les conditions sanitaires précaires dans lesquelles ont travaillé volontaires et militaires dans les premiers jours qui ont suivi la catastrophe.

Le risque sanitaire peut être circonscrit essentiellement à la voie de pénétration pulmonaire des hydrocarbures aromatiques. Le travail physique ne peut qu'augmenter cette voie de pénétration. De plus, la toxicité des hydrocarbures aromatiques dépend beaucoup de la susceptibilité individuelle. Ainsi les femmes enceintes, les adolescents, les personnes souffrant d'hépatites ou de bronchites, semblent être particulièrement vulnérables dans une atmosphère souillée par des hydrocarbures aromatiques.

B. CONSEQUENCE PHYSIOPATHOLOGIQUE DE LA MAREE NOIRE

Le déversement sur les côtes de Bretagne du pétrole de l'*Amoco Cadiz* a libéré, en quelques jours, une quantité impressionnante de produits volatils.

Il est évident que l'évaporation de ces différents composés a été répartie dans le temps en fonction de la vidange des cuves. Toutefois pour les plus volatils d'entre eux, il est vraisemblable que leur évaporation s'est produite dans la région proximale du naufrage, donc on peut considérer que la zone jouxtant le lieu de la catastrophe a été exposée à une pollution atmosphérique considérable. Avant de faire part des observations cliniques réalisées sur la côte, nous voudrions rappeler certains principes de cinétique de ces différents composés chez l'homme. Il semble qu'il faille distinguer deux catégories très différentes de sujets exposés.

Tout d'abord, les habitants de la zone proximale : ils ont pour leur part subi un aérosol contenant les différents composés et ce, sur l'ensemble de la période d'évaporation, les seuls facteurs modulant étant la direction des vents et leur intensité.

Le deuxième groupe concerne les « ramasseurs de pétrole ». Ce groupe est fortement inhomogène. Il est constitué d'une part d'habitants locaux, mais surtout de personnes transplantées venues en Bretagne à des moments différents et pour des périodes extrêmement variables.



Parmi « les ramasseurs de pétrole », les habitants du littoral

(Photo Marc Letissier, Kerlouan)

Ces deux groupes ont été en plus exposés à des contacts différents avec la pollution. La population locale, non active, n'a été soumise qu'à une contamination respiratoire. Par contre, les différents groupes de volontaires et le personnel mobilisé pour le ramassage ont été susceptibles de cumuler la contamination respiratoire avec d'autres types de contacts cutanés, voir même ingestion de quantité minime de pétrole lors de manipulations. Par ailleurs, le travail en zone directement polluée implique un degré d'inhalation plus important, du fait de la concentration et de l'effort physique, que celui d'une population répartie à distance. Enfin, si nous connaissons la composition du pétrole aux différents moments, il n'a pas été porté à notre connaissance de mesure de concentration de composés volatils dans l'atmosphère.

Ces faits étant posés, nous avons vu que plusieurs modes de contaminations étaient possibles. Pour ce qui est des composés volatils, la pénétration dans l'organisme se fait essentiellement par voie respiratoire. Les différents composés sont tous extrêmement liposolubles, ce qui leur permet de passer la barrière pulmonaire. Il s'établit donc un équilibre entre la concentration

plasmatique de ces produits et la concentration atmosphérique, les échanges étant régis par des constantes d'équilibre variables suivant les produits considérés. Le devenir des produits passés dans le sang est également fonction de leur structure. Ils peuvent, si le sujet passe en atmosphère moins riche en polluants, être éliminés par voie respiratoire, mais également ils peuvent se répartir dans les différents tissus de l'organisme, en fonction de leur affinité pour ces tissus.

En général, ces produits ont tous une affinité importante pour les tissus graisseux, ils se répartissent donc préférentiellement dans les graisses et dans les tissus riches en lipides tels que le cerveau. Ils peuvent d'ailleurs éventuellement, suivant leur structure chimique, être stockés à ces niveaux. Enfin, ils peuvent également être métabolisés par les différents systèmes de bio-transformation, puis éliminés par les différents émonctoires.

Pour les autres voies de contamination, les mécanismes sont très voisins. Lors de déglutition accidentelle, le passage digestif est également fonction du coefficient de partage lipide-eau. Une fois la barrière franchie, les processus sont identiques. Pour la peau, le problème est sûrement plus compliqué, le revêtement cutané étant une barrière efficace. Toutefois il peut y avoir une atteinte locale de cette barrière, avec ou sans franchissement. Ceci peut entraîner des fragilisations de la barrière cutanée qui peut devenir plus vulnérable. Enfin, un état pathologique préexistant ulcération, eczéma, irritation, destruction partielle peut être un facteur favorisant le passage.

Sur le plan de la pathologie, la littérature est peu abondante dans le cas bien particulier qui nous concerne. Il existe plusieurs types de sources. Il s'agit d'une part des observations faites chez les travailleurs des compagnies pétrolières, notamment chez les ouvriers chargés du nettoyage des cuves des pétroliers, d'autre part des intoxications plus ou moins volontaires surtout par inhalation dans le cadre des toxicomanies.

Il est évident que la contamination des populations locales est extrêmement différente de ces expériences tant sur le plan qualitatif que quantitatif. Seuls ceux qui ont procédé au nettoyage tardif, c'est-à-dire à une période où la majorité des produits volatils étaient évaporés peuvent être assimilés aux ouvriers pétroliers. Dans le cas des travailleurs du pétrole, on retrouve le plus souvent signalés des vertiges, des nausées, des vomissements et des états d'ébriété ; de façon exceptionnelle, on a pu noter des atteintes pulmonaires avec œdème aigu du poumon.

L'expérience des toxicomanes est très instructive. Quinze à vingt inspirations profondes de vapeur sont suffisantes pour provoquer une intoxication de cinq à six heures (POLKIS A. et Collaborateurs, *Clinical Toxicology* 11 (1), pp. 35-41, 1977) avec apparition de symptômes au bout de trois à cinq minutes. Ceux-ci se caractérisent par une euphorie avec nausée et vomissement. Lors de ces intoxications volontaires par inhalation, des accidents graves ont été décrits : crise d'épilepsie par microhémorragie cérébrale, perte de connaissance, dépression des centres respiratoires, possibilités de fibrillation cardiaque chez les sujets sensibilisés aux aromatiques en particulier, certains accidents pouvant survenir à long terme.

Notre expérience, qui est le résultat d'observations faites lors des différents contrôles sanitaires effectués, est parcellaire et

incomplète. Il est à noter qu'il n'y a jamais eu pendant toute cette période de centralisation des responsabilités sanitaires. Les différents groupes de travailleurs civils et militaires ayant chacun et de façon disjointe leur infrastructure, et au début, tout du moins, cette surveillance était surtout organisée par des bonnes volontés individuelles. Toutefois, à l'interrogatoire des différentes personnes examinées soit lors de dépistages systématiques organisés par la Faculté de Médecine de Brest, ou lors de consultations au C.H.U., on retrouve les différents signes que nous avons évoqués précédemment, c'est-à-dire céphalées, vertiges, nausées, sensations éventuelles d'ébriété, vomissements, douleurs abdominales. De nombreux habitants des zones jouxtant le lieu de la catastrophe ont présenté ces symptômes dans les jours qui ont suivi le naufrage. Chez les volontaires, on a assisté au même type de troubles, avec en plus un certain nombre de réactions cutanées, érythème au niveau des mains, des membres et en général de toute partie corporelle, susceptible d'être en contact avec le pétrole.

Chez de nombreux sujets, on a constaté des hyperhémies conjonctivales. Un certain nombre de malades examinés ont présenté des troubles plus importants, mais il est difficile de faire la part de la pathologie antérieure et de la responsabilité de la pollution. Ainsi, un militaire du contingent, travaillant au ramassage, a présenté une hémiplégie, mais il est impossible dans l'état actuel de nos connaissances d'affirmer qu'elle est en rapport direct avec les polluants. En résumé, on a constaté en phase aiguë un nombre important de troubles, que l'on peut qualifier de mineurs, même si leur existence a été une gêne réelle pour les personnes atteintes.



A Plougasnou, pompage du pétrole par des militaires

(Photo Michel Follorou, Plestin)

Toutefois, nous ne pouvons omettre de signaler qu'il s'agit d'observations faites pendant la période aiguë et que cela ne donne aucun renseignement sur les conséquences futures de cette pollution. On peut à cet effet rappeler les potentialisations éventuelles dans le domaine de la carcinologie observée avec les substances concernées. Et nous citerons l'expérimentation réalisée par Ber MEAL et Collaborateurs (*Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 18, 3, 1977). Dans ce travail, les auteurs ont induit des tumeurs à partir de résidus pétroliers recueillis sur les plages israéliennes. La vue de ces expérimentations montre bien les limites de nos connaissances quant aux effets réels des résidus pétroliers, et seules des études épidémiologiques sérieuses pourront nous renseigner dans le futur sur la portée réelle de cette pollution.

C. SURVEILLANCE BIOCHIMIQUE * ET HEMATOLOGIQUE **

Cette étude a eu pour but de rechercher les répercussions que pouvait avoir l'exposition de la population à la pollution provoquée par l'*Amoco Cadiz*. Elles peuvent être de trois ordres :

1. — Recherche d'une cytolysse, en particulier hépatique, par augmentation du taux d'enzymes circulants. ;

2. — recherche d'une induction enzymatique, liée à l'augmentation d'activité des cellules hépatiques ; elle est bien connue et peut être provoquée par certains médicaments comme le phénobarbital et les contraceptifs, mais aussi par des hydrocarbures aromatiques. Cette étude ne pouvait être qu'indirecte (un prélèvement biopsique du foie étant impensable). En conséquence, on a recherché : une augmentation du taux global de protéine, une diminution du taux de bilirubine, une augmentation du taux de gamma Glutamyl Transférase (γ GT) circulante ;

3. - recherche de perturbations d'une lignée sanguine.

POPULATION ÉTUDIÉE

Première population : Environ 200 prélèvements ont été effectués sur des personnes qui avaient travaillé au moins 15 jours dans la zone polluée. Seul un échantillonnage de 35 personnes a été sélectionné dans le but d'avoir une population statistiquement homogène. A cet effet, les personnes de plus de 35 ans et moins de 18 ans, les supposés alcooliques, les personnes ayant des antécédents cardiaques et pulmonaires ont été écartées. On a vérifié que les différents paramètres de la population suivaient une loi de distribution normale (Gaussienne) au moyen de la droite de HENRY. Ces mêmes paramètres ont été également mesurés sur un échantillonnage de la population bresoise (fournis par le Centre de Transfusion Sanguine de Brest), non soumis à la pollution massive due à la marée noire ; nous avons vérifié également que, dans cette population témoin, les paramètres mesurés se répartissaient selon une loi gaussienne, mais les valeurs des écarts-types sont élevées.

Deuxième population : Echantillon homogène constitué par neuf Alsaciens volontaires arrivés sur les lieux, deux mois après la catastrophe. Deux prélèvements ont été effectués l'un avant et l'autre après leur séjour sur les sites de pollution.

* Laboratoire de Chimie A (Professeur Agrégé BARDOU) CHR Brest.

** Laboratoire d'Hématologie (Docteur LE ROUX) CHR Brest.

RÉSULTATS

a) Bilan biochimique (voir tableaux 1 à 4)

Il n'apparaît pas de variations significatives du taux de γ -GT, de bilirubine et de protéides. Il ne semblerait donc pas qu'il y ait eu d'induction enzymatique ou que l'induction n'ait pas eu le temps de se manifester quand les prélèvements ont été effectués. Il est bon de rappeler que l'induction ne peut être que le fait d'une exposition prolongée à un agent donné.

Par contre, des variations significatives du taux de créatine phosphokinase (CPK), lactico-déshydrogénase (LDH), Aldolases et Transaminases (SGOT et SGPT) sont observées. L'augmentation des CPK, LDH et aldolases attirent particulièrement l'attention dans la mesure où ces valeurs dépassent celles habituellement admises pour une population sédentaire. L'étude des isoenzymes des CPK et LDH (Fig. 3, 4) met en évidence que la fraction impliquée est la fraction musculaire. La corrélation entre l'augmentation des enzymes musculaires (CPK, LDH, Aldolase) et l'effort fourni par des sportifs entraînés ou non, ainsi que par des travailleurs fournissant un effort physique important a été faite et montre des variations similaires.

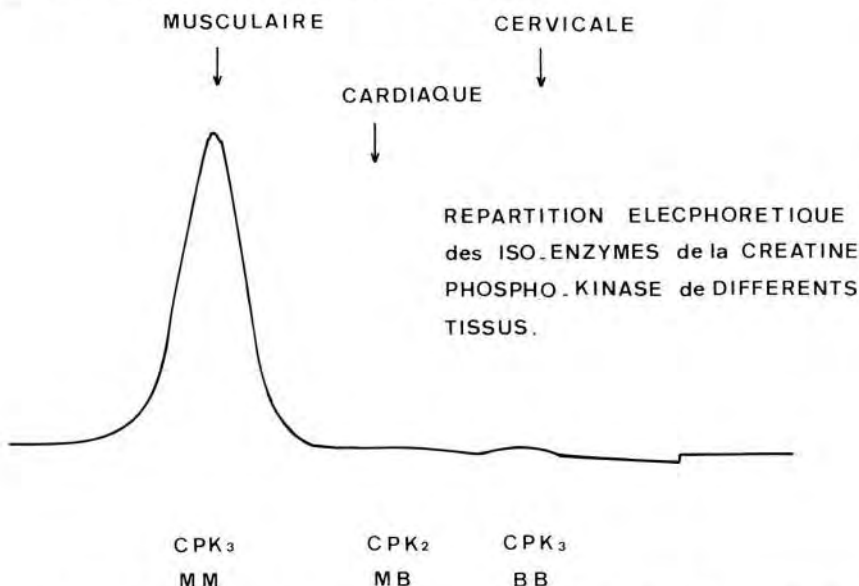


FIGURE 3 — Type de répartition électrophorétique des 150 enzymes de la créatinine-phospho-kinase de différents tissus. Les populations étudiées montrent une fraction d'origine musculaire MM élevée.

b) Bilan hématologique

Du fait des grandes variations individuelles observées pour les paramètres hématologiques en général, les tests statistiques doivent être utilisés avec une grande prudence. Il ressort des tableaux 2 et 4 qu'il n'y a pas de modification spectaculaire dans le bilan hématologique. Cette étude, complétée par la formule leucocytaire, fait apparaître qu'il n'y a pas eu à court terme de chute d'une lignée sanguine, témoignant d'un phénomène toxique aigu la concernant. Cependant la prudence est de rigueur, car les conséquences d'une aplasie médullaire produite par le benzène et ses dérivés peuvent apparaître à plus long terme.

Cette étude statistique, sur un échantillon homogène de population soumise à pollution, fait apparaître que seule l'augmentation des enzymes musculaires paraît générale.

	population témoin		population étudiée		significatif à 95 %	valeurs habituellement admises (sedentaires)
	m	σ	m	σ		
γ G T	16,8	5,7	24,2	90,7	—	< 28 UI
Bilirubine	5,5	1,2	6,2	3,51	—	< 10 mg/l
Protides			73,7	3,51		65 . 75 g/l
C P K	50,3	17	87,7	73	+	< 50 UI
L D H	157,4	19,1	320,8	149,6	+	100< <250 UI
Aldolases	1,5	0,35	8,1	5,7	+	< 3,1 UI
Phosphatases Alcalines	73	19,6	73	40,3	—	30< < 80 UI
S G O T	22,4	13	42,9	43,2	+	15 < < 50 UI
S G P T	17	9,2	51	78,2	+	15< < 50 UI

Test t , n = 35

TABLEAU 1 — Paramètres biochimiques de la première population

	population étudiée		valeurs habituellement admises
	m	σ	
Hématies	5,013	0,39	4_ 5,5.10 ⁶
Leucocytes	8,79	2,57	4_ 10.10 ³
Hémoglobine	15,4	1,10	12 _ 18 g
Hématocrite	45,3	3,55	32 _ 52 %
Vol. Glob. Moy.	90,25	5,59	83 _ 98 μ ³
Conc. corp. Hb. moy.	33,9	1,45	32 _ 36 %
Taux glob. moy. en Hb.	30,6	1,92	27 _ 32 μμg

TABLEAU 2 — Paramètres hématologiques de la première population

	temps 0 m	temps 8 j m	significatif à 95 %	valeurs habituellement admises
Bilirubine	7,62	9,55	—	< 10 mg / l
Protides	69,9	71,8	—	65. 75 g / l
C P K	32,2	45,7	—	< 50 UI
L D H	242	2 27,7	—	100 < < 250 UI
Phosphatases alcalines	53,4	68,2	+	30 < < 80 UI
SGOT	14,8	20,9	+	15 < < 50 UI
SGPT	15	16,3	—	15 < < 50 UI

Test des couples
n = 9

TABLEAU 3 — Paramètres biochimiques de la deuxième population

	Temps 0	Temps 8j	significatif à 95 %	valeurs habituellement admises
Hématies	5,09	4,93	—	4-5,5 . 10 ⁶
Leucocytes	6,81	8,63	—	4-10 . 10 ³
Hémoglobine	15,70	15,25	—	12-18 g
Hématocrite	46,26	44,23	—	32-52 %
Conc. corp. Hb. moy.	33,93	33,85	—	32-36 %
Vol. moy. glob.	89,83	90,16	—	83-98 μ^3
Taux glob. moy. en Hb	31,16	31,21	—	27-32 $\mu\mu\text{g}$

TABLEAU 4 — Paramètres hématologiques de la deuxième population

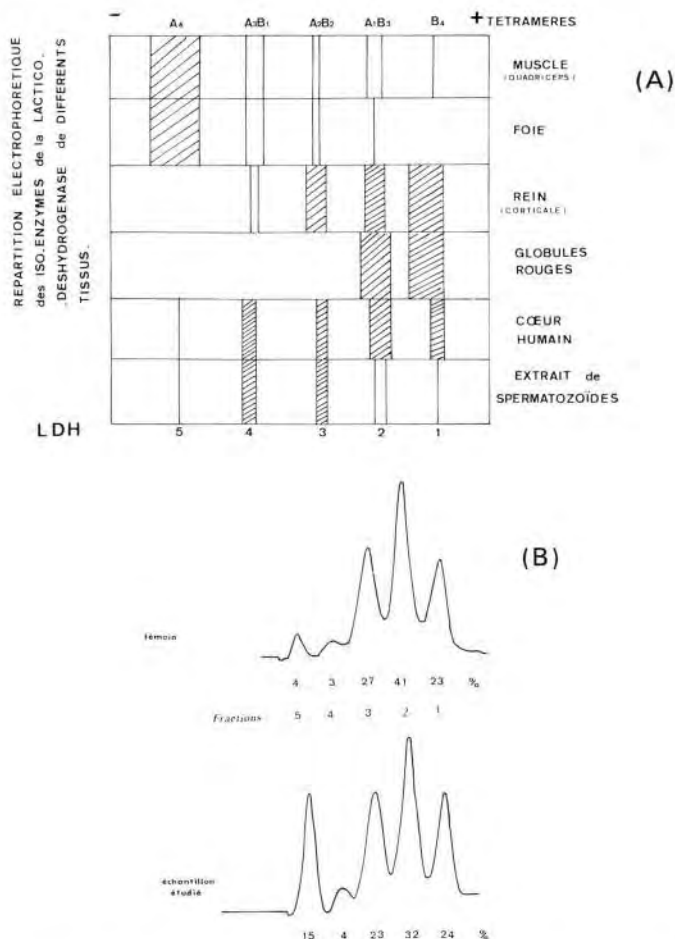


FIGURE 4 — A) Répartition électrophorétique des iso-enzymes de la lactico-deshydrogénase de différents tissus.

B) Répartition caractéristique observée chez deux individus. L'un (témoin) non soumis à la pollution, l'autre (échantillon) soumis à la pollution. Dans ce dernier cas la fraction 5 est plus élevée.

CONCLUSION

La majorité des polluants pétroliers atmosphériques sont constitués par des hydrocarbures aromatiques dont la quantité évaporée au bout de 23 jours est estimée à 40 000 tonnes. Si de nombreux troubles pathologiques aigus ont été signalés chez les personnes directement en contact avec la pollution, ces troubles, bien qu'extrêmement désagréables, n'ont pas présenté des caractères de gravité extrême, les quelques cas de troubles graves signalés ne pouvant pas être imputables en toute certitude à la pollution.

L'étude biologique sur les populations test confirme ceci. Mais faute de moyens humains et matériels, toute une partie de ce

travail, bien que les prélèvements aient été réalisés, ne peut être menée à bien.

Pour les mêmes raisons, la surveillance de la population touchée ne peut être réalisée alors qu'il est établi que les effets d'une absorption massive d'hydrocarbures aromatiques peuvent se révéler au bout de plusieurs années de latence.

L'absence de travaux fondamentaux publiés concernant ce type de pollution ne permet pas de prévoir l'impact à long terme de cette catastrophe tant en ce qui concerne une population saine, qu'en ce qui concerne la fraction de la population locale souffrant d'une pathologie persistante (cardiaque, asthmatique, alcoolique...). Cette étude est limitée à l'aspect biologique et médical et ne rend pas compte d'autres aspects humains tout aussi importants tels que les impacts psychologiques et psychiatriques de la marée noire sur les populations directement touchées.

REMERCIEMENTS : Ce travail, malgré ses nombreuses imperfections, n'a été possible que grâce à la compréhension et à l'aide bénévole d'un très grand nombre de personnes. Les auteurs tiennent à remercier : les personnels des laboratoires, Mesdemoiselles H. SÉNÉCHAL, J. LE PARC et M. BIGOT J.-C., le Centre de Transfusion de Brest (Docteur J.-P. SALEUN), la Croix Rouge Française, les Municipalités, les médecins locaux, le Service de Réanimation du C.H.R. de Brest, le S.A.M.U.