



ÉVALUATION DE L'EXPOSITION PRENATALE AUX METAUX LOURDS CHEZ LES NOUVEAUX-NES DE POLYNESIE FRANÇAISE

RAPPORT FINAL

Chercheurs : Drs Éric Dewailly, René Chansin, M^{me} Yolande Mou

Infirmière de recherche : M^{me} Mirna Piehi

Étudiantes : M^{mes} Renée Dallaire, Julie Fontaine

Dosage métaux : M. Alain Leblanc

Dosage omega-3 : Dr Pierre Julien

Collaboration : Dre Ludivine Chateau-Degat

Février 2006

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
OBJECTIFS DE PREVENTION VISÉS	5
LES OBJECTIFS SPÉCIFIQUES DE CE PROJET ÉTAIENT :	5
POPULATIONS ET MÉTHODES	6
1. LA POPULATION À L'ÉTUDE	6
2. COMMUNICATIONS	7
3. LE RECUEIL DES DONNÉES	7
4. LE QUESTIONNAIRE	7
5. ANALYSES DE LABORATOIRE.....	8
6. ANALYSES STATISTIQUES	8
7. ÉVALUATION ÉTHIQUE.....	9
RÉSULTATS.....	10
1. CARACTÉRISTIQUES DE LA POPULATION.....	10
2. MERCURE.....	12
3. PLOMB.....	16
4. IODE.....	17
5. SÉLÉNIUM.....	18
6. ACIDES GRAS	19
7. FACTEURS ASSOCIÉS AUX CARACTÉRISTIQUES DE NAISSANCE	24
8. TABOU.....	25
DISCUSSION.....	27
REMERCIEMENTS.....	31
REFERENCES.....	32
ANNEXE 1 : DESCRIPTION DES SOMMES ET RATIOS DES ACIDES GRAS SATURÉS ET INSATURÉS	36

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. TAILLE DE L'ECHANTILLON D'ETUDE	6
TABLEAU 2. CARACTERISTIQUES DES NOUVEAU-NES ET DES MERES PARTICIPANT A L'ETUDE	10
TABLEAU 3. CONCENTRATIONS SANGUINES OMBILICALES MOYENNES DE MERCURE (NMOL/L) CHEZ LES FEMMES DE POLYNESIE FRANÇAISE EN 2006.....	12
TABLEAU 4. NOMBRE D'ECHANTILLONS SANGUINS AYANT DES NIVEAUX SUPERIEURS A 30 NMOL/L ET 67 NMOL/L	13
TABLEAU 5. NOMBRE D'ECHANTILLONS SANGUINS AYANT DES NIVEAUX DE MERCURE SUPERIEURS A 30 NMOL/L (US-EPA)	13
TABLEAU 6. NOMBRE D'ECHANTILLONS SANGUINS AYANT DES NIVEAUX DE MERCURE SUPERIEURS A 67 NMOL/L (OMS).....	14
TABLEAU 7. CORRELATION DE PEARSON POUR LES NIVEAUX SANGUINS DE MERCURE EN FONCTION DU NOMBRE ANNUEL DE REPAS DE POISSONS (LARGE OU LAGON)	15
TABLEAU 8. PRINCIPALES ESPECES DE POISSONS DU LARGE CONSOMMEES PAR LES PARTICIPANTES.....	16
TABLEAU 9. CONCENTRATIONS SANGUINES MOYENNES DE PLOMB (μ MOL/L) CHEZ LES NOUVEAU-NES DE POLYNESIE FRANÇAISE EN 2006	16
TABLEAU 10. CONCENTRATIONS SANGUINES OMBILICALES MOYENNES D'IODE (μ MOL/L) CHEZ LES NOUVEAU-NES DE POLYNESIE FRANÇAISE EN 2006.....	17
TABLEAU 11. CONCENTRATIONS SANGUINES MOYENNES DE SELENIUM (μ MOL/L) CHEZ LES NOUVEAU-NES DE POLYNESIE FRANÇAISE EN 2006.....	18
TABLEAU 12. CONCENTRATIONS RELATIVES MOYENNES DES ACIDES GRAS SATURES ET INSATURES DANS LES PHOSPHOLIPIDES PLASMATIQUES DES NOUVEAU-NES DE POLYNESIE FRANÇAISE EN 2006	20
TABLEAU 13. CONCENTRATIONS RELATIVES MOYENNES D'ACIDES GRAS OMEGA-3 TOTAUX DANS LES PHOSPHOLIPIDES PLASMATIQUES CHEZ LES NOUVEAU-NES DE POLYNESIE FRANÇAISE EN 2006	22
TABLEAU 14. CONCENTRATIONS RELATIVES MOYENNES D'ACIDES GRAS EICOSAPENTANOIQUES (EPA) DANS LES PHOSPHOLIPIDES PLASMATIQUES CHEZ LES NOUVEAU-NES DE POLYNESIE FRANÇAISE EN 2006	22
TABLEAU 15. CONCENTRATIONS RELATIVES MOYENNES D'ACIDES GRAS DOCOSAHEXANOIQUE (DHA) DANS LES PHOSPHOLIPIDES PLASMATIQUES CHEZ LES NOUVEAU-NES DE POLYNESIE FRANÇAISE EN 2006	23
TABLEAU 16. CONCENTRATIONS RELATIVES MOYENNES D'ACIDES GRAS TRANS TOTAUX DANS LES PHOSPHOLIPIDES PLASMATIQUES CHEZ LES NOUVEAU-NES DE POLYNESIE FRANÇAISE EN 2006.....	23
TABLEAU 17. FACTEURS SOCIODEMOGRAPHIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET ALIMENTAIRES ASSOCIES A L'AGE GESTATIONNEL ET LE POIDS A LA NAISSANCE DES NOUVEAU-NES.....	24
TABLEAU 18. FACTEURS ASSOCIES AU POIDS A LA NAISSANCE ET A L'AGE GESTATIONNEL EN REGRESSIONS MULTIPLES.....	25
TABLEAU 19. RAISONS INVOQUEES SUR LA RESTRICTION DE CONSOMMATION DE POISSONS	26

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1.	CONCENTRATIONS OMBILICALES DE MERCURE SELON L'ARCHIPEL	13
FIGURE 2.	ÉVOLUTION DES CONCENTRATIONS EN MERCURE AU COURS D'UNE ANNEE DANS LES CHEVEUX DE 12 POLYNESEIENNES	15
FIGURE 3.	CONCENTRATIONS SANGUINES MOYENNES DE PLOMB ($\mu\text{MOL/L}$) CHEZ LES NOUVEAU-NES DE POLYNESIE FRANÇAISE EN 2006	17
FIGURE 4.	REPARTITION DES CONCENTRATIONS SANGUINES D'IODE PAR ARCHIPELS.....	18
FIGURE 5.	CONCENTRATIONS SANGUINES MOYENNES DE SELENIUM ($\mu\text{MOL/L}$) CHEZ LES NOUVEAU-NES DE POLYNESIE FRANÇAISE EN 2006.....	19

INTRODUCTION

La consommation régulière de poissons et de fruits de mer est maintenant reconnue pour être une source de plusieurs nutriments essentiels tels le sélénium (Se), l'iode ou les acides gras n-3-polyinsaturés (oméga-3) (Bourre, J.M. et coll., 2006). Ces nutriments sont reconnus pour avoir de multiples effets bénéfiques sur la santé tels une protection élevée contre les maladies cardiovasculaires, le maintien de l'intégrité du système nerveux etc.

Le sélénium :

Le sélénium est un élément trace essentiel qui possède des propriétés antioxydantes puissantes. Il joue un rôle clé dans la prévention du cancer et des maladies cardiovasculaires ainsi qu'au niveau de la fonction immunitaire, la reproduction et la stabilité émotionnelle (Brown, K.M. et coll., 2001; Rayman, M.P., 2000). Ce nutriment a de plus des propriétés antitoxiques avec le mercure (Dewailly, E. et coll., 1999; Watanabe, C., 2002).

L'iode :

L'iode, quant à elle, est nécessaire à la constitution des hormones thyroïdiennes qui sont essentielles à la maturation du cerveau du fœtus et de l'enfant en développement (Delange, F., 2000). Un déficit en iode est à l'origine de certaines pathologies, dont la plus importante est le crétinisme (Delange, F., 2001).

Le sélénium et l'iode sont présents dans de nombreuses plantes, dans le poisson et les fruits de mer.

Par ailleurs, les concentrations de ces deux nutriments dans les aliments reflètent la structure géologique locale.

Les oméga-3 :

Les effets bénéfiques d'une alimentation riche en oméga-3 ont été particulièrement démontrés dans la prévention des maladies cardiovasculaires (Dewailly, E. et coll., 2001; Mozaffarian, D. et coll., 2006; Psota, T.L. et coll., 2006) et de la dépression (Parker, G. et coll., 2006) chez l'adulte ainsi que pour favoriser un développement neurocomportemental optimal chez l'enfant (Carlson, S.E., 2001). Le dosage du profil

des acides gras dans les membranes érythrocytaires permet de façon objective de quantifier le type de graisses consommées. Ainsi, le dosage des oméga-3 (EPA et DHA) est un très bon indice de la consommation de poissons au cours des derniers mois.

Bien que le sélénium, l'iode et les oméga-3 puissent être retrouvés dans d'autres aliments en concentrations cependant plus faibles, la consommation de poissons demeure la meilleure source pour ces nutriments.

Les substances toxiques :

Le méthylmercure (MeHg)

Le poisson peut aussi contenir des substances toxiques tel le méthylmercure (MeHg) dont la concentration peut varier selon la taille du poisson, l'espèce et le régime alimentaire du poisson (ATSDR, 1999). Les spécimens de grande taille appartenant aux espèces prédatrices sont susceptibles d'avoir des concentrations élevées en MeHg en raison du phénomène de bioamplification. Outre ses multiples effets délétères sur la santé et notamment sur le système cardiaque (Sorensen, N. et coll., 1999), le MeHg affecte principalement le système nerveux. Les effets les plus néfastes de ce neurotoxique se manifestent chez l'enfant pendant la grossesse au moment du développement du système nerveux (Counter, S.A. et coll., 2004; Davidson, P.W. et coll., 2004). En effet, de part ses effets sur le développement de l'architecture cérébrale (division et migration des cellules neuronales), le cerveau du fœtus est très sensible à une exposition au mercure et ses dérivés (Castoldi, A.F. et coll., 2001). Plusieurs études de cohortes prospectives ont rapporté des effets de l'exposition prénatale au MeHg sur différentes sphères du développement cognitif (attention, mémoire, langage, performances visuo-spatial) et moteur (motricité fine et globale) dont certains persistants bien au-delà des premières années de vie (Debes, F. et coll., 2006; Grandjean, P. et coll., 1997; Steuerwald, U. et coll., 2000). Cependant, une étude d'envergure aux Iles Seychelles n'a pas permis d'observer des effets similaires sur le développement d'enfants exposés *in utero* au MeHg. Pour des doses d'exposition identiques, les effets chez l'adulte en bonne santé sont moins clairement définis.

Le plomb :

L'exposition au plomb peut provenir de nombreuses sources industrielles et domestiques (Dewailly, E. et coll., 2000b; Levesque, B. et coll., 2003). Le plomb est surtout neurotoxique pour le fœtus et l'enfant en bas âge (ATSDR, 2005; Bellinger, D.C., 2004). Plusieurs études ont démontré des effets négatifs sur le développement cognitif et moteur suivant une exposition postnatale au plomb (Bellinger, D. et coll., 1994; Despres, C. et coll., 2005; Fraser, S. et coll., 2006). Plus récemment, des déficits comportementaux, tels l'hyperactivité, l'impulsivité, l'agressivité ont été rapportés (Dietrich, K.N. et coll., 2001). Par ailleurs, l'exposition au plomb au cours de la grossesse a été associée à une rupture prématurée des membranes, à des accouchements prématurés (Angell, N.F. et coll., 1982; Falcon, M. et coll., 2003) ainsi que d'une diminution de poids à la naissance (Andrews, K.W. et coll., 1994) et une augmentation du retard de croissance intra-utérin chez le nouveau-né (Srivastava, S. et coll., 2001).

Pour la majorité des Polynésiens, comme pour les populations maritimes en général, le poisson est sans contredit un élément essentiel de l'alimentation et constitue probablement la principale source en MeHg mais également en Se, iode et en acides gras n-3-polyinsaturés (Dewailly, E. et coll., 2000a; Dewailly, E. et coll., 2006). À notre connaissance, aucune étude publiée à ce jour ne s'est penchée sur la teneur de ces substances chez la population polynésienne. Or, considérant les précédents effets brièvement exposés ci-dessus et l'importance du poisson dans le régime alimentaire polynésien, il apparaît important de dresser un portrait de la situation en Polynésie française.

En 2004, des chercheurs de l'Université Laval et de l'Institut Louis Malardé découvrirent des concentrations de mercure très élevées dans le sang d'adultes de Tahiti ayant participé à une étude sur les effets chroniques de la ciguatera. Dans cette étude, les mesures de Se, MeHg et d'acides gras ont été réalisées en raison de leur potentiel confondant sur l'association recherchée entre la ciguatera et le fonctionnement du

système nerveux. Le mercure mesuré chez les Polynésiens était à 85 % sous forme de méthylmercure signant ainsi son origine dans la consommation de poissons. La concentration moyenne sanguine était de 108,4 nmol/L soit environ 20 fois plus que ce qui est rapporté dans les pays occidentaux (USA, Canada, etc.) soit 5 nmol/L.

Dans la littérature, les femmes en âge de procréer sont considérées comme un des groupes les plus à risque pour l'exposition au mercure. Dans notre échantillon d'adultes, 39 femmes étaient âgées de 45 ans et moins et faisaient donc partie de ce groupe à risque. Leur niveau moyen de mercure total était de 65,4 nmol/L [intervalle:15,03-174,16] et entre 50 et 75 % de celles-ci (selon la norme utilisée) seraient considérées dans la zone à risque. Par ailleurs, les niveaux de mercure apparaissent significativement plus élevés chez les hommes que chez les femmes ($p < 0,001$).

Ainsi, à l'image des populations nordiques qui dépendent de produits d'origine marine, les Polynésiens semblent avoir des doses élevées de mercure dues à leurs habitudes alimentaires. Ils bénéficient également des effets protecteurs des acides gras et du sélénium présents en fortes concentrations dans les poissons.

OBJECTIFS DE PREVENTION VISES

L'objectif de ce projet était d'effectuer, en Polynésie française, une évaluation de l'exposition prénatale aux métaux lourds (mercure, plomb) et à certains nutriments tels que les oméga-3, l'iode et le sélénium. Comme les concentrations de ces composés sont en équilibre entre la mère et son enfant (pas de barrière placentaire), la détermination des concentrations peut se faire dans le sang maternel ou le sang ombilical.

Les objectifs spécifiques de ce projet étaient :

- 1- Mesurer les concentrations de plomb, de mercure, d'iode, de sélénium et d'oméga-3 dans le sang ombilical à l'accouchement et les comparer aux concentrations recommandées ;
- 2- Étudier les associations entre les mesures de l'exposition aux contaminants et les caractéristiques des mères : âge de la mère, consommation de tabac et lieu de résidence (archipels) ;
- 3- Étudier les associations entre les mesures de l'exposition aux contaminants et les indicateurs de santé des nouveau-nés : poids à la naissance et durée de la gestation ;
- 4- Étudier les associations entre les concentrations sanguines d'acides gras oméga-3 et les caractéristiques des nouveau-nés ;
- 5- Établir, en collaboration avec la Direction de la Santé, les bases d'une procédure de gestion des risques environnementaux à l'égard de l'exposition prénatale des nouveau-nés aux contaminants neurotoxiques.

POPULATIONS ET MÉTHODES

1. La population à l'étude

La présente étude porte sur la population de femmes polynésiennes qui ont accouché en Polynésie française entre les mois d'octobre 2005 et février 2006. Au cours de cette étude, 241 mères ont accepté de participer et qu'un prélèvement de sang au niveau du cordon ombilical de leur enfants soit réalisé. Seules les femmes nées en Polynésie française et résidentes depuis au moins 5 ans ont été incluses dans l'étude. Il y a, en Polynésie, 4 432 naissances par année (année 2004, ISPF) dont 85 % ont lieu à Papeete (3 767). Le Centre Hospitalier de Polynésie Française (CHPF) reçoit par année environ 50 % de ces naissances et les cliniques de Paofai et Cardella le reste. S'ajoutent à cela les naissances de l'Hôpital de Taravao, celles de Moorea et enfin celles des Marquises (2 sites). Le tableau 1 présente les nombre de naissances par archipels, l'échantillon projeté et l'échantillon réel.

Tableau 1. Taille de l'échantillon d'étude

	Nombre de naissances vivantes par subdivision de résidence de la mère en 2002	Nombre de naissances par subdivision sur 3,5 mois	Population joignable avec une participation de 60 %	Taille d'échantillon prévue et fraction d'échantillon ()	Taille d'échantillon réelle
IDV					
<i>Tahiti</i>	3 596	1 050	630	100 (16 %)	91
<i>Moorea</i>	3 332	925			21
ISLV	264	75			50
Marquises	599	175	105	50 (50 %)	22
Australes	162	50	30	30 (100 %)	8
T-G	92	30	18	20 (100 %)	38
Île non précisée	306	90	54	50 (100 %)	11
Total	4 755	1 395	837	250	241

2. Communications

Des réunions d'information préalables ont été organisées avec les gynécologues et sages-femmes des secteurs public et privé afin d'expliquer les modalités de l'étude et de les rassurer sur la confidentialité des données. Les données ont été présentées aux autorités compétentes en août 2006, les lettres individuelles ont été envoyées aux participantes en août également.

3. Le recueil des données

Peu après leur arrivée aux centres hospitaliers et cliniques, les femmes étaient informées et sollicitées pour participer à la présente étude et un formulaire de consentement devait être signé. Le prélèvement de sang était réalisé à la naissance au cordon ombilical par la sage-femme ou le médecin. L'entrevue de courte durée et la saisie d'informations au dossier médical ont également été réalisées sur le lieu de l'accouchement. Les échantillons ont ensuite été envoyés au laboratoire où des procédures complètes (transfert dans des tubes appropriés) permettaient leur transport vers l'ILM. Les échantillons ont par la suite été envoyés au CHUL (oméga-3) et à l'Institut National de Santé Publique (métaux), à Québec, Canada.

4. Le questionnaire

Les informations ont été recueillies soit directement auprès de la mère (questionnaire) soit dans le dossier médical. Ces informations concernent les caractéristiques de la mère et de l'enfant. Les variables maternelles sont : la commune de résidence, le statut tabagique avant et pendant la grossesse, le niveau de scolarité, le revenu familial mensuel ainsi que la fréquence de consommation de poissons de lagon et pélagiques au cours des trois derniers mois de grossesse. Les informations qui concernent le nouveau-né sont : la date de naissance, le poids à la naissance et l'âge gestationnel déterminé soit par l'échographie ou selon la date des dernières menstruations. Un court questionnaire

de fréquence alimentaire a permis de documenter la consommation de différentes espèces de poissons de lagon et pélagiques au cours des trois derniers mois de grossesse. Des questions sur le tabou de consommation de poissons durant la grossesse ont aussi été posées.

5. Analyses de laboratoire

Parce qu'ils jouent un rôle important dans la prévention des maladies cardio-vasculaires, les acides gras considérés sont les suivants : 20:5 n 3 (EPA), 22:6 n 3 (DHA), la somme de l'EPA et DHA, et la somme totale des oméga-3. Les acides gras ont été mesurés dans les phospholipides des membranes d'érythrocytes après extraction des lipides membranaires. Les mesures ont été effectuées en chromatographie gazeuse par le Dr Pierre Julien de l'Université Laval. Dans cette étude, les concentrations en acide gras sont exprimées en pourcentage relatif de la concentration totale en acide gras des phospholipides membranaires.

Le Centre de Toxicologie de l'Institut national de santé publique du Québec a dosé le mercure, le plomb, le sélénium et l'iodure dans le sang des participants par Spectrométrie de masse à plasma induit par haute fréquence (ICP-MS : inductively coupled plasma mass spectrometry).

6. Analyses statistiques

L'analyse descriptive des variables continues est présentée sous la forme de moyenne (m) et de leur écart-type (s). Dans cette analyse, les moyennes arithmétiques (m_a) et géométriques (m_g) ont été calculées. Pour les variables dont la distribution n'est pas normale, la moyenne géométrique est préférée. La moyenne arithmétique est néanmoins conservée afin de faciliter la comparaison avec des études similaires. Des corrélations de Pearson ont été réalisées afin de quantifier la relation entre les diverses variables choisies. Des régressions linéaires multiples ont été réalisées à l'aide de la procédure GLM (Generalized Linear Models) afin d'évaluer les associations entre les variables

d'expositions et le poids à la naissance/âge gestationnel en ajustant pour les facteurs confondants. Toutes les analyses statistiques seront effectuées au seuil d'acceptation $\alpha=5\%$ à l'aide du progiciel SAS software version 8.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

7. Évaluation éthique

Cette étude a été soumise à l'approbation du comité d'éthique de Polynésie française au cours de l'été 2005.

RESULTATS

1. Caractéristiques de la population

Parmi les 241 paires mères/enfants, 46 % provenaient des Îles du Vent dont 38 % de Tahiti et 19 % de Moorea. Également, 21 % des participantes résidaient aux Îles sous le vent, 9 % des archipels Marquises, 3 % des Australes, 16 % de Tuamotu-Gambier et 5 % d'îles non précisées.

Tableau 2. Caractéristiques des nouveau-nés et des mères participant à l'étude

Caractéristiques	N	Moyenne ± Écart-type	Étendue
Maternelle			
Âge	230	26,6 ± 7,2	15 - 44
Consommation de tabac avant la grossesse (%)	230	34,8	
Quantité consommée par jour avant la grossesse	79	6,4 ± 6,3	0,7 - 20,0
Type de tabac consommé avant la grossesse(%)			
1) Tabac à rouler	37	47,4	
2) Cigarette en paquet	25	32,1	
3) Les deux formats	16	20,5	
Consommation de tabac au cours de la grossesse (%)	230	23,9	
Quantité consommée par jour au cours de la grossesse	55	5,4 ± 6,5	0,4 - 40
Type de tabac consommé au cours de la grossesse(%)			
1) Tabac à rouler	26	49,1	
2) Cigarette en paquet	17	32,1	
3) Les deux formats	10	18,9	
Scolarité	225		
1) Primaire	42	18,7	
2) Collégial	85	37,8	
3) Lycéen	41	18,2	
4) Baccalauréat (≤ 2 ans)	41	18,2	
5) Baccalauréat (> 2 ans)	16	7,1	

Revenu mensuel familial	215		
1) < 150 000 FCP	166	77,2	
2) 150 000 à <450 000 FCP	43	20,0	
3) ≥ 450 000 FCP	6	2,8	
Nouveau-né			
Âge gestationnel (semaines)	224	39,2 ± 1,6	27,0 - 42,1
Prématuré (%)	224	5,4	
Poids à la naissance (gr)	224	3321 ± 529	1000 - 4850
Faible poids à la naissance (%)	224	5,4	

Les participantes de l'étude étaient âgées de 15 à 44 ans dont l'âge moyen était de 26 ans (tableau 1). Sept pourcent des mères étaient âgées de moins de 18 ans alors que 12,6 % avaient plus de 35 ans. La majorité des participantes avaient un niveau de scolarité collégial (37,8 %) et un revenu mensuel inférieur à 150 000 FCP (77,2 %).

Trente-cinq pourcent des participantes ont déclaré consommer du tabac avant la grossesse. Le nombre moyen de cigarettes fumées avant la grossesse était de 6/jours, mais certaines ont rapporté fumer jusqu'à 20 cigarettes/jour. Au cours de la grossesse, le pourcentage de fumeuses a chuté à 23,5 %, et ce pour une consommation journalière moyenne de 5 cigarettes. Le tabac à rouler était le type de tabac le plus consommé par les participantes polynésiennes avant la grossesse (47,4 %) ainsi qu'au cours de celle-ci (49,1 %).

L'âge gestationnel moyen des nouveau-nés était de 39,2 semaines, tandis que le poids moyen à la naissance était de 3321 grammes. Cinq pourcent des nouveau-nés avaient un âge gestationnel inférieur à 37 semaines et 5 % avaient un faible poids à la naissance (<2500 gr). Parmi les nourrissons de faible poids à la naissance, seulement 3 sont nés prématurément.

2. Mercure

La concentration moyenne en mercure dans le sang ombilical des nouveau-nés polynésiens était de 64,6 nmol/L (tableau 3). Les différences observées entre les archipels montrent des variations relativement faibles, les Australes et Tahiti ayant les concentrations les plus élevées.

Tableau 3. Concentrations sanguines ombilicales moyennes de mercure (nmol/l) chez les femmes de Polynésie Française en 2006

Archipel	Mercure (nmol/L)					
	n	Moy. Arith.	IC 95 %	Moy. Géo.	IC 95 %	Min. Max.
IDV						
<i>Tahiti</i>	89	73,79	(63,07-84,51)	61,45	(54,23-69,63)	14,0 240,0
<i>Moorea</i>	20	44,23	(29,80-58,65)	34,81	(24,62-49,21)	6,5 120,0
ISLV	48	57,54	(46,32-68,76)	43,01	(32,18-57,48)	0,25 170,0
Marquises	20	64,65	(51,91-77,38)	57,95	(45,53-73,77)	19,0 110,0
Australes	8	78,88	(34,61-123,14)	62,69	(33,42-117,6)	21,0 150,0
T-G	38	63,12	(51,32-74,93)	52,64	(42,25-65,57)	6,4 170,0
Tous	234	64,59	(59,07-70,11)	52,01	(47,31-57,18)	0,25 240,0

La nouvelle dose journalière tolérable proposée en 2002 par l'OMS était de 0,23 µg/kg poids corporel/jour ce qui correspond à 13,8 µg/l ou 67 nmol/l. L'agence de protection environnementale (EPA) aux USA reconnaît une dose de 0,1µg/kg poids corporel/jour ce qui correspond à 6 µg/l ou 30 nmol/l. Si l'on applique les recommandations de l'OMS, c'est environ 38 % des mamans qui présentaient une exposition prénatale trop importante. En appliquant la recommandation de l'EPA, c'est 82 % des mères qui étaient en situation de surexposition au mercure (tableau 4). Les pourcentages de mères dépassant les niveaux de mercure sanguins recommandés par l'OMS et l'US-EPA sont présentés, selon l'archipel de résidence, aux tableaux 4 et 5 respectivement.

Tableau 4. Nombre d'échantillons sanguins ayant des niveaux supérieurs à 30 nmol/l et 67 nmol/l

	N	%
> 30 nmol/l (US-EPA)	193	82,48
> 67 nmol/l (OMS)	90	38,46

Figure 1 : Concentrations ombilicales de mercure selon l'archipel

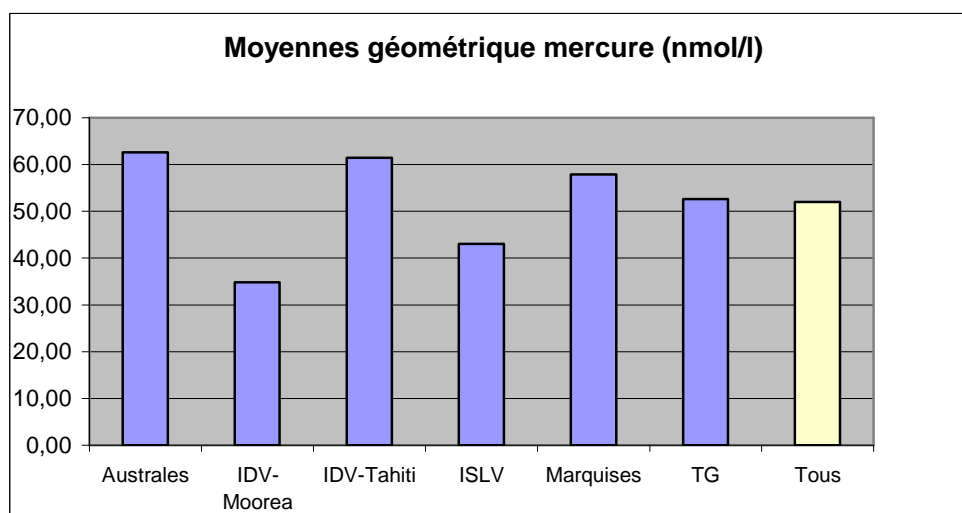


Tableau 5. Nombre d'échantillons sanguins ayant des niveaux de mercure supérieurs à 30 nmol/l (US-EPA)

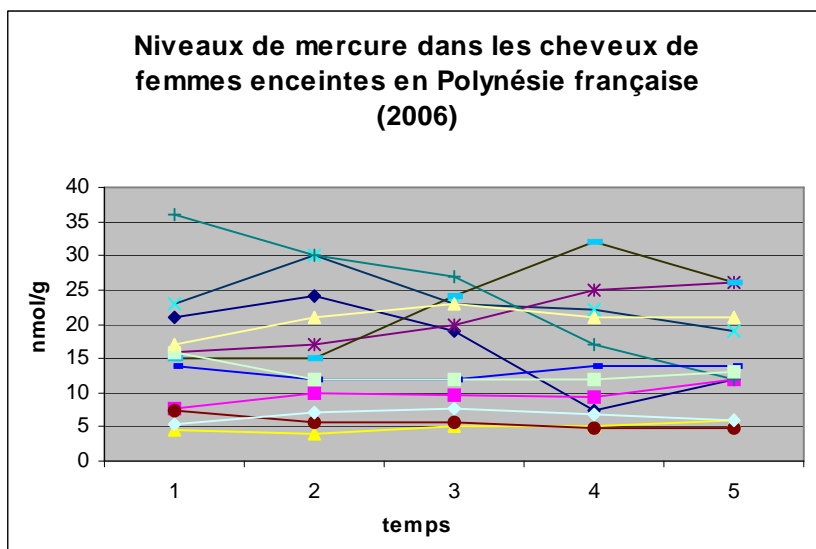
Archipel	n > 30 nmol/l	N total	%
IDV			
<i>Tahiti</i>	79	89	88,76
<i>Moorea</i>	11	20	55,00
ISLV	39	48	81,25
Marquises	17	20	85,00
Australes	7	8	87,50
T-G	32	38	84,21
<i>Non précisé</i>	8	11	72,72
Tous	193	234	82,48

Tableau 6. Nombre d'échantillons sanguins ayant des niveaux de mercure supérieurs à 67 nmol/l (OMS)

Archipel	n> 67nmol/l	N total	%
IDV			
Tahiti	35	89	39,33
Moorea	6	20	30,00
ISLV	15	48	31,25
Marquises	11	20	55,00
Australes	4	8	50,00
T-G	15	38	39,47
<i>Non précisé</i>	4	11	36,36
Tous	90	234	38,46

Au cours de cette étude, 12 mamans ont accepté de donner une mèche de leurs cheveux pour analyser l'évolution temporelle de l'exposition au cours d'une année (saisonnalité). En effet, les cheveux humains poussent de 1 cm par mois et nous avons mesuré 5 segments (0-2, 3-4, 4-6, 6-9 et 9-12^e centimètres). Les résultats présentés à la figure 2 montrent que dans l'ensemble, l'exposition au mercure est assez constante sur une année.

Figure 2. Évolution des concentrations en mercure au cours d'une année dans les cheveux de 12 polynésiennes



Le tableau 7 montre clairement que le principal déterminant alimentaire de l'exposition au mercure est la consommation de poissons pélagiques (thon, bonite, etc.) ($p = 0,004$) alors que la consommation de poissons de lagon semble peu influencer cette exposition ($p = 0,235$).

Tableau 7. Corrélation de Pearson pour les niveaux sanguins de mercure en fonction du nombre annuel de repas de poissons (large ou lagon)

	N	r de Pearson	Valeur p
Poisson du large	204	0,203	0,004
Thon	196	0,149	0,037
Poisson du lagon	200	0,082	0,235

Cependant, au vu des données de consommation alimentaire des espèces du large les plus majoritairement consommées (tableau 8) et des données antérieures de contamination par le mercure des poissons pélagiques (tableau 7), c'est le thon qui est probablement en grande partie responsable de l'exposition humaine au mercure en

Polynésie, puisque à elle seule, la consommation annuelle de thon explique 15 % ($p = 0,037$) des concentrations sanguines de mercure chez les nouveau-nés polynésiens.

Tableau 8. Principales espèces de poissons du large consommées par les participantes

Poisson du large	Nombre de repas par mois pour l'ensemble des questionnaires (n= 230)	Nombre moyen de repas par mois par femme
Thon	1593	6,93
Bonite	217	0,94
Mahi-mahi	204	0,89
Thazard	113	0,49
Espadon	42	0,18
Saumon	31	0,13
Total	2200	9,56

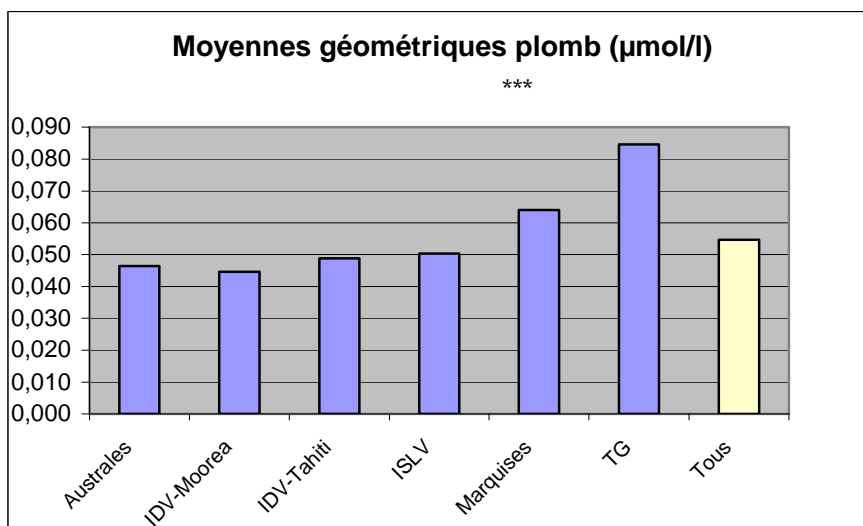
3. Plomb

Pour l'ensemble des nouveau-nés, la moyenne du plomb sanguin était de 0,06 ($\mu\text{mol/L}$). Les concentrations sanguines du plomb dans les cordons ombilicaux, variaient très peu d'un archipel à l'autre. La norme généralement reconnue pour protéger le fœtus contre les effets neurotoxiques du plomb, est un taux sanguin de 0,48 $\mu\text{mol/L}$. Tel qu'indiqué au tableau 9, aucun nouveau-né polynésien ne dépassait la limite recommandée.

Tableau 9. Concentrations sanguines moyennes de plomb ($\mu\text{mol/L}$) chez les nouveau-nés de Polynésie française en 2006

Archipel	Plomb ($\mu\text{mol/L}$)						
	n	Moy. Arith.	IC 95 %	Moy. Géo	IC95 %	Min.	Max.
IDV							
<i>Tahiti</i>	89	0,05	(0,05-0,06)	0,05	(0,05-0,05)	0,02	0,10
<i>Moorea</i>	20	0,05	(0,04-0,05)	0,04	(0,04-0,05)	0,02	0,08
ISLV	48	0,06	(0,05-0,06)	0,05	(0,04-0,07)	0,02	0,18
Marquises	20	0,07	(0,05-0,10)	0,06	(0,05-0,08)	0,02	0,26
Australes	8	0,05	(0,04-0,05)	0,05	(0,04-0,05)	0,04	0,06
T-G	38	0,09	(0,08-0,11)	0,08	(0,07-0,10)	0,04	0,22
Tous	234	0,06	(0,06-0,07)	0,06	(0,05-0,06)	0,02	0,26

Figure 3. Concentrations sanguines moyennes de plomb ($\mu\text{mol/L}$) chez les nouveau-nés de Polynésie française en 2006



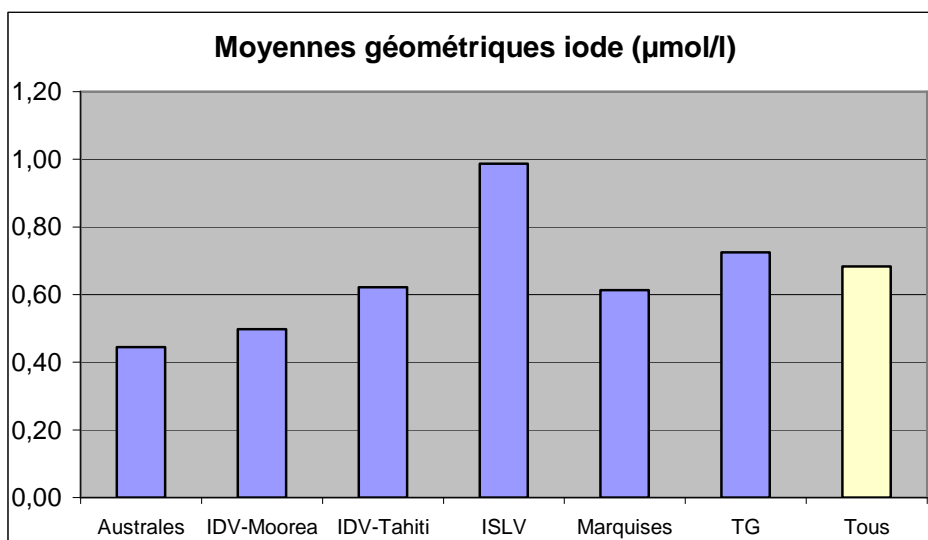
4. Iode

Les concentrations en iode dans le sang ombilical sont présentées au tableau 10. Ce sont les nouveau-nés résidant aux Iles sous le Vent qui avaient les concentrations sanguines d'iode les plus élevées avec une moyenne de 2,60 $\mu\text{mol/L}$, alors que les nouveau-nés des Australes avaient, en moyenne, des concentrations 5 fois inférieures.

Tableau 10. Concentrations sanguines ombilicales moyennes d'iode ($\mu\text{mol/l}$) chez les nouveau-nés de Polynésie Française en 2006

Archipel	Iode total ($\mu\text{mol/L}$)						
	N	Moy. Arith.	IC 95 %	Moy. Géo.	IC 95 %	Min	Max
IDV							
<i>Tahiti</i>	89	1,02	(0,69-1,35)	0,62	(0,52-0,74)	0,16	10,00
<i>Moorea</i>	20	0,62	(0,40-0,84)	0,50	(0,37-0,67)	0,20	1,80
ISLV	48	2,60	(0,77-4,44)	0,99	(0,70-1,39)	0,16	41,00
Marquises	20	1,06	(0,12-2,00)	0,61	(0,41-0,91)	0,20	9,40
Australes	8	0,46	(0,36-0,55)	0,44	(0,37-0,55)	0,29	0,59
T-G	38	1,27	(0,67-1,86)	0,72	(0,53-1,00)	0,23	10,00
Tous	234	1,35	(0,93-1,76)	0,68	(0,60-0,77)	0,16	41,00

Figure 4. Répartition des concentrations sanguines d'iode par archipels



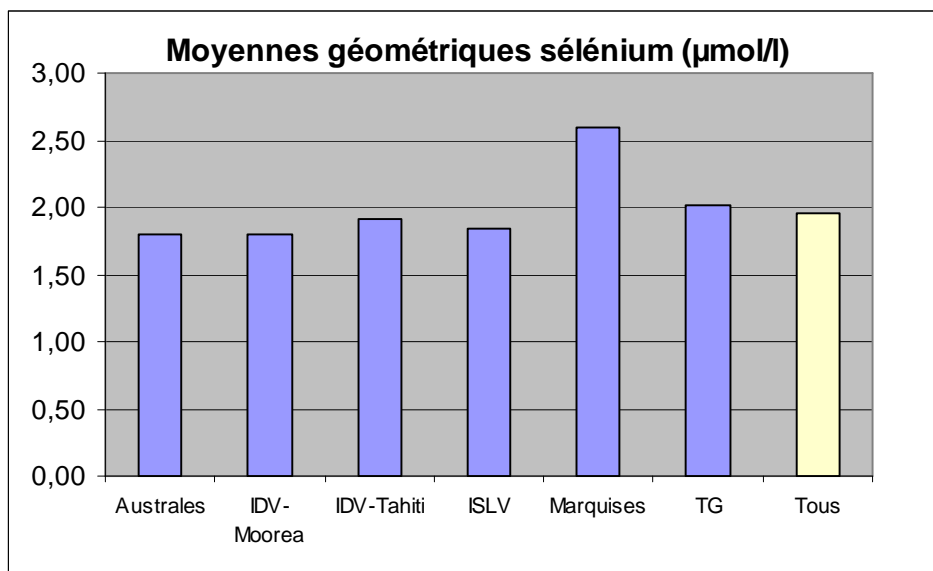
5. Sélénium

La concentration sanguine moyenne mesurée chez les nouveau-nés polynésiens était de 2,0 µmol/L. Les niveaux sanguins les plus élevés ont été mesurés chez les nouveau-nés des Marquises (2,7 µmol/L), tandis que les niveaux les plus bas ont été observés à Moorea et aux Australes.

Tableau 11. Concentrations sanguines moyennes de sélénium (µmol/l) chez les nouveau-nés de Polynésie Française en 2006

Archipel	Sélénium (µmol/L)					
	n	Moy. Arith.	IC 95 %	Moy Géo.	IC 95 %	Min. Max.
IDV						
<i>Tahiti</i>	89	1,95	(1,86-2,04)	1,91	(1,83-1,99)	1,3 3,8
<i>Moorea</i>	20	1,83	(1,66-2,00)	1,80	(1,65-1,97)	1,4 2,6
ISLV	48	1,89	(1,76-2,03)	1,84	(1,73-1,97)	1,2 4,0
Marquises	20	2,71	(2,30-3,11)	2,59	(2,26-2,97)	1,5 4,9
Australes	8	1,83	(1,52-2,13)	1,79	(1,51-2,12)	1,3 2,4
T-G	38	2,06	(1,90-2,23)	2,00	(1,87-2,16)	1,4 3,9
Tous	234	2,01	(1,94-2,08)	1,95	(1,90-2,01)	1,2 4,9

Figure 5. Concentrations sanguines moyennes de sélénium ($\mu\text{mol/l}$) chez les nouveau-nés de Polynésie Française en 2006



6. Acides gras

La concentration moyenne d'oméga-3 totaux était de 3,5 % dans les phospholipides membranaires, une concentration qui reflète une consommation importante de poisson considérant la faible teneur en gras des poissons consommés (en particulier le thon). La somme de l'EPA et de la DHA représentait 87 % des oméga-3 totaux. Chez les nouveau-nés, et bien plus que chez l'adulte, le DHA représente l'oméga-3 principal. La concentration moyenne des oméga-6 totaux était de 21,3 %, l'acide arachidonique constituant 49 % des oméga-6 totaux. Les acides gras saturés étaient en concentration moyenne de 54,5 %. L'acide palmitique représentait 55 % des acides gras saturés totaux (moyenne = 29,7 %). Il n'y avait pas de différences marquées dans les concentrations moyennes d'EPA, DHA et d'oméga-3 totaux mesurées chez les nouveau-nés des différents archipels.

Tableau 12. Concentrations relatives moyennes des acides gras saturés et insaturés dans les phospholipides plasmatiques des nouveau-nés de Polynésie Française en 2006

Acides gras	Moy. Arith.	Écart-type	Minimum	Maximum
14:0	0,6795	0,2404	0,4244	3,1903
9t-14:1 n5	0,0004	0,0058	0	0,0880
9c-14:1 n5	0,0023	0,0208	0	0,2811
16:0 (Acide palmitique)	29,7186	1,9734	24,3593	36,7521
9t-16:1 n7	0,0375	0,0627	0	0,2541
9c-16:1 n7	1,3478	0,4851	0,7096	5,0732
18:0	14,5559	1,1313	8,3138	16,7225
6t-18:1 n12	0,0100	0,0501	0	0,3522
9t-18:1 n9	0,1326	0,1126	0	0,6345
11t-18:1 n7	0,0156	0,0488	0	0,5010
6c-18:1 n12	0,0012	0,0117	0	0,1516
9c-18:1 n9	12,1881	1,6629	9,0197	22,2831
11c-18:1 n7	2,4205	0,3189	1,3363	3,7818
9t12t-18:2 n6	0,0172	0,0492	0	0,2453
9t12c-18:2 n6	0,0002	0,0037	0	0,0562
9c12t-18:2 n6	0	0	0	0
9c12c-18:2 n6 (LA)	5,5410	1,5951	3,1557	18,1042
9t12t15t-18:3 n3	0,0033	0,0496	0	0,7561
20:0	0,8091	0,1602	0	1,1340
6c9c12c-18:3 n6	0,0238	0,0470	0	0,1818
11t-20:1 n9	0,0008	0,0123	0	0,1878
9c12c15c-18:3 n3 (ALA)	0,0017	0,0264	0	0,4017
8c-20:1 n12	0,0013	0,0122	0	0,1478
11c-20:1 n9	0,1037	0,0961	0	0,4875
6c9c12c15c-18:4 n3	0,1547	0,1564	0	0,6856
11c14c-20:2 n6	0,2040	0,1003	0	0,3750

22:0	2,0509	0,2915	1,0749	2,7244
8c11c14c-20:3 n6	2,6297	0,5682	0,8921	4,2008
11c14c17c-20:3 n3 (ETA)	0	0	0	0
5c8c11c14c-20:4 n6 (AA)	10,5252	2,4932	2,9800	17,4926
13c-22:1 n9	0	0	0	0
8c11c14c17c-20:4 n3	0,0139	0,0564	0	0,3877
13c16c-22:2 n6	0,0066	0,0570	0	0,6626
5c8c11c14c17c-20:5 n3 (EPA)	0,0144	0,0799	0	0,9510
24:0	6,6794	1,1162	2,6871	9,4276
13c16c19c-22:3 n3	0,0367	0,0641	0	0,2249
15c-24:1 n9	4,4339	0,6269	1,8097	6,0022
7c10c13c16c-22:4 n6	1,6456	0,5180	0,3968	3,3849
4c7c10cx13c16c-22:5 n6	0,6996	0,2372	0	1,4655
7c10c13c16c19c-22:5 n3 (DPA)	0,2526	0,1446	0	0,6110
4c7c10c13c16c19c-22:6n3 (DHA)	3,0407	0,9341	0,9241	5,9157
n-3/n-6	0,1648	0,0410	0,0629	0,3155
Saturés	54,4933	3,2747	42,7015	62,2784
P (n-3 & 6)/S	0,4608	0,1011	0,2282	0,7592
n-6 total	21,2928	3,3786	12,5293	29,5217
n-3 total	3,5180	1,0550	1,1837	6,9537
monoinsaturés trans	0,1970	0,1712	0	0,9565
n3 trans	0,0033	0,0496	0	0,7561
n6 trans	0,0175	0,0495	0	0,2454
total trans	0,2176	0,1889	0	1,0274
monoinsaturés cis	20,4988	2,1373	16,1452	30,1593
n3 cis	3,5148	1,0547	1,1837	6,9537
n6 cis	21,2754	3,3779	12,4016	29,5217
Total cis	45,2889	3,2346	37,5132	56,2711

Voir annexe 1 pour la description des sommes et ratios des acides gras saturés et insaturés.

Tableau 13. Concentrations relatives moyennes d'acides gras oméga-3 totaux dans les phospholipides plasmatiques chez les nouveau-nés de Polynésie Française en 2006

Archipel	n-3 totaux (%)						
	n	Moy. Arith.	IC 95 %	Moy Géo.	IC 95 %	Min.	Max.
IDV							
<i>Tahiti</i>	87	3,48	(3,26-3,69)	3,33	(3,12-3,55)	1,35	6,19
<i>Moorea</i>	18	3,58	(2,89-4,26)	3,34	(2,74-4,06)	1,22	6,95
ISLV	47	3,41	(3,10-3,72)	3,24	(2,93-3,58)	1,18	5,87
Marquises	20	3,44	(3,14-3,73)	3,38	(3,11-3,68)	2,30	5,33
Australes	7	3,73	(2,74-4,72)	3,60	(2,76-4,71)	2,40	5,33
T-G	38	3,67	(3,28-4,07)	3,49	(3,13-3,89)	1,78	6,25
Tous	232	3,52	(3,38-3,65)	3,36	(3,22-3,50)	1,18	6,95

Tableau 14. Concentrations relatives moyennes d'acides gras eicosapentanoïque (EPA) dans les phospholipides plasmatiques chez les nouveau-nés de Polynésie Française en 2006

Archipel	EPA (%)						
	n	Moy. Arith.	IC 95 %	Moy. Géo.	IC 95 %	Min.	Max.
IDV							
<i>Tahiti</i>	87	0,01	(0,00-0,02)	0,19	(0,074-0,47)	0,00	0,34
<i>Moorea</i>	18	0,032	(0,00-0,08)	0,27	(0,0057-12,84)	0,00	0,37
ISLV	47	0,00	-	0,00	-	0,00	0,00
Marquises	20	0,007	(0,00-0,022)	0,14	-	0,00	0,14
Australes	7	0,084	(0,00-0,21)	0,29	(0,073-1,17)	0,00	0,33
T-G	38	0,025	(0,00-0,076)	0,95	-	0,00	0,95
Tous	232	0,014	(0,004-0,025)	0,23	(0,25-0,34)	0,00	0,95

Tableau 15. Concentrations relatives moyennes d'acides gras docosahénoïque (DHA) dans les phospholipides plasmatiques chez les nouveau-nés de Polynésie Française en 2006

Archipel	DHA (%)						
	n	Moy. Arith.	IC 95 %	Moy Géo.	IC 95 %	Min.	Max.
IDV							
Tahiti	87	3,01	(2,82-3,19)	2,88	(2,69-3,07)	0,92	5,26
Moorea	18	3,04	(2,42-3,66)	2,82	(2,30-3,45)	1,22	5,92
ISLV	47	3,02	(2,75-3,29)	2,88	(2,62-3,16)	1,18	5,37
Marquises	20	2,91	(2,63-3,19)	2,85	(2,59-3,15)	1,65	4,63
Australes	7	3,11	(2,16-4,07)	2,96	(2,14-4,10)	1,70	4,54
T-G	38	3,18	(2,83-3,53)	3,01	(2,68-3,37)	1,09	5,40
Tous	232	3,04	(2,02-3,16)	2,90	(2,78-3,02)	0,92	5,92

Quant aux acides gras trans, la concentration moyenne mesurée était de 0,22 % chez les nouveau-nés participants. On peut voir au tableau 16 que les femmes des régions isolées ont des concentrations plus basses (voir Tuamotu par rapport à Moorea)

Tableau 16. Concentrations relatives moyennes d'acides gras trans totaux dans les phospholipides plasmatiques chez les nouveau-nés de Polynésie Française en 2006

Archipel	Grans trans totaux (%)						
	n	Moy. Arith.	IC 95 %	Moy. Géo.	IC 95 %	Min.	Max.
IDV							
Tahiti	87	0,26	(0,22-0,29)	0,29	(0,27-0,32)	0,00	0,68
Moorea	18	0,35	(0,19-0,50)	0,48	(0,38-0,62)	0,00	1,03
ISLV	47	0,20	(0,15-0,25)	0,26	(0,22-0,30)	0,00	0,55
Marquises	20	0,18	(0,11-0,26)	0,26	(0,21-0,33)	0,00	0,45
Australes	7	0,19	(0,06-0,32)	0,26	(0,19-0,36)	0,00	0,36
T-G	38	0,14	(0,08-0,19)	0,21	(0,17-0,27)	0,00	0,76
Tous	232	0,22	(0,19-0,24)	0,28	(0,26-0,30)	0,00	1,03

7. Facteurs associés aux caractéristiques de naissance

Un des objectifs de cette étude est d'évaluer les effets des facteurs sociodémographiques, environnementaux et nutritionnels sur les indicateurs de santé de l'enfant, plus précisément le poids à la naissance et la durée de la gestation. Les corrélations de Pearson entre les facteurs de risque ou protecteur potentiels et le poids à la naissance ainsi que l'âge gestationnel sont présentées au tableau 17.

Tableau 17. Facteurs sociodémographiques, environnementaux et alimentaires associés à l'âge gestationnel et le poids à la naissance des nouveau-nés

Facteurs	Poids à la naissance	Age gestationnel
Âge maternelle	$r^1=0,04$; $p=0,542$	$r=0,01$; $p=0,148$
Niveau de scolarité	$r=0,12$; $p=0,089$	$r=0,01$; $p=0,928$
Revenu mensuel familial	$r=0,03$; $p=0,631$	$r=0,00$; $p=0,946$
Consommation de cigarette avant la grossesse	$r=0,11$; $p=0,114$	$r=0,09$; $p=0,166$
Nombre de cigarettes consommées/jour avant la grossesse	$r=-0,10$; $p=0,139$	$r=-0,09$; $p=0,170$
Consommation de cigarette pendant la grossesse	$r=0,09$; $p=0,160$	$r=0,06$; $p=0,347$
Nombre de cigarettes consommées/jour pendant la grossesse	$r=-0,09$; $p=0,190$	$r=-0,06$; $p=0,342$
Mercure	$r=-0,02$; $p=0,817$	$r=-0,02$; $p=0,745$
Plomb	$r=-0,01$; $p=0,870$	$r=0,12$; $p=0,070$
Cadmium	$r=-0,05$; $p=0,436$	$r=-0,01$; $p=0,860$
Sélénium	$r=-0,05$; $p=0,507$	$r=0,01$; $p=0,917$
Iode	$r=-0,03$; $p=0,630$	$r=0,01$; $p=0,878$
Σ acides gras oméga-3	$r=0,01$; $p=0,890$	$r=0,07$; $p=0,306$
EPA	$r=0,01$; $p=0,884$	$r=0,02$; $p=0,805$
DHA	$r=0,01$; $p=0,851$	$r=0,07$; $p=0,315$
Σ gras trans	$r=-0,14$; $p=0,042$	$r=-0,10$; $p=0,130$

r^1 : Coefficient de corrélation de Pearson

Parmi tous les facteurs évalués, seule la somme des acides gras trans est négativement associée avec le poids à la naissance de façon significative ($p = 0,04$) (tableau 17). Par ailleurs, le plomb semble être positivement corrélé avec l'âge gestationnel en corrélation simple, quoique la relation ne soit pas statistiquement significative ($p = 0,07$). Le tableau 18 présente les mêmes associations, mais cette fois en ajustant pour les facteurs confondant. Le poids à la naissance demeure négativement associé à la somme des acides gras trans après ajustement pour le nombre de cigarettes fumées par jour avant la grossesse (p du modèle = 0,018). Par ailleurs, l'âge gestationnel est significativement associé à la concentration sanguine de plomb après ajustement pour le nombre de cigarettes fumées par jour avant la grossesse.

Tableau 18. Facteurs associés au poids à la naissance et à l'âge gestationnel en régressions multiples

Caractéristiques à la naissance	Exposition	N	R ²	β	Valeur p
Poids à la naissance ¹	- Σ gras trans	222	0,033	-0,13	0,049
Âge gestationnel ¹	-Plomb	218	0,027	0,18	0,048

¹ Ajusté pour le nombre de cigarettes fumées avant la grossesse

8. Tabou

En ce qui concerne, l'existence possible d'un tabou limitant la consommation de poissons pélagique pendant la grossesse, voici les principaux résultats. Cinq pour cent des femmes disent avoir volontairement restreint leur consommation de poissons pendant la grossesse : 41 % principalement du poisson du large et 54 % du poisson de lagon. Les raisons invoquées sont présentées dans le tableau 19 et concernent principalement la peur de la ciguatera.

Tableau 19. Raisons invoquées sur la restriction de consommation de poissons

Raison invoquée	N	Pourcentage
Ciguatera	30	53,6
Allergie	17	30,4
Pour le bébé	5	8,9
Toxicité	2	3,6
Allaitement	1	1,8
Mercurie	1	1,8

DISCUSSION

Le dosage du mercure sanguin chez les participants de l'étude révèle que 82 % des nouveau-nés constituant l'échantillon sont exposés à des niveaux de mercure dépassant les normes de l'US-EPA. Par contre, selon les normes de l'OMS, ce sont 38 % des nouveau-nés qui dépasseraient les normes recommandées établies afin de protéger le fœtus contre les effets neurotoxiques du mercure. Les prélèvements de cheveux d'une dizaine de femmes polynésiennes démontrent que l'exposition au mercure fluctue très peu au cours des saisons. Par ailleurs, le questionnaire de fréquence alimentaire portant sur la consommation de poissons de lagon et du large a permis d'identifier que ce sont les poissons pélagiques et plus spécifiquement le thon qui serait la principale source d'exposition au mercure. En effet, une consommation moyenne de 7 repas par mois de thon pourrait à elle seule expliquer les concentrations sanguines observées. Les données du ministère de l'Agriculture datées de 2005 rapportent une concentration moyenne de mercure de 0,308 µg/g dans le thon blanc (*Thunnus alalunga*), le plus consommé des thons. Si l'on considère les données de la présente enquête dans laquelle les femmes rapportent une consommation moyenne de 7 repas de thon par mois, on peut effectuer les calculs suivants : 7 repas de 200 grammes par mois soit 1400 grammes de thon par mois, soit l'ingestion de 431 µg (1400 x 0.308) de mercure par mois, soit 14,4 µg de mercure par jour. La cinétique du mercure étant simple (WHO, 2003), cela correspond à 14-15 µg/litre de sang ou équivalent à 70 nmol/L qui se trouve être la moyenne des concentrations sanguines de mercure mesurées chez les participantes de l'étude. Ainsi, la consommation de thon à elle seule suffit à expliquer l'exposition des femmes polynésiennes au mercure.

La consommation au cours de la grossesse d'espèces de poissons moins contaminés en mercure pourrait être recommandée afin de réduire l'exposition au mercure du fœtus en développement et de prévenir des déficits neuro-comportementaux potentiels.

Les niveaux sanguins de plomb chez les nouveau-nés Polynésiens se sont avérés extrêmement bas, la plombémie moyenne étant de 0,06 $\mu\text{mol/L}$ chez les 234 nouveau-nés provenant des différents archipels de la Polynésie Française. Malgré la présence d'une industrie de recyclage de batteries sur l'île de Huahine dans l'archipel des Îles sous le Vent, les nouveau-nés résidants avaient une concentration moyenne de plomb (0,05 $\mu\text{mol/L}$) inférieure à celle de l'ensemble des nouveau-nés.

Les niveaux de plomb sanguins étaient associés positivement à l'âge gestationnel dans notre étude. Cet effet observé est probablement fortuit puisque la plupart des études épidémiologiques ont rapporté une réduction de l'âge gestationnel ainsi qu'une augmentation d'un retard de croissance intra-utérin (Berkowitz, Z. et coll., 2006; Chen, P.C. et coll., 2006; Gonzalez-Cossio, T. et coll., 1997; Jelliffe-Pawlowski, L.L. et coll., 2006) en fonction de l'exposition au plomb. Par ailleurs, la concentration moyenne de 0,06 $\mu\text{mol/L}$ chez les nouveau-nés de notre étude est bien inférieure à la concentration sanguine à ne pas dépasser établie à 0,48 $\mu\text{mol/L}$ par l'US-EPA.

Les concentrations sanguines d'iode semblent démontrer que les apports alimentaires en iode sont suffisants chez les nouveau-nés polynésiens puisque la concentration moyenne en iode correspond à 170 $\mu\text{g/L}$ soit comparable et même supérieure à ce qui est décrit dans la littérature (60-120 $\mu\text{g/L}$) chez l'adulte (facteur de conversion de 0,0079). Les nouveau-nés résidants aux Îles sous le Vent avaient des niveaux sanguins deux fois plus élevés que la moyenne des participants. Cette différence marquée pourrait s'expliquer, entre autres, par une plus grande consommation de produits marins ou d'espèces marines dont l'apport en iode serait important.

Dans cette étude, les concentrations sanguines de sélénium ont été mesurées dans le sang total avec une moyenne de 2,0 $\mu\text{mol/L}$. Or, les concentrations de sélénium sont habituellement mesurées dans le plasma. Les ratios de concentrations entre la concentration sanguine et celle mesurée dans le plasma (ou le sérum) sont

habituellement de 1,2. On peut comparer ce chiffre avec les dosages plasmatiques effectués dans le projet SUVIMAX, où seulement 2 % de la population à l'étude présentait des concentrations sériques considérées comme déficientes (moins de 0,75 $\mu\text{mol/L}$) (Arnaud, J. et coll., 2006). Les femmes de l'étude SUVIMAX, avaient des concentrations sériques de 1,09 $\mu\text{mol/}$ (n= 7423) ce qui correspondrait à 1,3 $\mu\text{mol/L}$ dans le sang total, chiffre bien inférieur à celui trouvé dans le sang ombilical des nouveau-nés à la présente étude. Les concentrations exceptionnellement élevées aux Marquises (2,7 $\mu\text{mol/l}$) pourraient être dues soit à un phénomène géologique (volcanisme), soit à des habitudes alimentaires particulières (ex. consommation de la peau des poissons).

La concentration totale en oméga-3 (3,5 %) mesurée chez les nouveau-nés de Polynésie correspond environ au double de celle mesurée chez les nouveau-nés de la population générale du Québec (1,98 %) et un peu plus faible que celle mesurée chez les Inuits du Nunavik (4,44 %)(Lucas, M. et coll., 2004). Toutefois, la concentration moyenne en EPA de 0,014 % chez les nouveau-nés de Polynésie est deux fois plus faible que celle mesurée chez les nouveau-nés inuits (0,038 %), et ce, pour des concentrations similaires en DHA. Cette différence pourrait s'expliquer par une faible teneur en EPA de l'huile de thon (6.0 g/100g) comparativement à l'huile d'aloose (14.0 g/100g), une espèce pélagique de l'Atlantique Nord (US Food and Drug Administration, 2002). Les concentrations plasmatiques élevées en acide palmitique observées chez les nouveau-nés polynésiens sont probablement attribuables à une consommation importante d'huile de palme et de coco.

Les acides gras trans sont présents dans les aliments industriels préparés d'avance principalement dans ceux contenant des huiles hydrogénées. Ces gras traversent la barrière placentaire, les concentrations mesurées chez le nouveau-né étant fortement corrélées à celles de la mère et directement liées aux habitudes alimentaires de la mère (Hornstra, G., 2000). La concentration moyenne de gras trans de 0,22 % mesurée dans la population de nourrissons est comparable et même plus basse que celle rapportée en

Europe (0,35 % en Hollande) et donc bien plus basse encore que celle mesurée chez les Autochtones du Québec (1,5-2 %). Cela témoigne d'une alimentation qualitativement saine au niveau du type de gras ingéré. En Polynésie, d'après nos travaux préliminaires, les jeunes avaient des concentrations plasmatiques de gras trans doubles de celles de leurs aînés.

Dans cette étude, les concentrations plasmatiques de gras trans étaient négativement associées aux poids à la naissance des nouveau-nés après ajustement pour les facteurs confondants. Une association similaire a été rapportée dans une étude auprès de nouveau-nés prématurés (Koletzko, B., 1992). Par ailleurs, des résultats préliminaires émanant de deux cohortes de nouveau-nés néerlandais semblent démontrer des effets subtils des gras trans sur le poids à la naissance (Hornstra, G. et coll., 2006). Par contre, une étude canadienne n'a pas permis de démontrer un effet des gras trans sur le poids à la naissance chez des nouveau-nés dont la concentration moyenne était de 0,67 %, c'est-à-dire une exposition trois fois plus élevée (Elias, S.L. et coll., 2001). Il est important de noter qu'aucun facteur potentiellement confondant n'a été évalué dans cette étude. À ce jour, trop peu d'études visant à déterminer les effets des acides gras trans sur les mesures anthropomorphiques à la naissance ont été réalisées. Cette étude auprès de nourrissons nés majoritairement à terme semble démontrer que les gras trans pourraient avoir des effets néfastes sur le développement du fœtus.

En résumé, les femmes polynésiennes bénéficient largement d'une consommation de poissons élevée. Cependant, celle-ci est aussi responsable d'une surexposition au mercure qu'il serait prudent de diminuer. Il est probable que celle-ci provienne surtout de la consommation de poissons pélagiques.

Une information précise et ciblée auprès des femmes en début de grossesse sur la contamination des différentes espèces de poisson du large et du lagon devrait permettre à court terme de diminuer l'exposition prénatale au mercure des enfants polynésiens.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en premier lieu toutes les participantes du projet qui ont accepté de répondre au questionnaire alimentaire et de donner un peu de sang. Un grand merci également à l'EPAP pour son support financier et l'intérêt porté à notre projet. Ce projet n'aurait pu avoir lieu sans la collaboration des responsables et du personnel médical de maternité des centres de santé suivant : Centre Hospitalier de Polynésie Française de Mamao, cliniques Paofai et Cardella, hôpitaux de Taravao, Moorea, Uturoa, et Taiohae. Nous tenons également à saluer la collaboration du personnel de l'Institut Louis Malardé, du laboratoire de toxicologie de l'Institut National de Santé Publique du Québec ainsi que de celui du Centre de maladies lipidiques du CHUL à Québec.

REFERENCES

- Andrews, K. W., Savitz, D. A. and Hertz-Picciotto, I. 1994. Prenatal lead exposure in relation to gestational age and birth weight: a review of epidemiologic studies. *Am J Ind Med.* 26. 13-32.
- Angell, N. F. and Lavery, J. P. 1982. The relationship of blood lead levels to obstetric outcome. *Am J Obstet Gynecol.* 142. 40-6.
- Arnaud, J., Bertrais, S., Roussel, A. M., Arnault, N., Ruffieux, D., Favier, A., Berthelin, S., Estaquio, C., Galan, P., Czernichow, S. and Hercberg, S. 2006. Serum selenium determinants in French adults: the SU.VI.M.AX study. *Br J Nutr.* 95. 313-20.
- ATSDR. 1999. Toxicological profile for mercury. Atlanta.
- ATSDR. 2005. Toxicological profile for lead. Atlanta.
- Bellinger, D., Leviton, A., Allred, E. and Rabinowitz, M. 1994. Pre- and postnatal lead exposure and behavior problems in school-aged children. *Environ Res.* 66. 12-30.
- Bellinger, D. C. 2004. Lead. *Pediatrics.* 113. 1016-22.
- Berkowitz, Z., Price-Green, P., Bove, F. J. and Kaye, W. E. 2006. Lead exposure and birth outcomes in five communities in Shoshone County, Idaho. *Int J Hyg Environ Health.* 209. 123-32.
- Bourre, J. M. and Paquette, P. 2006. Contribution de chaque produit de la pêche ou de l'aquaculture aux apports en DHA, iode, sélénium, vitamines D et B12. *Médecine et Nutrition.* 42. 113-127.
- Brown, K. M. and Arthur, J. R. 2001. Selenium, selenoproteins and human health: a review. *Public Health Nutr.* 4. 593-9.
- Carlson, S. E. 2001. Docosaehaenoic acid and arachidonic acid in infant development. *Semin Neonatol.* 6. 437-49.
- Castoldi, A. F., Coccini, T., Ceccatelli, S. and Manzo, L. 2001. Neurotoxicity and molecular effects of methylmercury. *Brain Res Bull.* 55. 197-203.
- Chen, P. C., Pan, I. J. and Wang, J. D. 2006. Parental exposure to lead and small for gestational age births. *Am J Ind Med.* 49. 417-22.
- Counter, S. A. and Buchanan, L. H. 2004. Mercury exposure in children: a review. *Toxicol Appl Pharmacol.* 198. 209-30.
- Davidson, P. W., Myers, G. J. and Weiss, B. 2004. Mercury exposure and child development outcomes. *Pediatrics.* 113. 1023-9.

- Debes, F., Budtz-Jorgensen, E., Weihe, P., White, R. F. and Grandjean, P. 2006. Impact of prenatal methylmercury exposure on neurobehavioral function at age 14 years. *Neurotoxicol Teratol.* 28. 363-75.
- Delange, F. 2000. The role of iodine in brain development. *Proc Nutr Soc.* 59. 75-9.
- Delange, F. 2001. Iodine deficiency as a cause of brain damage. *Postgrad Med J.* 77. 217-20.
- Despres, C., Beuter, A., Richer, F., Poitras, K., Veilleux, A., Ayotte, P., Dewailly, E., Saint-Amour, D. and Muckle, G. 2005. Neuromotor functions in Inuit preschool children exposed to Pb, PCBs, and Hg. *Neurotoxicol Teratol.* 27. 245-57.
- Dewailly, E., Ayotte, P., Bruneau, S. and Weber, J. P. 1999. Selenium status of Inuits exposed to methylmercury. *Epidemiology.* 10. 101.
- Dewailly, E., Blanchet, C., Gingras, S., Lemieux, S., Sauve, L., Bergeron, J. and Holub, B. J. 2001. Relations between n-3 fatty acid status and cardiovascular disease risk factors among Quebecers. *Am J Clin Nutr.* 74. 603-11.
- Dewailly, E., Fleming, L., Furgal, C. and Knap, A. 2000a. Public health indicators and ocean changes. *Epidemiology.* 11. 146.
- Dewailly, E. and Knap, A. 2006. Food from the Oceans and Human Health : Balancing Risks and Benefits. *Oceanography.* 19. 73-81.
- Dewailly, E., Lévesque, B., Duchesne, J. F., Dumas, P., Scheuhammer, A., Gariépy, C., Rhainds, M. and Proulx, J. F. 2000b. Lead shot as a source of lead poisoning in the Canadian Arctic. *Epidemiology.* 11. 146.
- Dietrich, K. N., Ris, M. D., Succop, P. A., Berger, O. G. and Bornschein, R. L. 2001. Early exposure to lead and juvenile delinquency. *Neurotoxicol Teratol.* 23. 511-8.
- Elias, S. L. and Innis, S. M. 2001. Infant plasma trans, n-6, and n-3 fatty acids and conjugated linoleic acids are related to maternal plasma fatty acids, length of gestation, and birth weight and length. *Am J Clin Nutr.* 73. 807-14.
- Falcon, M., Vinas, P. and Luna, A. 2003. Placental lead and outcome of pregnancy. *Toxicology.* 185. 59-66.
- Fraser, S., Muckle, G. and Despres, C. 2006. The relationship between lead exposure, motor function and behaviour in Inuit preschool children. *Neurotoxicol Teratol.* 28. 18-27.
- Gonzalez-Cossio, T., Peterson, K. E., Sanin, L. H., Fishbein, E., Palazuelos, E., Aro, A., Hernandez-Avila, M. and Hu, H. 1997. Decrease in birth weight in relation to maternal bone-lead burden. *Pediatrics.* 100. 856-62.

Grandjean, P., Weihe, P., White, R. F., Debes, F., Araki, S., Yokoyama, K., Murata, K., Sorensen, N., Dahl, R. and Jorgensen, P. J. 1997. Cognitive deficit in 7-year-old children with prenatal exposure to methylmercury. *Neurotoxicol Teratol.* 19. 417-28.

Hornstra, G. 2000. Essential fatty acids in mothers and their neonates. *Am J Clin Nutr.* 71. 1262S-9S.

Hornstra, G., van Eijdsden, M., Dirix, C. and Bonsel, G. 2006. Trans fatty acids and birth outcome: some first results of the MEFAB and ABCD cohorts. *Atheroscler Suppl.* 7. 21-3.

Jelliffe-Pawlowski, L. L., Miles, S. Q., Courtney, J. G., Materna, B. and Charlton, V. 2006. Effect of magnitude and timing of maternal pregnancy blood lead (Pb) levels on birth outcomes. *J Perinatol.* 26. 154-62.

Koletzko, B. 1992. Trans fatty acids may impair biosynthesis of long-chain polyunsaturates and growth in man. *Acta Paediatr.* 81. 302-6.

Levesque, B., Duchesne, J. F., Gariépy, C., Rhainds, M., Dumas, P., Scheuhammer, A. M., Proulx, J. F., Dery, S., Muckle, G., Dallaire, F. and Dewailly, E. 2003. Monitoring of umbilical cord blood lead levels and sources assessment among the Inuit. *Occup Environ Med.* 60. 693-5.

Lucas, M., Dewailly, E., Muckle, G., Ayotte, P., Bruneau, S., Gingras, S., Rhainds, M. and Holub, B. J. 2004. Gestational age and birth weight in relation to n-3 fatty acids among Inuit (Canada). *Lipids.* 39. 617-26.

Mozaffarian, D. and Rimm, E. B. 2006. Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risks and the benefits. *Jama.* 296. 1885-99.

Parker, G., Gibson, N. A., Brotchie, H., Heruc, G., Rees, A. M. and Hadzi-Pavlovic, D. 2006. Omega-3 fatty acids and mood disorders. *Am J Psychiatry.* 163. 969-78.

Psota, T. L., Gebauer, S. K. and Kris-Etherton, P. 2006. Dietary omega-3 fatty acid intake and cardiovascular risk. *Am J Cardiol.* 98. 3i-18i.

Rayman, M. P. 2000. The importance of selenium to human health. *Lancet.* 356. 233-41.

Sorensen, N., Murata, K., Budtz-Jorgensen, E., Weihe, P. and Grandjean, P. 1999. Prenatal methylmercury exposure as a cardiovascular risk factor at seven years of age. *Epidemiology.* 10. 370-5.

Srivastava, S., Mehrotra, P. K., Srivastava, S. P., Tandon, I. and Siddiqui, M. K. 2001. Blood lead and zinc in pregnant women and their offspring in intrauterine growth retardation cases. *J Anal Toxicol.* 25. 461-5.

Steuerwald, U., Weihe, P., Jorgensen, P. J., Bjerve, K., Brock, J., Heinzow, B., Budtz-Jorgensen, E. and Grandjean, P. 2000. Maternal seafood diet, methylmercury exposure, and neonatal neurologic function. *J Pediatr.* 136. 599-605.

US Food and Drug Administration 2002 http://www.clovercorp.com.au/PDF/Gras_Notice.pdf

Watanabe, C. 2002. Modification of mercury toxicity by selenium: practical importance? *Tohoku J Exp Med.* 196. 71-7.

WHO. 2003. WHO Technical series 922. Evaluation of certain food additives and contaminants food additives and contaminants. Sixty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva. 176

ANNEXE 1 : DESCRIPTION DES SOMMES ET RATIOS DES ACIDES GRAS
SATURES ET INSATURES

n- 6 total : 9t12t-18:2 n6, 9t12c-18:2 n6, 9c12t-18:2 n6, 9c12c-18:2 n6, 6c9c12c-18:3 n6,
11c14c-20:2 n6, 8c11c14c-20:3 n6, 5c8c11c14c-20:4 n6, 13c16c-22:2 n6,
7c10c13c16c-22:4 n6, 4c7c10cx13c16c-22:5 n6

n-3 total : 9t12t15t-18:3 n3, 9c12c15c-18:3 n3, 6c9c12c15c-18:4 n3, 11c14c17c-20:3 n3,
8c11c14c17c-20:4 n3, 5c8c11c14c17c-20:5 n3, 13c16c19c-22:3 n3, 7c10c13c16c19c-22:5
n3, 4c7c10c13c16c19c-22:6n3

n-3/n-6 : n-3 total/n-6 total

Saturés : 14:0, 18:0, 20:0, 22:0, 24:0

P (n-3 & n-6)/S : (n-3 total + n-6 total)/ saturés

n3 trans : 9t12t15t-18:3 n3

n6 trans : 9t12t-18:2 n6, 9t12c-18:2 n6, 9c12t-18:2 n6

n3 cis : 9c12c15c-18:3 n3, 6c9c12c15c-18:4 n3, 11c14c17c-20:3 n3, 8c11c14c17c-20:4 n3,
5c8c11c14c17c-20:5 n3, 13c16c19c-22:3 n3, 7c10c13c16c19c-22:5 n3,
4c7c10c13c16c19c-22:6n3

n6 cis : 9c12c-18:2 n6, 6c9c12c-18:3 n6, 11c14c-20:2 n6, 8c11c14c-20:3 n6,
5c8c11c14c-20:4 n6, 13c16c-22:2 n6, 7c10c13c16c-22:4 n6, 4c7c10cx13c16c-22:5 n6

Total trans : 9t-14:1 n5, 9t-16:1 n7, 6t-18:1 n12, 9t-18:1 n9, 11t-18:1 n7, 9t12t-18:2 n6,
9t12c-18:2 n6, 9c12t-18:2 n6, 9t12t15t-18:3 n3, 11t-20:1 n9

Total cis : 9c-14:1 n5, 9c-16:1 n7, 6c-18:1 n12, 9c-18:1 n9, 11c-18:1 n7, 9c12c-18:2 n6,

6c9c12c-18:3 n6, 9c12c15c-18:3 n3, 8c-20:1 n12, 11c-20:1 n9, 6c9c12c15c-18:4 n3,
11c14c-20:2 n6, 8c11c14c-20:3 n6, 11c14c17c-20:3 n3, 5c8c11c14c-20:4 n6,
13c-22:1 n9, 8c11c14c17c-20:4 n3, 13c16c-22:2 n6, 5c8c11c14c17c-20:5 n3,
13c16c19c-22:3 n3, 15c-24:1 n9, 7c10c13c16c-22:4 n6, 4c7c10cx13c16c-22:5 n6,
7c10c13c16c19c-22:5 n3, 4c7c10c13c16c19c-22:6 n3

Monoinsaturés trans : 9t-14:1 n5, 9t-16:1 n7, 6t-18:1 n12, 9t-18:1 n9, 11t-18:1 n7, 11t-20:1 n9

Monoinsaturés cis : 9c-14:1 n5, 9c-16:1 n7, 6c-18:1 n12, 8c-20:1 n12, 9c-18:1 n9,
11c-18:1 n7, 11c-20:1 n9, 13c-22:1 n9, 15c-24:1 n9