



AGENCE FRANÇAISE
DE SÉCURITÉ SANITAIRE
DES ALIMENTS

EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX HAP DANS L'EAU DE BOISSON ET RÉFLEXION SUR L'ÉVENTUEL RISQUE SANITAIRE ASSOCIÉ

Ce document complète la fiche 11 du rapport relatif à l'"évaluation des risques sanitaires liés aux situations de dépassement des limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine" concernant le benzo[a]pyrène.

Septembre 2006

- **Coordination scientifique**

Laurent GRIMAULT

- **Groupe de rapporteurs**

Membres du comité d'experts spécialisé « Eaux »

Mme Claude CASELLAS

M. Michel JOYEUX

Membre du comité d'experts spécialisé « Résidus et contaminants chimiques et physiques »

M. Jacques TULLIEZ

- **Participation scientifique – Afssa**

Delphine CAAMANO

Audrey COMMIEN

Sophie GALLOTTI

SOMMAIRE

Contexte	4
Identification des molécules présentes, Estimation de leur niveau de présence et de leur part respective dans les eaux destinées à la consommation humaine	7
1 – Exploitation des données issues de la base SISE-Eaux / Ministère de la santé / DRASS / DDASS	7
1.0. Données utilisées	7
1.1 Sélection des prélèvements, identification des HAP étudiés	7
1.2 Etude des 278 prélèvements pour lesquels des informations sont disponibles pour l'ensemble des 15 HAP visés par la norme.	8
1.2.1 Fréquence de détection et niveau de contamination pour la somme des 15 HAP ..	8
1.2.2 Fréquences de détection et niveaux de contamination pour chacun des 15 HAP .	10
1.2.3 Profil de contamination.....	10
1.2.4 Conclusion pour les 278 prélèvements	11
2 - Traitement des données d'un réseau d'eau contaminé	12
2.1 Identification et sélection des prélèvements étudiés	12
2.2 Fréquence et niveau de contamination.....	12
2.3 Conclusion	13
Eléments pour évaluer les risques sanitaires	14
1 – Eléments d'évaluation des risques liés à la présence du phénanthrène, du fluoranthène ou du fluorène dans l'eau de boisson	14
1.1 Examen des données toxicologiques disponibles pour chacune de ces molécules.....	14
1.2. Evaluation de l'exposition	15
1.3 Calcul des AJMT par ingestion d'eau du réseau contaminé, et comparaison aux VTR proposées par différentes instances.....	15
2 – Approche d'évaluation des risques liés à la présence de HAP en mélange dans l'eau de boisson	16
2.1 Valeur toxicologique de référence	16
2.2 Evaluation de la toxicité d'un mélange de HAP présents dans l'eau de boisson.....	16
2.3 Evaluation de l'exposition théorique : données issues d'u réseau d'eau considéré	18
2.4 Comparaison des niveaux d'apport par l'eau aux niveaux d'apport par l'alimentation (avis de l'Afssa du 29 juillet 2003).	18
2.5 Conclusions : approche d'évaluation du risque sanitaire.....	19
Références bibliographiques	20
Annexe I : extrait de l'arrêté du 29 mai 1997	21
Annexe II : données toxicologiques disponibles pour l'anthracène, le pyrène et le naphatlène	22
Annexe III : Evaluation de l'exposition théorique : données issues de la base SISE-Eaux	23

CONTEXTE

Suite à la sollicitation de différentes DDASS¹, la Direction générale de la santé (DGS) a élargi la demande relative à l'évaluation des risques sanitaires liés aux situations de dépassement des limites de qualité des HAP et a saisi l'Afssa le 23 août 2004 afin d'évaluer le risque sanitaire lié à la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'eau des réseaux de distribution publics.

Les objectifs du travail conduit par l'Afssa sont :

- d'évaluer le niveau d'exposition aux HAP présents dans l'eau de boisson,
- de réfléchir sur l'éventuel risque sanitaire associé, en élargissant la problématique à l'ensemble des HAP présents dans les eaux destinées à la consommation humaine.

Cette réflexion s'est organisée chronologiquement autour des 3 axes suivants :

- Identification des molécules présentes, Estimation de leur niveau de présence, et de leur part respective dans les eaux destinées à la consommation humaine ;
- Examen des données toxicologiques disponibles pour chacune de ces molécules ;
- En fonction de la qualité des réponses, évaluation de la faisabilité de mener une évaluation des risques sanitaires liés à ce(s) mélange(s) de HAP dans l'eau de boisson.

Afin de conduire cette réflexion, **des informations complémentaires** ont été demandées à la DGS. Ces informations concernent les données brutes obtenues dans l'eau de boisson. Pour chaque prélèvement disponible en France et concernant l'ensemble des HAP visés par la norme NF EN ISO 17993, les éléments suivants ont été fournis le 25 avril 2005 :

- lieu de prélèvement : (unité de distribution (UDI) / station de traitement de production d'eau potable (TTP)) ;
- date de prélèvement ;
- le débit (pour les TTP) et la population desservie (pour les UDI) ;
- le résultat analytique : concentration pour chaque HAP dosé, méthode d'analyse, LOD, LOQ.

Les HAP dans l'eau de boisson

Les HAP sont rarement présents dans les ressources en eau, ni introduits au cours des étapes de traitement de l'eau. Ils peuvent en revanche provenir de la migration des matériaux (notamment des matériaux à base de bitumes) utilisés comme produits d'étanchéité des réservoirs (revêtements) ou des canalisations (zones de jointement) dans les installations de production et distribution d'eau.

Afin de prévenir les risques de migration dans l'eau de substances provenant de matériaux, le code de la santé publique (art R* 1321-48) précise que ces matériaux ne doivent pas être susceptibles d'altérer la qualité de l'eau.

L'arrêté du 29 mai 1997 (Annexe I) modifié fixe les conditions auxquelles les matériaux et objet finis doivent satisfaire en cas de contact avec l'eau. Cet arrêté précise que les matériaux proposés par les industriels et utilisés par les PPRDE (Personne publique ou privée responsable de la distribution de l'eau), ne doivent pas, dans les conditions normales ou prévisibles d'emploi et de mise en oeuvre, être susceptibles de dégrader la qualité des eaux notamment en leur conférant un caractère nocif pour la santé. Dans le cadre du protocole d'obtention d'une ACS (Attestation de conformité sanitaire), les essais de migration réalisés prévoient notamment la mesure des HAP.

Le cadre réglementaire concernant la recherche des HAP dans l'eau de boisson a évolué depuis le 25 décembre 2003 (Cf. tableau 1). Depuis cette date la recherche des HAP dans l'eau de boisson est réalisée au point d'usage de l'eau (robinet). Ainsi, certains des HAP re-largués dans l'eau au cours de la distribution sont maintenant détectés.

¹ Direction départementale des affaires sanitaires et sociales

Tableau 1 : Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) recherchés dans les eaux destinées à la consommation humaine

	Décret 89-3	CSP (Décret 2001-1220) Application au 25 décembre 2003
Nature des HAP recherchés dans l'eau de boisson	Somme 6 HAP < 0,2 µg/L benzo[a]pyrène benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[ghi]pérylène indéno[1,2,3-cd]pyrène fluoranthène	Somme 4 HAP < 0,1 µg/L benzo[b]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[ghi]pérylène indéno[1,2,3-cd]pyrène
	benzo[a]pyrène < 0,01 µg/L	benzo[a]pyrène < 0,01 µg/L
Points de prélèvement pour le contrôle sanitaire	Ressource Point de mise en distribution	Ressource Point d'usage de l'eau

Cinq HAP sont actuellement visés par le code de la santé publique (liste 2 – tableau 2)

En 1984, l'US Environmental Protection Agency (US-EPA) avait identifié 16 HAP pour estimer le niveau de contamination des eaux polluées. Ces HAP, très présents dans l'environnement, sont suspectés de présenter un risque pour la santé. Cette liste a été étendue au B[a]P dans le cadre des évaluations par l'Afssa de la contamination des aliments par les HAP (liste 1 – tableau 2).

Par ailleurs, 15 HAP peuvent être recherchés dans les eaux par une méthode normalisée. En effet la norme NF EN ISO 17993 décrit la méthode normalisée pour le dosage de ces 15 HAP dans l'eau par HPLC avec détection par fluorescence après extraction liquide-liquide. Ces 15 HAP (tableau 2) correspondent à ceux identifiés par l'US-EPA à l'exception de l'acénaphylène (liste 3 – tableau 2)

Tableau 2 : listes de HAP

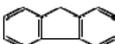
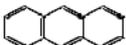
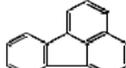
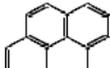
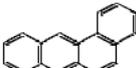
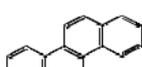
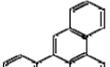
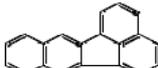
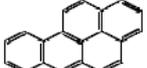
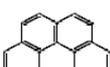
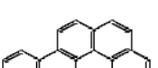
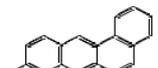
Liste US-EPA pour estimer le niveau de contamination des eaux polluées dite liste ⁽¹⁾ des 16 HAP+1 (liste 1)	Liste des 5 HAP visés par le code de la santé publique (liste 2)	Liste norme NF EN ISO 17993 (juillet 2004) (liste 3)
acénaphène		acénaphène
acénaphylène		
anthracène		anthracène
benzo[a]anthracène		benzo[a]anthracène
benzo[b]fluoranthène	benzo[b]fluoranthène	benzo[b]fluoranthène ⁽²⁾
benzo[j]fluoranthène		
benzo[k]fluoranthène	benzo[k]fluoranthène	benzo[k]fluoranthène
benzo[g,h,i]pérylène	benzo[g,h,i]pérylène	benzo[g,h,i]pérylène
benzo[a]pyrène	benzo[a]pyrène	benzo[a]pyrène
chrysène		chrysène
dibenzo[a,h]anthracène		dibenzo[a,h]anthracène
fluoranthène		fluoranthène
fluorène		fluorène
indéno[1,2,3,-cd]pyrène	indéno[1,2,3,-cd]pyrène	indéno[1,2,3,-cd]pyrène
naphtalène		naphtalène
phénanthrène		phénanthrène
pyrène		pyrène

⁽¹⁾ Cette liste, étendue au benzo(a)pyrène, est devenue la liste de référence pour l'analyse dans différentes matrices environnementales autres que l'eau. Liste d'HAP tirée d'un article du RIVM du 11 janvier 2000

⁽²⁾ Le benzo(j)fluoranthène n'étant pas séparable en CLHP, il est comptabilisé avec le benzo(b)fluoranthène.

Le tableau 3 résume les caractéristiques physico-chimiques des 15 HAP

Tableau 3 : structure et propriétés physico-chimiques des 15 molécules visées par la norme NF EN ISO 17993

Composé (n° CAS)	Structure chimique	Formule brute	Masse moléculaire	Solubilité dans l'eau à 25°C (mg/L)	Point de fusion (°C)	Log Kow
Naphtalène (91-20-3)		C ₁₀ H ₈	128.17	31.7	80.5	–
Acénaphthène (83-32-9)		C ₁₂ H ₁₀	154.21	1,93	95	3,58
Fluorène (86-73-7)		C ₁₃ H ₁₀	166.22	1.98	116.5	4,18
Anthracène (120-12-7)		C ₁₄ H ₁₀	178.23	0,076	218	4,45
Phénanthrène (85-01-8)		C ₁₄ H ₁₀	178.23	1.29	101	4,45
Fluoranthène (206-44-0)		C ₁₆ H ₁₀	202.26	0.26	111	4,9
Pyrène (129-00-0)		C ₁₆ H ₁₀	202.26	0,135	156	4,88
Benzo(a)anthracène (56-66-3)		C ₁₈ H ₁₂	228.29	0,01	158	5,61
Chrysène (218-01-9)		C ₁₈ H ₁₂	228.29	0.0028	255	5,16
Benzo(b)fluoranthène (205-99-2)		C ₂₀ H ₁₂	252.32	0,0012	168	6,04
Benzo(k)fluoranthène (207-08-9)		C ₂₀ H ₁₂	252.32	0,00076	217	6,06
Benzo(a)pyrène (50-32-8)		C ₂₀ H ₁₂	252.32	0,0023	179	6,06
Benzo(g,h,i)pérylène (191-24-2)		C ₂₂ H ₁₂	276.34	0,00026	273	6,5
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (193-39-5)		C ₂₂ H ₁₂	276.34	0.0005	164	6,58
Dibenzo(a,h)anthracène (53-70-3)		C ₂₂ H ₁₄	278.35	0.0005	266	6,84

IDENTIFICATION DES MOLÉCULES PRÉSENTES, ESTIMATION DE LEUR NIVEAU DE PRÉSENCE ET DE LEUR PART RESPECTIVE DANS LES EAUX DESTINÉES À LA CONSOMMATION HUMAINE

1 – Exploitation des données issues de la base SISE-Eaux / Ministère de la santé / DRASS / DDASS

1.0. Données utilisées

Les données transmises proviennent de la base nationale de données SISE-Eaux² / Ministère de la santé / DRASS / DDASS. Elles rassemblent les résultats analytiques issus des prélèvements réalisés au point de captage de l'eau brute (CAP), à la sortie de la station de traitement de l'eau potable (TTP) ou au niveau du réseau de distribution (UDI).

Dans le cadre de cette étude, seuls les prélèvements réalisés au point de mise en distribution (à la sortie des installations de traitement de l'eau (TTP)) et les prélèvements réalisés en différents points du réseau de distribution (UDI) ont été pris en compte. Les données relatives aux analyses effectuées sur l'eau au niveau des captages ou en amont de la station de traitement n'ont pas été retenues.

Dans la base de données SISE-Eaux, 25230 prélèvements sont enregistrés pour la période d'octobre 1987 à avril 2005. Il est à noter que très peu de résultats sont disponibles avant janvier 1990.

1.1 Sélection des prélèvements, identification des HAP étudiés

Pour 19 539 prélèvements³ réalisés depuis 1999, des informations sont disponibles pour l'ensemble des 5 HAP visés par le code de la santé publique.

- Pour 352 (1,6%) prélèvements répartis sur 60 départements, au moins 1 des HAP de la liste 1 a été détecté dans l'eau. Dans plus de 74% de ces prélèvements au moins un autre HAP parmi la liste 3 a été détecté conjointement.
- Les plus forts taux de détection sont observés⁴ pour les HAP suivants :
 - le fluoranthène qui est détecté dans 3 345 des 15 478 analyses (22 %) ;
 - le phénanthrène qui est détecté dans 406 des 2 255 analyses (18 %) ;
 - le fluorène qui est détecté dans 94 des 1 515 analyses (6 %) ;
- L'anthracène, le chrysène, le naphthalène et le pyrène sont détectés dans près de 3 % des prélèvements dans lesquels ils sont recherchés. Les 8 autres HAP sont détectés dans moins de 1 % des prélèvements dans lesquels ils sont recherchés.

Ces observations justifient de s'intéresser à d'autres HAP que ceux visés par le code de la santé publique. Les 15 HAP visés par la norme NF EN ISO 179993 sont donc étudiés⁵.

Pour chacun des prélèvements réalisés, le fichier de données transmis par la DGS renseigne les concentrations des différents HAP retrouvés dans l'eau analysée.

Pour une grande partie de ces prélèvements, les concentrations de l'ensemble des 15 HAP étudiés ne sont pas renseignées. Deux hypothèses peuvent être émises :

- le HAP considéré n'a pas été recherché dans l'eau ;
- le HAP considéré a été recherché dans l'eau, sa concentration est inférieure à la limite de détection / de quantification, et cette information n'est pas renseignée dans la base de données.

² Système d'Information en Santé-Environnement sur les Eaux

³ ces 19539 prélèvements considérés rassemblent à la fois des analyses de la totalité des 15 HAP visés par la norme et des analyses partielles

⁴ nombre de valeurs supérieures à la limite de détection ou de quantification / nombre de prélèvements pour lesquels ces HAP ont été recherchés.

⁵ L'existence de cette norme conduit les laboratoires d'analyse des eaux à rechercher simultanément ces 15 HAP dans l'eau de boisson. Cependant, 12 des 15 HAP sont recherchés plus fréquemment dans l'eau. Pour des raisons de performances analytiques moins bonnes pour l'acénaphthène, le fluorène et le naphthalène, certains laboratoires se focaliseraient sur 12 HAP, excluant ainsi les 3 HAP précités.

Lorsqu'un HAP est recherché mais "non détecté" dans l'eau, l'information renseignée (lorsqu'elle est renseignée) dans la base SISE-Eaux est soit 0, soit la limite de détection (LOD) ou soit la limite de quantification (LOQ) ; il n'est pas précisé, dans cette base s'il s'agit de la LOD ou de la LOQ

Le tableau 4 décrit le niveau d'information disponible pour l'ensemble des prélèvements enregistrés dans la base, ainsi que le nombre de départements pour lesquels l'information est disponible.

Tableau 4: Répartition des prélèvements ayant mis en avant la présence de HAP

Nombre total de prélèvements = 25 230		Nombre de prélèvements	Pourcentages des prélèvements	Nombre de départements concernés
Informations disponibles pour l'ensemble des 15 HAP visés par la norme NF EN ISO 17993	Ensemble des prélèvements	278	1,1 %	18 (sur 100)
	Prélèvements pour lesquels au moins un des 15 HAP a été détecté	91	0,36%	12 (sur 100)

Dans le cadre de cette étude, il est proposé de s'intéresser aux 278 prélèvements pour lesquels les 15 HAP sont renseignés.

Parmi ces 278 prélèvements, 187 ne détectent la présence d'aucun HAP⁶. Pour 91 prélèvements (répartis sur 12 départements), au moins 1 HAP a été détecté dans l'eau. Les informations sur ces 91 prélèvements sont détaillées dans le tableau 5.

1.2 Etude des 278 prélèvements pour lesquels des informations sont disponibles pour l'ensemble des 15 HAP visés par la norme.

Deux modes de calcul sont utilisés pour estimer la concentration totale en HAP dans l'eau :

- une estimation basse : la valeur 0 est attribuée à un résultat « non détecté » ;
- une estimation haute : la valeur de la limite de détection (ou de quantification)⁷ est attribuée à un résultat « non détecté ».

Les limites de détection (ou de quantification) varient, dans la base SISE-Eaux entre 0,002 et 0,03 µg/L, sauf pour l'acénaphthylène et le naphthalène pour qui elles varient entre 0,005 et 0,1 µg/L.

1.2.1 Fréquence de détection et niveau de contamination pour la somme des 15 HAP

Les tableaux 4 et 5 renseignent sur la fréquence et le niveau de contamination de l'eau dans les départements pour lesquels des informations sur les 15 HAP visés par la norme sont fournies pour au moins un prélèvement. Ces tableaux montrent que :

- pour l'ensemble des 91 prélèvements au moins 1 HAP, autre que les 5 HAP visés par la réglementation, est détecté.
- pour chacune des UDI (75) ou TTP (7), le nombre de prélèvements pour lesquels les 15 HAP sont renseignés, est faible.
- pour certains départements, les analyses mises à disposition sont postérieures à l'année 2000 ;
- pour une seule UDI, la limite de qualité est dépassée pour les 5 HAP visés par le code de la santé publique. Ces 5 HAP ne sont détectés simultanément que dans 3 UDI (sur 75 pour tout le département).

→ Les données, peu nombreuses pour chaque UDI, ne renseignent pas sur l'évolution dans le temps des concentrations en HAP au sein d'un même réseau de distribution.

⁶ Parmi ces 187 prélèvements, la valeur de la limite de détection (LOD) ou de quantification (LOQ) n'est pas renseignée pour 69 de ces prélèvements. La valeur enregistrée dans SISE-Eaux est 0.

⁷ La valeur retenue est la valeur renseignée dans la base de données SISE-Eaux / Ministère de la santé / DRASS / DDASS. Dans cette base, il n'est pas précisé s'il s'agit de la LOD ou de la LOQ.

Tableau 5* : Identification des prélèvements ayant mis en avant la présence de HAP

Département	Nombre d'installations pour lesquelles des HAP sont détectés		Parmi ces installations pour lesquelles des HAP ont été détectés, nombre de prélèvements pour lesquels :					Niveau de concentration de la Σ 15 HAP ($\mu\text{g/L}$)	Date des prélèvements	
	UDI	TTP	les 15 HAP sont renseignés	Au moins 1 HAP est détecté	Détail**	la Σ 5 HAP > "non détecté"	la Σ 5 HAP > Limite de Qualité		> "non détecté"	Tout prél. confondu
06	1		4	1	1/2 ds 1UDI	0	0	Σ basse 0,156 Σ haute 0,398	1997	1997-98
26	1		2	1	1/2 ds 1UDI	0	0	Σ basse 0,03	2003	2003
31		4	4	1	1/1 ds 1UDI	0	0	Σ basse 0,09 Σ haute 0,17	2001	2001-03
45	12		57	13	1/1 ds 10 UDI 2/2 ds 1 UDI 1/2 ds 1 UDI	0	0	Σ basse [0,005 – 0,054] Σ haute [0,17 – 0,214]	2004-05	2004-05
48	1		2	1	1/1 ds 1UDI	1 ds 1 UDI	1	Σ basse 0,132	2003	2003
52		2	4	2	1/1 ds 2 TTP	0	0	Σ basse 0,02 Σ haute 0,155	1998-99	1998-99
59	1		1	1	1/1 ds 1UDI	0	0	Σ basse 0,115 Σ haute 0,27	1999	1999
62	1		1	1	1/1 ds 1UDI			Σ basse 0,043 Σ haute 0,193	2002	2002
81	1		51	1	1/1 ds 1UDI			Σ basse 0,078	2004	2004
82	1	1	11	6	3/4 ds 1 TTP 3/3 ds 1 UDI	3 ds 1 UDI	0	Σ basse [0,012 – 1,95] Σ haute [0,095 – 1,975]	2001	1998-2004
89	21		40	21	1/1 ds 21 UDI	1 ds 1 UDI	0	Σ basse [0,015 – 1,407] Σ haute [0,258 – 1,561]	2004	2003-04
91	35		74	42	1/1 ds 23 UDI 1/2 ds 6 UDI 2/2 ds 2 UDI 2/3 ds 3 UDI 3/3 ds 1 UDI	1 ds 1 UDI	0	Σ basse [0,005 – 0,373] Σ haute [0,12 – 0,428]	29 en 2004 13 en 2005	2003-05
12 dep	75 UDI	7 TTP	251 prél.	91 prél.		5 prél.	1 prél.			

* Guide de lecture : Dans le département du Tarn et Garonne (82), il existe 11 prélèvements pour lesquels les 15 HAP sont renseignés dans la base SISE-Eaux. Des HAP ont été détectés dans une UDI et une TTP qui ont fait respectivement l'objet de 3 et 4 prélèvements. 6 de ces prélèvements (3 dans l'UDI et 3 dans la TTP) ont révélé la présence de l'un des 15 HAP. Les 3 prélèvements de l'UDI concernée ont révélé la présence de l'un des 5 HAP visé par le code de la santé publique.

** Cette colonne renseigne pour chaque UDI ou TTP concernée : le nombre de prélèvements pour lesquels la Σ 15 HAP > "non détecté" / le nombre de prélèvements totaux renseignant l'ensemble des 15 HAP réalisés sur l'UDI

Remarque : pour certaines des UDI ou TTP identifiées, des analyses complémentaires ont pu être réalisées qui n'apparaissent pas dans ce tableau car l'ensemble des 15 HAP ne sont pas renseignés dans la base de données SISE-Eaux / Ministère de la santé / DRASS / DDASS.

Les niveaux de concentration en HAP des 91 prélèvements sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : niveaux de contamination enregistrés dans la base SISE-Eaux / Ministère de la santé / DRASS / DDASS pour la somme des HAP

Nombre de prélèvements pris en compte		Moyenne (µg/L)	Médiane (µg/L)	Percentile 95 (µg/L)
91 prélèvements > "non détecté" (sur 278)	Σ basse des 15 HAP	0,145	0,03	0,74
	Σ haute des 15 HAP	0,28	0,17	0,84
278 prélèvements disponibles	Σ basse des 15 HAP	0,05	0	0,13
	Σ haute des 15 HAP	0,16	0,13	0,42

Pour peu de prélèvements, la concentration en HAP est très élevée. Ainsi l'écart entre la moyenne et la médiane est important.

1.2.2 Fréquences de détection et niveaux de contamination pour chacun des 15 HAP

Le tableau 7 renseigne sur la fréquence et le niveau de contamination dans l'eau pour chacun des 15 HAP pour les 91 prélèvements identifiés précédemment. Les HAP signalés en gras représentent les HAP les plus souvent détectés.

Tableau 7 : fréquences de détection et niveaux de contamination enregistrés dans la base SISE-Eaux / Ministère de la santé / DRASS / DDASS pour chacun des 15 HAP

	Nombre de prélèvements > "non détecté" (parmi les 91)	Distribution des résultats > "non détectés"		
		Médiane	Percentile 95	Maximum
phénanthrène	83 (91%)	0,03	0,33	0,71
fluorène	43 (47%)	0,01	0,12	0,18
fluoranthène	36 (40%)	0,03	0,47	0,92
pyrène	12 (13%)			0,01
chrysène	8 (9%)			0,12
anthracène	5			0,01
acénaphthène	4			0,02
naphthalène	3			0,11
benzo[b]fluoranthène	3			0,05
benzo[a]anthracène	2			0,02
benzo[k]fluoranthène	2			0,06
benzo[ghi]perylène	2			0,02
benzo[a]pyrène	0			/
dibenzo[a,h]anthracène	0			/
indéno[1,2,3-cd]pyrène	0			/

1.2.3 Profil de contamination

Pour 58 prélèvements parmi les 91, au moins 2 HAP sont détectés conjointement dans l'eau.

Parmi les 91 prélèvements, les HAP détectés le plus souvent sont le phénanthrène (91%), le fluorène (47%) et le fluoranthène (40%). Ces trois HAP ont été détectés dans 89 des 91 prélèvements pour lesquels des HAP ont été détectés :

- 70 prélèvements dans lesquels seuls ces 3 HAP sont détectés, dont 15 dans lesquels ils sont présent tous les trois ;
- 33 prélèvements dans lesquels ils sont détectés seuls ou à deux ;
- la contribution moyenne en masse de ces trois HAP est proche de 94 %.

1.2.4 Conclusion pour les 278 prélèvements

- Seuls 278 prélèvements (sur 19 départements) parmi les 25230 fournissent des informations pour l'ensemble des 15 HAP visés par la norme NF EN ISO 17993. Ce constat pose la question de la représentativité de ces résultats par rapport à la situation française (dans l'espace et dans le temps).
- Pour la totalité des UDI ou TTP concernées, entre 1 et 4 analyses ont été réalisées sur la période de 5 ans considérée. Etant donné le faible nombre de résultats disponibles pour un même réseau d'eau, il n'est pas possible actuellement de connaître ni l'évolution des concentrations, ni la fréquence de la présence de HAP sur un même réseau d'eau.
- Pour certaines des UDI ou TTP, des HAP ont été détectés dans l'ensemble des prélèvements.

Nature des HAP détectés

- Les HAP détectés le plus souvent sont le phénanthrène, le fluorène et le fluoranthène.
- Le phénanthrène, le fluorène et le fluoranthène sont, en masse, les principaux, voire les uniques HAP présents dans l'eau distribuée (pour 70 analyses).
- Pour une seule UDI, la limite de qualité est dépassée pour les 5 HAP visés par le code de la santé publique. Ces 5 HAP ne sont détectés que dans 3 UDI (sur 76 dans le département).

2 - Traitement des données d'un réseau d'eau contaminé

L'analyse des données issues de la base SISE-Eaux montre le peu d'informations disponibles pour un même réseau d'eau à l'échelon français. La DGS a communiqué à l'Afssa des données transmises par la DDASS d'un département dans lequel des HAP ont été détectés dans un réseau d'eau. Leur traitement permet de comparer les données obtenues à l'échelle de la France aux données disponibles à l'échelle de ce réseau d'alimentation en eau.

2.1 Identification et sélection des prélèvements étudiés

Des prélèvements ont été réalisés entre le 10 juin 2004 et le 3 avril 2006, par la DDASS et la PPRDE (Personne Publique ou Privée Responsable de la Distribution de l'Eau). Les analyses pour identifier et quantifier les HAP ont été réalisées par deux laboratoires agréés pour le contrôle sanitaire des eaux de distribution.

Les substances recherchées par ces deux laboratoires ne sont pas les mêmes :

- Le laboratoire A a recherché les 15 HAP visés par la norme NF EN ISO 17993,
- Le laboratoire B a recherché 12 HAP : les 15 HAP visés par la norme NF EN ISO 17993 hormis l'acénaphthène, le naphthalène et le fluorène.

Les résultats exploités sont ceux issus de 54 prélèvements (22 prélèvements réalisés par le laboratoire A et 32 par le laboratoire B) réalisés sur une vingtaine de points du réseau de distribution.

2.2 Fréquence et niveau de contamination

Pour 41 des 54 prélèvements étudiés, au moins un HAP a été détecté dans l'eau distribuée. Le Tableau 8 renseigne sur la fréquence des HAP retrouvés dans les prélèvements réalisés et sur leur concentration dans l'eau.

Les limites de détection des HAP dans l'eau sont de 0,01 µg/L pour les 12 HAP recherchés par le B et de 0,005 µg/L pour 14 des 15 HAP recherchés par le laboratoire A (La limite de détection du naphthalène est de 0,05 µg/L).

Tableau 8 : fréquence et niveau de contamination par les HAP
(les lignes grisées permettent d'identifier les HAP non recherchés par le laboratoire B)

	nombre de prélèvements > "non détecté"	Concentration* (µg/L)		
		Moyenne	Médiane	95 ^{ème} percentile
Phénanthrène	35 (70,0%)	0,19	0,05	0,71
Fluoranthène	30 (60,0%)	0,06	0,01	0,32
Fluorène	17 (77% des 22 prélèvements laboratoire A)	0,04	0,04	0,11
Pyrène	10 (20%)	0,01	0	0,03
Anthracène	9 (18%)	0,005	0	0,05
Chrysène	6 (12%)		Max = 0,102	
Naphtalène	3 (14 % des 22 prélèvements laboratoire A)		Max = 0,054	
Benzo[b]fluoranthène	4 (8%)		Max = 0,127	
Benzo[a]anthracène	4 (8%)		Max = 0,146	
Indène[1,2,3-cd]pyrène	2 (4%)		Max = 0,049	
Benzo[k]fluoranthène	2 (4%)		Max = 0,047	
Benzo[a]pyrène	2 (4%)		Max = 0,089	
Acénaphthène	2 (9% des 22 prélèvements laboratoire A)		Max = 0,031	
Dibenzo[a,h]anthracène	1 (2%)		Max = 0,018	
Benzo[g,h,i]pérylène	1		Max = 0,044	

* Les 54 résultats sont pris en compte pour déterminer la moyenne, la médiane et le 95^{ème} percentile, sauf pour le fluorène pour qui seuls les 22 résultats issus du laboratoire A sont pris en compte

Les HAP détectés le plus souvent sont le phénanthrène, le fluoranthène et le fluorène. Les niveaux de contamination les plus élevés sont aussi observés pour ces trois substances.

Pour un seul prélèvement (parmi les 54) aucun de ces trois HAP n'est détecté ; pour ce prélèvement le pyrène est détecté seul. Ces résultats sont cohérents avec l'analyse des données extraites de la base de données SISE-Eaux à l'échelon national.

Le Tableau 9 renseigne sur le niveau de contamination de l'eau en masse pour l'ensemble des HAP recherchés. Les 54 prélèvements sont pris en compte pour déterminer la moyenne, la médiane et le 95^{ème} percentile.

**Tableau 9 : niveaux de concentration pour la somme des 15 HAP ($\mu\text{g/L}$)
Réseau d'eau contaminé (juin 04 – avril 06)**

	Moyenne	Médiane	95^{ème} percentile
total somme basse	0,29	0,07	0,93
total somme haute	0,39	0,16	0,99

Le 95^{ème} percentile de la somme en masse des 15 HAP recherchés est inférieur à 1 $\mu\text{g/L}$ (somme haute et basse).

Les trois HAP sont détectés dans 40 des 41 prélèvements pour lesquels des HAP ont été détectés. La part de ces trois HAP dans la somme basse en masse est élevée. En effet, pour seulement trois analyses, la part en masse de ces trois HAP est inférieure à 70 % (44, 53 et 65 %) et pour 28 analyses ces trois HAP représentent 100% de la masse (ce sont les seuls HAP détectés).

2.3 Conclusion

La représentativité des 54 prélèvements pour estimer la qualité de l'eau dans le réseau de cette UDI peut être discutée ; néanmoins l'analyse des résultats obtenus à partir de ces prélèvements montre qu'ils sont cohérents avec ceux obtenus à partir des données nationales extraites de la base SISE-Eaux.

En effet, les HAP retrouvés le plus fréquemment dans l'eau de ce réseau sont les mêmes que ceux qui avaient été précédemment identifiés, à savoir le phénanthrène, le fluoranthène et le fluorène. Ces trois HAP sont en masse les principaux, voire les uniques (pour 65% des analyses), HAP présents dans l'eau distribuée.

L'anthracène, le chrysène et le pyrène sont détectés dans 12 % à 18 % des prélèvements dans lesquels ils sont recherchés. Les 9 autres HAP sont détectés dans moins de 10 % des prélèvements dans lesquels ils sont recherchés.

ELÉMENTS POUR EVALUER LES RISQUES SANITAIRES

Des données toxicologiques et épidémiologiques sont détaillées dans l'avis de l'Afssa du 29 juillet 2003 relatif à une demande d'avis sur l'évaluation des risques présentés par le benzo[a]pyrène (B[a]P) et par d'autres hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), présents dans diverses denrées ou dans certaines huiles végétales, ainsi que sur les niveaux de concentration en HAP dans les denrées au-delà desquels des problèmes de santé risquent de se poser.

1 – Eléments d'évaluation des risques liés à la présence du phénanthrène, du fluoranthène ou du fluorène dans l'eau de boisson

1.1 Examen des données toxicologiques disponibles pour chacune de ces molécules

Les données extraites de la base SISE-Eaux et transmises par la DDASS du département considéré dans cette étude montrent que les HAP identifiés le plus fréquemment dans l'eau sont le phénanthrène, le fluoranthène et le fluorène. De plus, ces trois HAP sont en masse les principaux, voire les uniques (pour un grand nombre d'analyses), HAP présents dans l'eau distribuée.

Phénanthrène

Peu d'études ont été réalisées pour évaluer les effets toxiques du phénanthrène. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) l'a classé dans le groupe 3 (l'agent ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme) et l'Union européenne ne l'a pas classé. Les quelques données disponibles sur sa génotoxicité sont contradictoires. D'une façon générale, les études de toxicologie disponibles ne permettent pas d'identifier une valeur toxicologique de référence. Cependant, afin d'estimer le degré d'urgence à nettoyer les zones contaminées par des hydrocarbures pétroliers, les organisations professionnelles pétrolières (travaux réalisés en 1997 par le TPHCWG -Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group) ont développé une « approche de groupe » visant à fixer une Dose Journalière Tolérable (DJT) selon les fractions aromatiques (en excluant les HAP cancérogènes suspectés ou avérés).

Reprenant cette approche et considérant que cet HAP présente un très faible pouvoir cancérogène, le RIVM⁸ a retenu, pour le phénanthrène qui appartient à la fraction 9-16 carbones, **une dose journalière tolérable (DJT) de 40 µg/kg p.c./j** pour une **exposition chronique par voie orale** (Baars *et al.*, 2001).

Fluoranthène (FA)

Le CIRC l'a classé dans le groupe 3 (l'agent ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme) et l'Union européenne ne l'a pas classé. Il ne serait pas génotoxique (OMS, 2004). Une étude de toxicologie subchronique (13 semaines) au cours de laquelle du fluoranthène a été administré par gavage à des souris a mis en évidence des pathologies du rein et du foie, ainsi que des effets hématologiques. Cette étude a permis d'identifier une dose maximale sans effet nocif observé (DMSENO) de 125 mg/kg p.c./j. Pour aboutir à une **DJT de 12,5 µg/kg p.c./j**, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a appliqué un facteur de sécurité de 10 000 : 100 pour les variations inter et intra spécifiques, 10 pour l'utilisation d'une étude subchronique et l'insuffisance de la base de données et 10 pour tenir compte de la co-cancérogénicité du FA et du B[a]P, mise en évidence par des expériences de badigeonnage de la peau chez la souris. Une hypothèse de consommation de 2 litres par jour pour un individu de 60 kg, en attribuant 1 % de la DJT à l'eau de boisson conduit cette instance à proposer une valeur sanitaire (Health based value) de 4 µg/L pour le fluoranthène. Elle précise cependant dans sa troisième édition des directives de qualité pour l'eau de boisson (OMS, 2004) que cette valeur est significativement supérieure aux valeurs retrouvées habituellement dans l'eau de boisson. Ainsi l'OMS ne propose pas de valeur guide dans l'eau de boisson pour cette substance.

⁸ RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute of Public Health and the Environment) des Pays-Bas

Fluorène

Comme pour le phénanthrène, peu d'études ont été réalisées pour évaluer les effets toxiques du fluorène. Le CIRC l'a classé dans le groupe 3 (l'agent ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme) et l'Union européenne ne l'a pas classé. Il ne serait pas génotoxique. Une étude de toxicologie subchronique (13 semaines) par voie orale chez la souris a permis d'identifier une DMSENO de 125 mg/kg p.c./j. De cette étude et en appliquant un facteur de sécurité de 3000, l'US-EPA a retenu une DJT de 40 µg/kg p.c./j (IRIS, 1990).

Par ailleurs, selon la même démarche que pour le phénanthrène, les organisations professionnelles pétrolières ont développé une approche de groupe visant à fixer une Dose Journalière Tolérable (DJT) selon les fractions aromatiques (en excluant les HAP cancérogènes suspectés ou avérés). Pour le fluorène qui appartient également à la fraction 9-16 carbonés, le RIVM a retenu **une DJT de 40 µg/kg p.c./j** pour une **exposition chronique par voie orale** (Baars *et al.*, 2001).

1.2. Evaluation de l'exposition

L'exposition est le résultat d'un calcul obtenu en croisant les données de consommation (résultats de l'enquête de consommation auprès d'une population donnée) avec les niveaux de contamination par les HAP dans l'eau (méthode déterministe).

L'exposition aux HAP par ingestion d'eau d'alimentation est estimée en se fondant sur une hypothèse de consommation de 2 L par jour pour un individu adulte de 60 kg et les valeurs extrêmes de contamination (95^{ème} percentile) en phénanthrène, fluoranthène et fluorène. Cette hypothèse est conservatrice vis-à-vis de la consommation en eau des plus forts consommateurs en France, telle que décrite par la base INCA. Un apport journalier maximum théorique (AJMT) est alors déterminé.

1.3 Calcul des AJMT par ingestion d'eau du réseau considéré dans cette étude, et comparaison aux VTR proposées par différentes instances

La démarche proposée a pour but de décrire l'exposition théorique d'une personne exposée à une certaine concentration de HAP via l'eau d'alimentation et de comparer cette exposition à une valeur toxicologique de référence (VTR) selon une approche déterministe.

Les DJT proposées pour le phénanthrène, le fluoranthène et le fluorène sont les suivantes :

- 40 µg/kg p.c./j pour le phénanthrène,
- 12,5 µg/kg p.c./j pour le fluoranthène
- 40 µg/kg p.c./j pour le fluorène.

Tableau 10 : Scénarios d'exposition aux HAP par l'eau d'alimentation pour l'UDI considérée.

Substance	Concentration dans l'eau (95 ^{ème} percentile) µg/L	AJMT (pour une personne de 60 kg)		DJT µg/kg p.c./j	référence
		µg/kg p.c./j	% DJT		
phénanthrène	0,71	0,024	0,06	40	RIVM (Baars <i>et al.</i> , 2001)
fluoranthène	0,32	0,011	0,09	12,5	OMS, 2004
fluorène	0,11	0,004	0,01	40	RIVM (Baars <i>et al.</i> , 2001)

Le niveau d'exposition par ingestion quotidienne d'une eau dont la concentration en phénanthrène, fluoranthène ou fluorène est proche des valeurs extrêmes retrouvées dans le réseau d'eau de l'UDI considéré est très inférieur aux valeurs toxicologiques de références (VTR) actuellement proposées par l'OMS et le RIVM. L'apport estimé représenterait moins de 0,1% de la DJT pour chacun de ces trois HAP. A titre de comparaison, l'Organisation Mondiale de la Santé estime que l'eau contribue à hauteur de 1% à l'exposition aux HAP (OMS, 2004).

L'étude des données transmises montre que quatre autres HAP peuvent être présents dans l'eau à des fréquences et des niveaux bien inférieurs aux trois HAP précédemment cités : l'anthracène, le chrysène, le pyrène et le naphthalène.

En annexe II sont exposées les données toxicologiques proposées par l'US-EPA et le RIVM pour ces HAP. L'apport estimé pour trois de ces substances (disposant d'une DJT) prises individuellement, selon une méthodologie identique à celle présentée ci-dessus, reste inférieur à 0,1% de la VTR proposée par ces instances pour chacun de ces HAP.

2 – Approche d'évaluation des risques liés à la présence de HAP en mélange dans l'eau de boisson

2.1 Valeur toxicologique de référence

A ce jour, deux organismes : l'US-EPA⁹ et le RIVM¹⁰, ont fixé des valeurs toxicologiques de référence (vie entière) pour le B[a]P classé cancérigène génotoxique qui correspondent à une estimation d'un excès de risque de cancer rapporté à une population¹¹ (ex : 1 cas supplémentaire de cancer pour 10 000 personnes exposées, soit 10^{-4} , 1 pour 100 000 personnes, soit 10^{-5} ou 1 pour 1 million de personnes, soit 10^{-6}).

Dans le cadre de cette étude (évaluation de l'exposition aux HAP dans l'eau de boisson et réflexion sur l'éventuel risque sanitaire associé), la *dose virtuellement sûre (DVS) de 5 ng/kg p.c./j* [dose associée à un excès de risque de 10^{-6}] déterminée par le RIVM a été retenue.

Le détail et l'analyse critique des données expérimentales disponibles utilisées par l'US-EPA (IRIS, 1999) et par le RIVM pour établir leur VTR sont décrits dans l'annexe A de l'avis de l'Afssa du 29 juillet 2003.

2.2 Evaluation de la toxicité d'un mélange de HAP présents dans l'eau de boisson

Afin de tenir compte de la toxicité relative de différentes molécules d'une même famille présentes en même temps dans une matrice, plusieurs approches ont été développées, notamment :

- l'approche fondée sur la mesure de plusieurs molécules affectées d'un facteur d'équivalence toxique (TEF) par rapport à une molécule de référence (concept d'additivité) ; cette approche, développée pour les substances cancérigènes, a d'abord été appliquée aux dioxines et furanes puis aux HAP ;
- l'approche fondée sur la mesure d'une seule molécule représentative de la contamination à laquelle on applique un facteur multiplicatif sécuritaire.

L'application de l'une ou l'autre de ces approches peut conduire à une surestimation ou à une sous-estimation du risque, dont l'importance dépend de la qualité et la quantité des données toxicologiques et analytiques disponibles.

L'approche fondée sur l'application d'un facteur d'équivalence toxique (TEF) à la mesure de chaque molécule (concept d'additivité) a été retenue par l'Afssa dans son avis en date du 29 juillet 2003

Cette approche consiste à attribuer à chaque composé du mélange un coefficient de pondération appelé facteur d'équivalence toxique (TEF)¹² par référence à un composé de référence. Dans cette approche, on considère (1) que les doses et les effets de chacun des composés du mélange sont additifs, (2) qu'il n'existe pas d'interactions antagonistes ou synergiques entre les composés du mélange et (3) qu'ils agissent selon le même mécanisme d'action toxique.

En se fondant sur les études de toxicologie disponibles, certaines études (*avis de l'Afssa du 29 juillet 2003*) ont établi des échelles de TEF. Cette approche permet de sommer le potentiel cancérigène des HAP d'un mélange et de le rapporter à une quantité de B[a]P, le résultat étant exprimé en équivalent toxique (TEQ). **Il convient de noter cependant que les études expérimentales disponibles sur des HAP pris individuellement ou en mélange montrent que les trois conditions citées précédemment n'étant pas réunies dans le cas des HAP, l'application de ce concept peut conduire à une surestimation ou à une sous-estimation du risque (Collins et al., 1998).**

Le tableau 11 récapitule pour les 15 HAP visés par la norme NF EN ISO 17993, les facteurs d'équivalence toxique (TEF) selon l'échelle de Nisbet et LaGoy (1992) modifiée. Cette approche,

⁹ Environmental Protection Agency des Etats-Unis

¹⁰ RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute of Public Health and the Environment) des Pays-Bas

¹¹ Etant donné que certains HAP, dont le B[a]P, sont des cancérigènes génotoxiques, la fixation d'une dose journalière tolérable (DJT) n'est pas pertinente.

¹² La notion de TEF repose sur un postulat de base qui est que, pour les diverses molécules prises en compte, il est considéré un même effet dont l'origine (le mécanisme) est commune. Les TEF représentent donc une valeur qui est utilisée pour pondérer la masse respective de chacun des constituants d'un mélange de façon à rendre compte de leur efficacité toxique relative par rapport à une molécule de référence. Le produit "TEF x masse du constituant" permet de calculer pour chaque constituant un équivalent toxique (TEQ). Les équivalents toxiques de tous les constituants du mélange sont ensuite additionnés et définissent en TEQ, la toxicité relative du mélange.

malgré les limites de son utilisation pour les HAP, est ici proposée pour évaluer la toxicité des mélanges de HAP présents dans l'eau de boisson.

Tableau 11 : liste de HAP et de leur facteur d'équivalence toxique (TEF) pour évaluer l'exposition alimentaire aux HAP.

Liste US-EPA pour estimer le niveau de contamination des eaux polluées dite liste ⁽¹⁾ des 16 HAP+1 (liste 1)	Liste des HAP retenus par le CES "Contaminants" afssa avis du 29-11-00 Aliments	Liste norme NF EN ISO 179993 (juillet 2004) (liste 3)	Classement CIRC	TEF ⁽²⁾
acénaphène		acénaphène		0,001
acénaphylène				0,001
anthracène	anthracène ⁽⁷⁾	anthracène	3	0,01
benzo[a]anthracène	benzo[a]anthracène	benzo[a]anthracène	2A	0,1
benzo[b]fluoranthène	benzo[b]fluoranthène	benzo[b]fluoranthène	2B	0,1
benzo[j]fluoranthène	benzo[j]fluoranthène ⁽⁴⁾		2B	0,1
benzo[k]fluoranthène	benzo[k]fluoranthène	benzo[k]fluoranthène	2B	0,1
benzo[g,h,i]pérylène	benzo[g,h,i]pérylène	benzo[g,h,i]pérylène	3	0,01
benzo[a]pyrène	benzo[a]pyrène	benzo[a]pyrène	2A	1
chrysène	chrysène	chrysène	3	0,01
dibenzo[a,h]anthracène	dibenz[a,h]anthracène	dibenzo[a,h]anthracène	2A	1 ⁽³⁾
fluoranthène	fluoranthène	fluoranthène	3	0,001
fluorène		fluorène	3	0,001
indéno[1,2,3,-cd]pyrène	indéno[1,2,3,-cd]pyrène	indéno[1,2,3,-cd]pyrène	2B	0,1
naphtalène		naphtalène		0,001
phénanthrène		phénanthrène	3	0,001
pyrène		pyrène	3	0,001

(1) Cette liste, étendue au benzo[a]pyrène, est devenue la liste de référence pour l'analyse dans différentes matrices environnementales autres que l'eau. Liste d'HAP tirée d'un article du RIVM du 11 janvier 2000

(2) Nisbet, I.C.T. et LaGoy, P.K. (1992) Toxic equivalency factors (TEFs) for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 16, 290-300.

(3) Nisbet et LaGoy (1992) donne un TEF de 5. Le groupe de travail a trouvé excessif un TEF de 5 mais considère qu'il faut donner au dibenzo[a,h]anthracène, compte tenu de sa toxicité et de sa présence non négligeable dans certaines denrées, en particulier dans les produits fumés, un poids au moins égal à celui du benzo[a]pyrène d'où le choix d'un TEF de 1.

(4) Le benzo[j]fluoranthène n'étant pas séparable en CLHP, il est comptabilisé avec le benzo[b]fluoranthène.

(7) Dans le cas d'une recherche de routine, l'anthracène pourra ne pas être pris en compte.

2.3 Evaluation de l'exposition théorique : données issues du réseau d'eau considéré dans cette étude

En considérant l'ingestion de 2 litres par jour pour un individu adulte de 60 kg et les valeurs de contamination dans l'eau du réseau considéré dans cette étude, un apport journalier maximum théorique (AJMT) est déterminé. L'estimation est réalisée pour deux niveaux de contamination des eaux, la valeur moyenne et la valeur du 95^{ème} percentile.

L'exposition a été calculée en TEQ¹³ (pour les 15 HAP) et en masse¹⁴ (somme des 15 HAP), pour les séries de données où la valeur 0 a été attribuée à un résultat "non détecté" (somme basse) et pour les séries de données où la valeur de la limite de quantification ou de détection a été attribuée à un résultat "non détecté" (somme haute).

Les valeurs d'exposition pour une concentration moyenne et au 95^{ème} percentile sont données dans le tableau 12.

Les hypothèses sont conservatrices vis-à-vis :

- de la consommation en eau des plus forts consommateurs en France, telle que décrite par la base INCA ;
- du niveau de contamination, car focalisé uniquement sur les niveaux retrouvés dans un réseau d'eau contaminé.

Enfin, on note l'absence d'information pour trois HAP sur 32 des 54 prélèvements. Notamment pour le fluorène qui est retrouvé dans plus de 77% des prélèvements dans lesquels il a été recherché.

Tableau 12 : Tableau récapitulatif de l'exposition aux HAP chez les adultes de 60 kg ingérant 2 litres d'eau par jour. Données issues du réseau considéré dans cette étude (54 prélèvements – 15 HAP)

	Moyenne Concentration dans l'eau ng/kg p.c./j	95 ^{ème} percentile Concentration dans l'eau ng/kg p.c./j
Non détecté = 0		
Exposition en TEQ	0,13	0,16
Exposition en masse	9,62	31,03
Non détecté = LOQ ou LOD		
Exposition en TEQ	0,76	0,84
Exposition en masse	13	32,89

2.4 Comparaison des niveaux d'apport par l'eau aux niveaux d'apport par l'alimentation (avis de l'Afssa du 29 juillet 2003¹⁵).

Le tableau 13 récapitule les estimations de l'exposition présentées dans ce précédent avis de l'Afssa.

Tableau 13 : Tableau récapitulatif de l'exposition aux HAP chez les adultes normo-évaluants¹⁶ (en ng/kg p.c./j)

	Moyenne	95 ^{ème} percentile	97,5 ^{ème} percentile
Non-détecté=0			
Exposition en TEQ	1,4	2,5	2,9
Exposition en masse	4,9	8,9	10,0
Non-détecté = LOQ / 2			
Exposition en TEQ	3,7	6,0	6,7
Exposition en masse	9,1	15,2	16,5

¹³ L'exposition en TEQ est calculée en sommant pour les 15 HAP le produit du TEF par la dose d'exposition (concentration × consommation d'eau) soit : Exposition en TEQ = $\sum_i \text{TEF}_i \times [C_{i\text{eau}} \times 2 \text{ L/j}]$

¹⁴ L'exposition en masse est calculée en sommant pour les 15 HAP la dose d'exposition (concentration × consommation d'eau) soit : Exposition en masse = $\sum_i [C_{i\text{eau}} \times 2 \text{ L/j}]$

¹⁵ relatif à une demande d'avis sur l'évaluation des risques présentés par le benzo[a]pyrène (B[a]P) et par d'autres hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), présents dans diverses denrées ou dans certaines huiles végétales, ainsi que sur les niveaux de concentration en HAP dans les denrées au-delà desquels des problèmes de santé risquent de se poser

¹⁶ adultes pour lesquels, dans l'enquête de consommation, le rapport "apport calorique/métabolisme de base" était considéré comme suffisant par rapport aux besoins de base.

Afin de pouvoir comparer cette exposition théorique aux niveaux d'exposition *via* les aliments estimés dans l'avis de l'Afssa du 29 juillet 2003 seuls les 6 HAP visés par cet avis doivent être pris en compte : benz[a]anthracène, benzo[b+j]fluoranthène, benzo[k]fluoranthène, benzo[a]pyrène, dibenz[a,h]anthracène, benzo[g,h,i]pérylène.

Cependant, ces 6 HAP ne sont détectés que dans 5 des 54 prélèvements réalisés sur le réseau d'eau considéré dans cette étude et ils ne comprennent pas les 3 HAP les plus présents dans l'eau, la comparaison semble donc difficile.

De plus, l'exposition aux HAP *via* les aliments a été calculée pour chaque individu en multipliant la consommation individuelle par la contamination moyenne de chaque catégorie d'aliment. Cette démarche permet de tenir compte de la variabilité de la consommation dans la population. Le résultat obtenu est donc une distribution de l'exposition, alors que l'exposition aux HAP *via* l'eau de boisson a été calculée en multipliant la consommation par défaut retenue par l'OMS : 2 litres par jour par un individu de 60 kg, par la contamination extrême de l'eau (95^{ème} percentile).

A titre d'information, les valeurs extrêmes (95^{ème} percentiles) des concentrations dans l'eau de ces seuls 6 HAP conduiraient aux expositions suivantes :

- somme basse : en TEQ de 0,02 ng/kg p.c./j et en masse de 0,33 ng/kg p.c./j
- somme haute : en TEQ de 0,74 ng/kg p.c./j et en masse de 2 ng/kg p.c./j

Les niveaux d'apport en HAP par l'eau de ce réseau sont donc très inférieurs aux niveaux d'apport estimés *via* l'alimentation pour les 6 HAP visés par l'avis de l'Afssa de juillet 2003.

Les données issues de la littérature scientifique sur le sujet montrent que les deux voies d'exposition majoritaires de l'homme sont l'inhalation de l'air ambiant et l'ingestion alimentaire de produits contaminés, et que pour un non-fumeur, l'alimentation reste le principal vecteur d'exposition aux HAP ; l'apport par l'eau de boisson peut être considéré comme négligeable (Menzi, 1992 ; OMS, 2004)

2.5 Conclusions : approche d'évaluation du risque sanitaire

- Les HAP qui contribuent le plus à l'exposition *via* l'ingestion d'eau ne sont pas les HAP les plus toxiques
- Si les niveaux d'exposition en masse sont élevés (pour la somme des 15 HAP), les niveaux d'exposition en TEQ *via* l'eau de boisson restent très inférieurs aux estimations d'apport par les aliments.
- Les estimations des niveaux d'exposition extrêmes (95^{ème} percentile des niveaux retrouvés dans l'eau) exprimées en TEQ (non détecté=0), sont inférieurs d'un facteur 30 à la DVS¹⁷ de 5 ng/kg p.c./j du RIVM pour un excès de risque de cancer de 10⁻⁶.

Les conclusions de l'évaluation de l'exposition théorique à partir des données issues de la base SISE-Eaux sont concordantes avec l'évaluation menée à partir des données du réseau d'eau considéré dans cette étude. Les résultats de cette évaluation sont proposés en annexe III.

¹⁷ La dose virtuellement sûre proposée par le RIVM correspond à la dose associée à un excès de risque de cancer de 10⁻⁶.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baars A.J., Theelen R.M.C., Janssen P.J.C.M., Hesse J.M., van Apeldoorn M.E., Meijerink M.C.M., Verdam L. and Zeilmaker M.J. (2001) - Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels RIVM, Rijnsinstituut voor volksgezondheid en milieu. report 711 701 025.
- Menzie C.A., Potocki B.B. and Santodonato J. (1992). Exposure to carcinogenic PAHs in the environment. Environ. Sci. Technol. 26, 7, pp 1278-1284.
- Joint FAO/WHO Expert Committee on food additives (JECFA) Sixty-fourth meeting Rome, 8-17 February 2005 SUMMARY AND CONCLUSIONS
- OMS : Polynuclear aromatic hydrocarbons in Drinking-water (1998), Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality* WHO/SDE/WSH/03.04/59. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/en - Consulté en juin 2006
- IPCS (1998), Environmental Health Criteria 202 : selected non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons. International Programme on Chemical Safety, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Integrated Risk Information System IRIS – US Environmental protection agency : Fluorene (dated 1990), <http://www.epa.gov/iris/subst/0435.htm>
- Integrated Risk Information System IRIS – US Environmental protection agency : Anthracene (dated 1993), <http://www.epa.gov/iris/subst/0434.htm>
- Integrated Risk Information System IRIS – US Environmental protection agency : Naphtalene (dated 1993), <http://www.epa.gov/iris/subst/0436.htm>
- Integrated Risk Information System IRIS – US Environmental protection agency : Pyrene (dated 1993), <http://www.epa.gov/iris/subst/0445.htm>
- Integrated Risk Information System IRIS – US Environmental protection agency : Chrysene (dated 1994), <http://www.epa.gov/iris/subst/0455.htm>
- IRIS (1999). Integrated risk Information System: summaries for acenaphtène (dated 1994), anthracène (date 1993), fluoranthene (dated 1993), fluorene (dated 1990), naphtalene (dated 1998), pyrene (dated 1993), and benzo(a)pyrene (dated 1994). US Environmental Protection Agency, Washington DC, USA. <http://www.epa.gov/iris/subst/0136.htm#quaoral>
- IARC – WHO ; Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 82 (2002) - Some Traditional Herbal Medicines, Some Mycotoxins, Naphthalene and Styrene - Summary of Data Reported and Evaluation

ANNEXE I : EXTRAIT DE L'ARRÊTÉ DU 29 MAI 1997

Arrêté du 29 mai 1997 relatif aux matériaux et objets utilisés dans les installations fixes de production,

de traitement et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine

(modifié par l'arrêté 24 juin 1998)

NOR: TAS P 97 22602. JO du 1er juin 1997 et JO du 25 août 1998

(...)

ANNEXE III

Matériaux pouvant être utilisés dans les installations fixes de distribution, de traitement et de production d'eaux destinées à la consommation humaine (matériaux organiques : matériaux plastiques, matériaux bitumineux, caoutchoucs et élastomères)

(...)

II - Matériaux bitumineux

A - CONSTITUANTS AUTORISÉS

Les matériaux bitumineux, y compris les peintures et revêtements, doivent être fabriqués à partir des constituants définis ci-après.

2.1 - Liants bitumineux

Le liant bitumineux utilisé dans la formulation retenue pour la fabrication du matériau fini doit être choisi parmi les liants ci-dessous référencés. Cette utilisation doit avoir reçu un avis favorable du Conseil supérieur d'hygiène publique de France.

a - Bitumes de pétrole

- asphalte N° CAS 8052-42-4 ;
- résidus sous vide (pétrole) N° CAS 64741-56-6 ;
- résidus sous vide (pétrole), hydrosulfurés N° CAS 64742-85-4 ;
- bitume oxydé N° CAS 64742-93-4 ;
- asphaltènes (pétrole) N° CAS 91995-23-2 ;
- résidus sous vide (pétrole), craquage thermique N° CAS 92062-05-0 ;
- résidus (pétrole), hydrogénation de résidu de distillation sous vide N° CAS 100684-40-0.

b - Bitumes naturels N° CAS 12002-43-6

2.2 - Monomères et substances de départ, additifs

Peuvent être utilisés pour la fabrication des matériaux bitumineux les monomères et autres substances de départ et les additifs autorisés au titre de la réglementation relative aux matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les denrées, produits et boissons alimentaires.

2.3 - Charges

Sont autorisées les charges minérales suivantes : la silice, les silicates ou les silicates doubles d'aluminium, de magnésium, de potassium, de calcium et de sodium, le sulfate de baryum, les carbonates de calcium et le talc.

B - SUBSTANCES RESIDUELLES DANS LE MATERIAU

Les quantités maximales permises de substances résiduelles dans le matériau doivent rester inférieures à celles définies par la réglementation relative aux matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec les denrées, produits et boissons alimentaires.

C - LIMITES DE MIGRATION SPECIFIQUES

Les limites de migration spécifiques sont définies par le ministre chargé de la Santé, après avis du Conseil supérieur d'hygiène publique de France, dans les conditions définies à l'article 8 du présent arrêté.

ANNEXE II : DONNÉES TOXICOLOGIQUES DISPONIBLES POUR L'ANTHRACÈNE, LE PYRÈNE ET LE NAPHTALÈNE

Anthracène

Peu d'études ont été réalisées pour évaluer les effets toxiques de l'anthracène. Le CIRC a classé l'anthracène dans le groupe 3. Une étude toxicologique subchronique (90 jours) par gavage de souris a montré l'absence d'effets pour toutes les doses testées. La plus haute dose testée (1000 mg/kg p.c./j) a été retenue comme dose maximale sans effets observés (NOEL). De cette étude et en appliquant un facteur de sécurité de 3000, l'US-EPA a retenu une DJT de 300 µg/kg p.c./j (IRIS, 1993).

Par ailleurs, selon la même démarche que pour le phénanthrène, les organisations professionnelles pétrolières ont développé une approche de groupe visant à fixer une DJT selon les fractions aromatiques (en excluant les HAP cancérigènes suspectés ou avérés). Pour l'anthracène qui appartient à la fraction 9-16 carbones, le RIVM a retenu une DJT de 40 µg/kg p.c./j pour une exposition chronique par voie orale (Baars *et al.*, 2001).

Pyrène

Peu d'études ont été réalisées pour évaluer les effets toxiques de pyrène. Le CIRC a classé le pyrène dans le groupe 3. Une étude toxicologique subchronique (13 semaines) par gavage de souris a permis d'identifier une NOAEL de 75 mg/kg p.c./j. De cette étude et en appliquant un facteur de sécurité de 3000, l'US-EPA a retenu une DJT de 30 µg/kg p.c./j (IRIS, 1993).

Le RIVM ne propose pas de DJT pour cette substance. Cette instance suspecte la cancérigénicité de cette substance et propose une estimation du risque de cancer fondée sur l'application d'un facteur d'équivalence toxique (FET) par rapport au B[a]P (Baars *et al.*, 2001).

Naphtalène

Peu d'études ont été réalisées pour évaluer les effets toxiques du naphtalène. L'Union européenne a classé le naphtalène dans la catégorie 3 : substance préoccupante pour l'homme en raison des effets cancérigènes possibles. Une étude toxicologique subchronique (13 semaines) par gavage de rats a permis d'identifier une NOAEL de 71 mg/kg p.c./j. De cette étude et en appliquant un facteur de sécurité de 3000, l'US-EPA a retenu une DJT de 20 µg/kg p.c./j (IRIS, 1993).

Cette instance indique que des données chez l'animal mettent en avant des preuves suggestives concernant le caractère cancérigène de cette substance mais que les preuves ne sont pas suffisantes pour évaluer le potentiel cancérigène du naphtalène chez l'homme. Aucune VTR n'est proposée pour les effets cancérigènes étant donné le manque de preuve quant à la cancérigénicité de cette substance chez l'homme.

Selon la même démarche que pour le phénanthrène, les organisations professionnelles pétrolières ont développé une approche de groupe visant à fixer une DJT selon les fractions aromatiques (en excluant les HAP cancérigènes suspectés ou avérés). Pour le naphtalène qui appartient à la fraction 9-16 carbones, le RIVM a retenu une DJT de 40 µg/kg p.c./j pour une exposition chronique par voie orale (Baars *et al.*, 2001).

Cependant, en 2002, le naphtalène a été classé dans le groupe 2B (peut-être cancérigène pour l'homme) (IARC, 2002) : les données sont inadéquates chez l'homme mais il existe des preuves suffisantes démontrant le caractère cancérigène de cette substance chez l'animal.

Chrysène

Peu d'études ont été réalisées pour évaluer les effets toxiques du chrysène. Le CIRC a classé cette substance dans le groupe 3. L'US-EPA a classé cette substance dans le groupe B2 (probablement cancérigène pour l'homme : données uniquement chez l'animal). Cette instance ne propose pas de valeur toxicologique de référence pour cette substance (IRIS, 1993).

Le RIVM ne propose pas de DJT pour cette substance. Cette instance en s'appuyant sur le rapport de l'IPCS (1998) considère que cette substance est cancérigène et propose une estimation du risque de cancer fondée sur l'application d'un facteur d'équivalence toxique (FET) par rapport au B[a]P (Baars *et al.*, 2001).

ANNEXE III : EVALUATION DE L'EXPOSITION THÉORIQUE : DONNÉES ISSUES DE LA BASE SISE-EAUX

En considérant l'ingestion de 2 litres par jour pour un individu adulte de 60 kg et les valeurs de contamination dans l'eau enregistrées dans la base SISE-Eaux, un apport journalier maximum théorique (AJMT) est estimé. L'estimation est réalisée pour trois niveaux de contamination des eaux, la valeur moyennes, la valeur du 95^{ème} percentile et celle du 97,5^{ème} percentile.

Les hypothèses sont conservatrices vis-à-vis de la consommation en eau des plus forts consommateurs en France, telle que décrite par la base INCA.

De plus, le niveau de contamination est non représentatif de la situation française, car :

- seuls 18 départements disposent de prélèvements renseignant sur la présence des 15 HAP dans l'eau ;
- chacune des UDI pour lesquelles des informations sont disponibles ne dispose que de peu de prélèvements renseignant sur la présence des 15 HAP dans l'eau.

Tableau 14 : Tableau récapitulatif de l'exposition aux HAP chez les adultes de 60 kg ingérant 2 litres d'eau par jour. Données issues de la base SISE-Eaux (278 prélèvements – 15 HAP) - ng/kg p.c./j

	Moyenne C° dans l'eau	95 ^{ème} percentile C° dans l'eau
Non détecté = 0		
Exposition en TEQ	0,01	0,02
Exposition en masse	1,59	6,31
Non détecté = LOQ ou LOD		
Exposition en TEQ	0,45	1,23
Exposition en masse	5,45	13,91

Comparaison des niveaux d'apport par l'eau aux niveaux d'apport par l'alimentation (avis de l'Afssa du 29 juillet 2003¹⁸).

Les 6 HAP ne sont détectés que dans 7 des 278 prélèvements, la comparaison est donc complexe avec les estimations de l'exposition présentées dans l'avis de l'Afssa du 29 juillet 2003 ;

Conclusions

- Les HAP qui contribuent le plus à l'exposition via l'ingestion d'eau ne sont pas les substances les plus toxiques ;
- Si les niveaux d'exposition en masse sont proches (pour la somme des 15 HAP), les niveaux d'exposition en TEQ via l'eau de boisson restent très inférieurs aux estimations d'apport par les aliments ;
- Les estimations des niveaux d'exposition extrêmes (95^{ème} percentile des niveaux retrouvés dans l'eau) exprimées en TEQ (non détecté=0), sont très inférieures à la DVS de 5 ng/kg p.c./j du RIVM pour un excès de risque de cancer de 10⁻⁶.

¹⁸ relatif à une demande d'avis sur l'évaluation des risques présentés par le benzo(a)pyrène (B(a)P) et par d'autres hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), présents dans diverses denrées ou dans certaines huiles végétales, ainsi que sur les niveaux de concentration en HAP dans les denrées au-delà desquels des problèmes de santé risquent de se poser