

Présence d'arsenic dans l'eau de distribution de la commune de Touet-de-l'Escarène

Evaluation quantitative des risques sanitaires

Décembre 2003



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

**DIRECTION REGIONALE
DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES**
Provence - Alpes - Côte d'Azur
Cellule Interrégionale d'Epidémiologie Sud



**Institut de
Veille Sanitaire**

Cette étude a été réalisée par :

Jean-Luc LASALLE - Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud

Ont participé à la réalisation de cette étude :

- **Direction départementale des affaires sanitaires et sociales des Alpes-Maritimes**
Service Santé Environnement
Laurent POUMARAT
- **Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud**
Karine MANTEY – Programme de formation à l'épidémiologie de terrain

SOMMAIRE

Liste des acronymes	4
Résumé.....	5
I - Contexte et objectifs	6
II - Matériel et méthodes	6
II.1 - Identification des dangers	6
II.1.1 - Arsenic inorganique et santé	6
II.1.2 - Arsenic hydrique et santé	7
II.2 - Relations doses-réponses	8
II.3 - Evaluation des expositions.....	8
II.3.1 - Origine de l'arsenic et exposition humaine	8
II.3.2 - Qualité et origine de l'eau	9
II.3.3 - Scénarios d'exposition	9
II.3.4 - Données de population	10
II.3.5 - Calcul des doses journalières d'exposition	11
II.4 - Caractérisation du risque.....	11
III - Résultats	12
III.1 - Evaluation des expositions.....	12
III.2 - Caractérisation du risque.....	12
III.2.1 - Effets non cancérogènes	12
III.2.2 - Effets cancérogènes	12
IV - Discussion	13
V - Conclusion et recommandations.....	14
Annexes.....	15
Annexe 1	15
Annexe 2.....	16
Annexe 3.....	17
Bibliographie.....	18

Liste des acronymes

As	Symbole chimique de l'arsenic
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BRGM	Bureau de Recherche Géologique et Minière
Circ	Centre international de recherche sur le cancer (OMS)
Cire Sud	Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud
Ddass	Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
DJE	Dose journalière d'exposition
DJT	Dose journalière tolérable
Drass	Direction régionale des affaires sanitaires et sociales
Ecetoc	European centre for ecotoxicology and toxicology of chemicals
ERC	Excès de risque collectif
ERI	Excès de risque individuel
ERS	Evaluation des risques sanitaires
ERU	Excès de risque unitaire
InVS	Institut de veille sanitaire
Insee	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
OMS	Organisation mondiale de la santé
QD	Quotient de danger
RIVM	Institut national de la santé publique et de la protection de l'environnement (Pays-Bas)
US-EPA	United states environmental protection agency
VTR	Valeur toxicologique de référence

Résumé

A la suite de la demande de la Ddass des Alpes-Maritimes sur les risques sanitaires encourus par la population de la commune de Touet-de-l'Escarène exposée à des teneurs en arsenic hydrique supérieures à la concentration maximale admissible dans les eaux destinées à la consommation humaine, une démarche d'évaluation des risques sanitaires a été menée afin :

- d'évaluer le risque sanitaire de la population si aucune mesure n'était prise pour limiter la consommation en arsenic,
- d'évaluer le gain sanitaire si des mesures étaient prises pour limiter la consommation en arsenic.

Evaluation des risques sanitaires

L'arsenic hydrique est impliqué dans la survenue des carcinomes cutanés, des cancers de la vessie et du poumon. Il est également impliqué dans le développement d'atteintes vasculaires périphériques.

Les résultats de cette évaluation montrent que les risques de développer un cancer pour la population exposée sont supérieurs au risque dit « acceptable » retenu par l'OMS et que la dose journalière tolérable définie par l'US-EPA pour les risques non cancérigènes est dépassée.

Dans l'hypothèse où des mesures seraient prises rapidement pour distribuer de l'eau respectant la norme de 10 µg/l, plus de la moitié des cancers attribuables à l'arsenic hydrique pourrait être évités.

Discussion

La démarche d'évaluation des risques sanitaires fait appel à un certain nombre d'hypothèses. Au cours de cette étude, les hypothèses qui ont été retenues entraînent une surestimation du risque sanitaire.

Une incertitude subsiste cependant sur les concentrations en arsenic dans l'eau de distribution et leur évolution car ces dernières ne sont connues que depuis quelques mois.

Conclusion et recommandations

Compte tenu des résultats de l'évaluation des risques sanitaires menée sur la commune de Touet-de-l'Escarène, des mesures visant à réduire les teneurs en arsenic dans les eaux à des valeurs inférieures à 10 µg/l s'imposent dès à présent.

Si les solutions techniques pour aboutir à cette situation devaient être longues à mettre en place, des consignes de non consommation d'eau du robinet pour des usages alimentaires devraient être prises par les autorités compétentes.

Par ailleurs, une campagne d'analyses devrait être mise en place sur l'ensemble des captages d'eau destinée à la consommation humaine des Alpes-Maritimes pour identifier les unités de distribution qui seraient dans la même situation afin de connaître la population exposée à l'arsenic hydrique dans ce département et de prendre les mesures adéquates si nécessaires.

I - Contexte et objectifs

La commune de Touet-de-l'Escarène est l'une des plus petites communes du département des Alpes-Maritimes. Elle est située à 23 kilomètres de Nice dans l'arrière pays Mentonnais.

En juillet 2003, une analyse complète de la qualité des ressources en eau de consommation humaine a été effectuée sur cette commune par la Ddass des Alpes-Maritimes. L'analyse révélait un taux d'arsenic de 92 µg/l, supérieur à la valeur limite de qualité imposée par la réglementation en vigueur [1] fixée à 10 µg/l. Les résultats des analyses complémentaires réalisées en octobre 2003 sur les deux ressources en eau de la commune montrent un taux d'arsenic de 111 µg/l pour la source Barma (représentant 80% du débit) et 12 µg/l pour la source Barmassa (représentant 20% du débit distribué).

Les premières mesures prises par la régie communale de gestion de la distribution de l'eau potable, à la demande de la Ddass, ont consisté à stopper l'utilisation de la source Barma, la plus chargée en arsenic pour limiter l'exposition de la population. Le débit de la source Barmassa et les capacités de stockage des réservoirs répondent aux besoins de la commune pour la période hivernale mais seront insuffisantes sur l'année entière. Des solutions techniques sont donc en cours d'évaluation et une campagne de prélèvements pour confirmation des premiers résultats d'analyses est prévue sur plusieurs mois.

Parallèlement, la Ddass a saisi la Cire Sud afin d'évaluer les risques sanitaires pour la population de la commune de Touet-de-l'Escarène suite à la consommation de l'eau de distribution (saisine en date du 5 novembre 2003).

Cette situation a également fait l'objet d'une information en temps réel au ministère de la santé, dans le cadre de la procédure expérimentale d'information par les Ddass et Drass mise en place en région Paca (message n° 2003-25 du 14 novembre 2003)

Les objectifs de cette étude sont :

- évaluer le risque sanitaire de la population si aucune mesure n'était prise pour limiter la consommation en arsenic,
- évaluer le gain sanitaire si des mesures étaient prises pour limiter la consommation en arsenic.

II - Matériel et méthodes

La démarche développée dans cette étude est celle de l'évaluation des risques sanitaires qui comprend 4 étapes conceptuelles :

- L'identification des dangers
- La détermination des relations doses-réponses
- L'évaluation des expositions
- La caractérisation du risque

II.1 - Identification des dangers

II.1.1 - Arsenic inorganique et santé

C'est sous sa forme inorganique que l'arsenic est le plus toxique [2].

L'arsenic inorganique est un cancérogène reconnu pour l'homme par le CIRC [3] (classé en groupe 1) et par l'US-EPA [4] (classé en groupe A).

Des études chez l'homme ont ainsi montré une augmentation de la mortalité par cancer du poumon après une exposition chronique à l'arsenic par inhalation et une augmentation de

nombreux cancers internes (foie, rein, vessie et poumon) et de cancers cutanés par ingestion chronique d'arsenic.

L'exposition chronique à l'arsenic inorganique peut également être à l'origine de problèmes cutanés (l'hyperkératose et l'hyperpigmentation présentent des caractéristiques cliniques spécifiques d'une exposition à l'arsenic inorganique), d'effets hématologiques (anémie, leucopénie), d'atteintes du système nerveux périphérique, des effets hépatiques, et de troubles vasculaires [5].

Même si les résultats de plusieurs études suggèrent des augmentations de la mortalité foetale, néonatale et postnatale, des petits poids à la naissance, des avortements spontanés, et des malformations congénitales, aucune évidence ne permet à ce jour d'affirmer des effets sur la reproduction liés à l'arsenic inorganique [2].

L'arsenic inorganique est considéré comme génotoxique chez l'homme sur la base d'effets clastogènes observés chez des individus exposés et également démontrés dans des études in vitro [2].

II.1.2 - Arsenic hydrique et santé

Dans l'eau, l'arsenic est essentiellement sous forme inorganique.

L'ingestion d'arsenic hydrique peut être à l'origine de nombreuses pathologies. C'est en 1954 qu'a ainsi été décrite pour la première fois la maladie du pied noir (blackfoot disease), maladie vasculaire périphérique grave, dans une population exposée de façon chronique à des concentrations importantes en arsenic (plusieurs centaines de microgrammes par litre) dans le sud ouest de Taïwan.

De nombreuses études épidémiologiques ont permis d'étudier les effets sanitaires d'une exposition chronique à l'arsenic hydrique. Les informations suivantes sont issues de la synthèse des études épidémiologiques publiées depuis 1968 réalisée par l'InVS [6].

- Pathologies cutanées :

Les atteintes cutanées non cancéreuses et les carcinomes cutanés surviennent généralement à des niveaux d'exposition élevés à l'arsenic hydrique. Cependant, les lésions non cancéreuses pourraient survenir à des niveaux d'exposition inférieurs à 100 µg/l.

- Cancers internes

Les résultats des études épidémiologiques, réalisées depuis près de 20 ans, montrent une augmentation du risque de cancer du poumon et de la vessie par ingestion chronique d'arsenic hydrique, même à des niveaux faibles d'exposition (< 50 µg/l).

Dans une moindre mesure, certaines études suggèrent le rôle de l'arsenic hydrique dans la survenue du cancer du rein et du foie.

- Maladies cardio-vasculaires

Un risque accru d'hypertension artérielle, de cardiopathies ischémiques et d'infarctus a été mis en évidence dans des études qui concernaient des pays où les teneurs en arsenic dans l'eau étaient très élevées.

- Diabète non insulino-dépendant

Un lien entre l'exposition à l'arsenic hydrique et le diabète non insulino-dépendant est suggéré pour des populations exposées à de fortes concentrations en arsenic. Ce résultat est à confirmer pour de plus faibles concentrations.

II.2 - Relations doses-réponses

Les valeurs toxicologiques de référence pour l'arsenic inorganique suite à une exposition chronique par voie orale sont recensées dans les tableaux 1 et 2 respectivement pour les effets systémiques et pour les effets cancérogènes.

Tableau 1 – Valeurs toxicologiques de référence pour l'arsenic inorganique (effets systémiques – exposition chronique par voie orale)

Source	VTR ($\mu\text{g}/\text{kg}^*\text{j}$)	Effets sanitaires ou organe cible	Facteur d'incertitude	Année d'évaluation
US-EPA [4]	0,3	Peau	3	1993
ATSDR [7]	0,3	Peau	3	2000
RIVM [8]	1	Peau	2	2000

Tableau 2 – Valeurs toxicologiques de référence pour l'arsenic inorganique (effets cancérogènes – exposition chronique par voie orale)

Source	VTR	Organe cible	Année d'évaluation
US-EPA [4]	$\text{ERU} = 1,75 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{kg}^*\text{j})^{-1}$ *	Peau	1997
Santé-Canada [9]	$\text{TD05} = 18 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ **	Peau	1992

* cette valeur, qui ne prend en compte que les apports hydriques en arsenic, a été calculée à partir du risque unitaire dans l'eau de boisson de l'US-EPA - $5 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{l})^{-1}$ – en considérant une consommation de 2 litres d'eau par jour par un individu de 70 kg.

** la TD05 est l'apport total associé à l'augmentation de 5% de l'incidence ou de la mortalité liées aux tumeurs (dans le cas précis de l'arsenic, l'augmentation de l'incidence des cancers de la peau). Elle ne prend ici en compte que les apports hydriques en arsenic à partir d'une concentration en arsenic de $840 \mu\text{g}/\text{l}$ en considérant une consommation de 1,5 litres d'eau par jour par un individu de 70 kg.

Ainsi que recommandé dans la démarche d'ERS, le choix des valeurs toxicologiques de référence pour la suite de l'étude s'est porté sur les valeurs les plus faibles :

- la valeur de $0,3 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{j}$ pour la dose journalière tolérable (valeur de l'US-EPA et de l'ATSDR),
- la valeur de $1,75 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{kg}^*\text{j})^{-1}$ pour l'excès de risque unitaire.

II.3 - Evaluation des expositions

II.3.1 - Origine de l'arsenic et exposition humaine

L'arsenic est présent dans la nature, en particulier dans les roches qui renferment plus de 99 % de l'arsenic présent dans la croûte terrestre sous forme de minerais. L'érosion des roches, le lessivage des sols, les réactions d'oxydo-réduction et les précipitations entraînent une redistribution de l'arsenic vers les compartiments aquatiques et atmosphériques. D'autres sources naturelles d'émission d'arsenic dans l'atmosphère sont l'activité volcanique et les feux de forêts. La production d'arsenic à 97 % sous forme d' As_2O_3 ainsi que ses diverses utilisations industrielles et agricoles sont également responsables de son accumulation dans l'environnement [5].

Compte tenu de l'environnement de la commune de Touet-de-l'Escarène, l'origine naturelle de l'arsenic est très vraisemblable.

La voie principale d'exposition humaine non professionnelle à l'arsenic dans l'environnement est l'ingestion des aliments et de l'eau. L'alimentation est généralement le contribuant principal à la prise quotidienne de l'arsenic total. Dans quelques secteurs particuliers, l'eau potable peut devenir une source significative d'exposition en arsenic.

La prise quotidienne de l'arsenic total dans l'alimentation et les boissons est généralement comprise entre 20 et $300 \mu\text{g}/\text{j}$. Environ 25% de l'arsenic présent dans l'alimentation est sous forme inorganique, mais ceci dépend fortement du type de nourriture ingéré [2].

L'exposition pulmonaire peut contribuer jusqu'à environ 10 µg/j pour un fumeur et environ 1 µg/j pour un non-fumeur ; elle peut être plus importante dans des secteurs pollués [2].

II.3.2 - Qualité et origine de l'eau

Les seuls résultats relatifs aux concentrations en arsenic dans l'eau de distribution disponibles et communiqués par la Ddass correspondent aux prélèvements réalisés en 2003.

L'échantillon de juillet a été prélevé au robinet de la mairie. Il est représentatif de l'eau de distribution. La teneur en arsenic était de 92 µg/l.

Afin d'évaluer la provenance de l'arsenic, des prélèvements ont été réalisés en octobre et novembre au niveau de chaque captage. Les teneurs en arsenic mesurées sont synthétisées dans le tableau 3.

Tableau 3 – Concentrations en arsenic dans l'eau de distribution (en µg/l)

	Source Barmassa	Source Barma
Analyse d'octobre 2003	12	111
Analyse de novembre 2003	29	110

L'origine de l'eau de distribution a évolué dans le temps :

- avant 1942, l'eau de la fontaine du village était utilisée (les résultats de l'analyse réalisée en novembre 2003 étaient sous le seuil de détection de 10 µg/l),
- de 1942 à 1966, c'est la source Barmassa qui était utilisée comme eau de distribution par la population,
- depuis 1966 cette source est mélangée à la source Barma dans un rapport respectif de 20% et 80%.

Depuis la découverte des taux d'arsenic en juillet 2003, seule la source Barmassa, moins contaminée, est utilisée avant de trouver une solution plus définitive.

II.3.3 - Scénarios d'exposition

Les paramètres utilisés pour la consommation d'eau sont ceux qui ont été retenus par l'InVS [6] à partir de données nationales (étude INCA1). Les poids moyens sont issus de l'Exposure factors sourcebook for european populations [10]. Ils sont regroupés dans le tableau 4.

Tableau 4 – Paramètres d'exposition

Population exposée	Individu « vie entière »	Enfants (0-14 ans)	Adultes (15 ans et plus)
Consommation d'eau (l/j) (moyenne / p95)*	1,9 / 2,7	1,5 / 2,1	2 / 2,9
Poids moyen (kg)	64**	32***	73****

* la consommation d'eau comprend l'eau consommée pour la boisson et la préparation des aliments. 2 profils de consommateurs sont développés, un moyen et un extrême à partir du percentile 95 de la distribution des consommations d'eau.

** valeur calculée (70 ans à raison de 15 ans au poids moyen des enfants et de 55 ans au poids moyen des adultes)

*** valeur calculée pour les 0/15 ans à partir des poids donnés par l'Ecetoc.

**** valeur pour les 16 ans et plus

L'exposition est évaluée à partir de 2 scénarios :

- Un scénario « vie entière » dans l'hypothèse où aucune mesure ne serait prise pour réduire les concentrations en arsenic dans l'eau distribuée. La durée d'exposition est identique pour chaque individu et est égale à 70 ans.
- Un scénario « mesure prise » dans l'hypothèse où des mesures seraient prises en 2003 pour limiter l'apport en arsenic par l'eau de distribution.

Dans l'hypothèse où chaque habitant est exposé depuis sa naissance à l'eau de distribution de la commune, la durée d'exposition est variable pour chaque individu (la répartition de la population par âge détaillé est disponible sur le site Internet de l'Insee¹ - données en annexe 1).

L'exposition à l'arsenic hydrique tient également compte de la provenance de l'eau sur les différentes périodes.

Le poids corporel variant significativement avec l'âge chez les enfants, l'Ecetoc [10] recommande d'utiliser les poids moyens des âges concernés dans les scénarios d'évaluation des risques (annexe 2).

II.3.4 - Données de population

Les données concernant la population ont été obtenues à partir du site Internet de l'Insee.

Au recensement de 1999, la population sans double compte de la commune de Touët-de-l'Escarène s'élevait à 242 habitants. La répartition par classe d'âge est présentée dans le tableau 5.

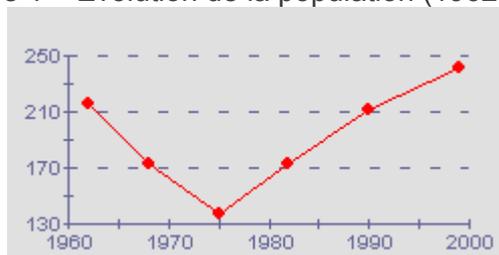
Tableau 5 – Répartition de la population par âge (recensement 1999)

	0 – 14 ans	15 ans et plus
Population sans double compte	51	191

L'évolution démographique de cette commune se décompose en 2 grandes périodes (figure 1) :

- de 1962 à 1975, la variation totale de la population est négative (diminution de 215 à 137 habitants),
- depuis 1975, la variation globale devient positive (augmentation de 137 à 242 habitants).

Figure 1 – Evolution de la population (1962-1999)

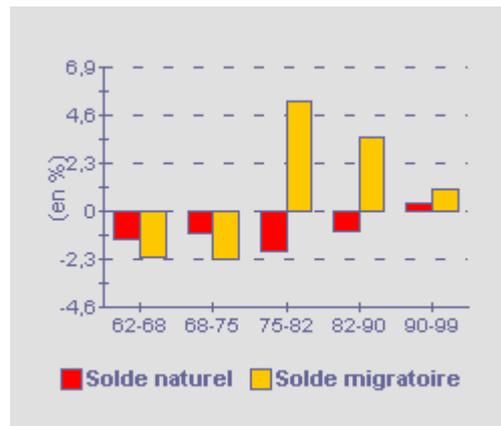


Source : site Internet INSEE (<http://www.recensement.insee.fr/>)

Cette évolution s'explique par 2 phénomènes, l'arrivée de nouveaux habitants, surtout entre 1975 et 1990 et une stabilisation du solde naturel ; la part liée au solde migratoire restant toujours prépondérante (figure 2).

¹ <http://www.recensement.insee.fr/>

Figure 2 – Composantes du taux de variation (taux annuel moyen)



Source : site Internet INSEE (<http://www.recensement.insee.fr/>)

II.3.5 - Calcul des doses journalières d'exposition

Le calcul des doses journalières d'exposition à l'arsenic hydrique (DJE_{hyd}) est effectué pour les différents scénarios suivant la formule :

$$DJE_{hyd} = \frac{[As] * Q_{eau}}{P}$$

- où DJE_{hyd} est la dose journalière d'exposition à l'arsenic hydrique (en $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{j}$)
 $[As]$ est la concentration en arsenic dans l'eau de distribution (en $\mu\text{g}/\text{l}$)
 Q_{eau} est le volume d'eau consommé (en l/j)
 P est le poids corporel de l'individu (en kg)

Les doses journalières d'exposition totales en arsenic inorganique (DJE_{tot}) sont calculées en tenant compte de l'apport en arsenic inorganique par l'alimentation. En France, cet apport a été évalué à $11 \mu\text{g}/\text{j}$ et constitue une moyenne chez l'adulte et l'enfant (donnée de la DGAL utilisée par l'InVS [6]). Les DJE_{tot} ne peuvent donc être calculées que pour le « scénario vie entière » :

$$DJE_{tot} = DJE_{hyd} + \frac{11}{64}$$

II.4 - Caractérisation du risque

Les quotients de danger QD (pour les effets non cancérogènes) et excès de risque individuel ERI et collectif ERC (pour les effets cancérogènes) sont calculés selon les formules ci-dessous :

$$QD = \frac{DJE_{tot}}{DJT}$$

- où DJE_{tot} est la dose journalière d'exposition totale à l'arsenic (en $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{j}$)
 DJT est la dose journalière tolérable (en $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{j}$)

$$ERI = \frac{DJE_{hyd} * ERU * DE}{70}$$

- où DJE_{hyd} est la dose journalière d'exposition à l'arsenic hydrique (en $\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{j}$)
 ERU est l'excès de risque unitaire (en $(\mu\text{g}/\text{kg} \cdot \text{j})^{-1}$)
 DE est la durée d'exposition (en année)

$$\text{ERC} = \text{ERI} * \text{N}$$

où N représente le nombre de personnes exposées

III - Résultats

III.1 - Evaluation des expositions

Le tableau 6 présente les doses journalières d'exposition pour les différentes populations et les différents profils de consommateur d'eau.

La concentration en arsenic dans l'eau de distribution a été calculée en prenant la valeur la plus élevée de chaque source (29 µg/l pour Barmassa et 111 µg/l pour Barma) soit 94 µg/l.

Tableau 6 – Dose journalière d'exposition à l'arsenic hydrique (en µg/kg*j) en fonction du profil de consommateur

	Consommateur moyen	Consommateur extrême/p95
	[As] = 94 µg/l	
Individu « vie entière »	2,79	3,97
Enfants (0-14 ans)	4,41	6,17
Adultes (15 ans et plus)	2,58	3,73

III.2 - Caractérisation du risque

III.2.1 - Effets non cancérogènes

Les doses journalières d'exposition totales en arsenic et les quotients de danger sont présentés dans le tableau 7. Les quotients de danger ne sont calculés que pour le scénario « vie entière », l'apport en arsenic étant estimé pour une valeur moyenne chez l'enfant et l'adulte.

Tableau 7 – Doses journalières d'exposition en arsenic et quotients de danger en fonction du profil de consommateur

	DJE _{tot} (µg/kg*j)	QD
Consommateur moyen	2,96	9,9
Consommateur extrême	4,14	13,8

Quelque soit le profil de consommateur, le quotient de danger, supérieur à 1, signifie que des effets sanitaires peuvent être observés dans la population d'étude.

III.2.2 - Effets cancérogènes

Le tableau 8 présente les excès de risque individuel chez un individu consommant toute sa vie l'eau distribuée dans la commune (scénario « vie entière »).

Tableau 8 – Excès de risque individuel en fonction des profils de consommateurs

	ERI
Consommateur moyen	4,9 10 ⁻³
Consommateur extrême	6,9 10 ⁻³

Quelque soit le profil de consommateur, la valeur de l'excès de risque individuel lié à cette exposition à l'arsenic est supérieure au risque dit « acceptable » de 10⁻⁵ adopté par l'OMS.

L'excès de risque collectif associé à cette exposition « vie entière » se situe entre 1,18 et 1,68 (tableau 9) suivant le profil de consommateur ; c'est-à-dire que plus d'un cas de cancer cutané en excès pourrait survenir parmi les 242 habitants de la commune sur 70 ans.

Les impacts collectifs dans le cas où des mesures seraient prises pour limiter l'exposition à l'arsenic hydrique (scénario « mesure prise ») et le nombre de cancers qui pourraient ainsi être évités sont également présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 – Impact sanitaire lié à l'exposition à l'arsenic hydrique

		Effectif	Impact collectif (profil moyen)	Impact collectif (profil extrême)
Sans réduction	Tous	242	1,18	1,68
	Enfants (0-14 ans)	51	0,04	0,06
Avec réduction	Adultes (plus de 15 ans)	191	0,47	0,68
	Total	242	0,51	0,74
	Cancers évitables		0,67	0,82

Si des mesures étaient prises pour supprimer l'apport en arsenic hydrique dans la commune de Touët-de-l'Escarène, 49 à 57% des cancers attendus dans la population actuelle pourraient être évités.

IV - Discussion

De nombreuses hypothèses ont été nécessaires tout au long de la démarche :

- Arsenic hydrique : les seules mesures existantes sont celles qui ont été réalisées en 2003. L'évaluation des risques a été réalisée à partir des concentrations maximales connues en arsenic. L'impact sanitaire a donc été surestimé. L'impact des concentrations est cependant limitée, en prenant les concentrations minimum (12 µg/l pour Barmassa et 110 µg/l pour Barma – mélange : 90 µg/l), les impacts sanitaires sont peu différents (tableau 10).

Tableau 10 – Quotients de danger et excès de risque individuel et collectifs avec les concentrations minimum en arsenic

	QD	ERI	ERC
Consommateur moyen	9,5	4,7 10 ⁻³	1,13
Consommateur extrême	13,2	6,6 10 ⁻³	1,61

Selon les mêmes calculs, le gain sanitaire concernant les cancers serait de l'ordre de 58% pour les 2 profils de consommateur.

Une influence plus importante des concentrations en arsenic sur les résultats pourrait intervenir si ces dernières étaient amenées à varier de façon importante. Il est impossible de le vérifier, cependant à la lecture des résultats d'analyses réalisées sur le réseau de la commune depuis 1996, on peut noter une assez bonne stabilité des mesures physicochimiques (exemple du pH et de la conductivité en annexe 3).

- Valeurs toxicologiques de référence : les experts s'accordent pour dire que la valeur élaborée par l'US-EPA surestime le risque sanitaire.
- Facteurs d'exposition humaine :
 - l'utilisation de l'Exposure Factors Sourcebook for European Populations en ce qui concerne les poids moyen permet de se rapprocher a priori des poids moyens de la population d'étude (en comparaison de l'utilisation de l'US-EPA Exposure Factors Handbook),
 - la consommation en eau a été estimée selon l'hypothèse que l'ensemble de la population consomme de l'eau de distribution de la commune (sans tenir compte de l'eau

embouteillée). Cette hypothèse sur-estime l'exposition en arsenic hydrique et donc les risques sanitaires.

- Population : les calculs d'excès de risque collectifs ont été effectués selon l'hypothèse d'une stabilité de la population au cours du temps. L'évolution démographique de la commune montre que cette hypothèse entraîne une surestimation du nombre de personnes exposées et donc du risque collectif.

V - Conclusion et recommandations

Les résultats de l'évaluation des risques sanitaires montrent des excès de risque individuel de cancers cutanés supérieurs au risque dit « acceptable » de 10^{-5} adopté par l'OMS ; résultats renforcés par ceux qui concernent les pathologies non cancérogènes qui montrent des quotients de danger tous supérieurs à 1.

Des mesures visant à réduire les niveaux d'arsenic dans les eaux de distribution de la commune de Touet-de-l'Escarène à des niveaux inférieurs à $10 \mu\text{g/l}$ s'imposent dès à présent. Les effets sanitaires liés à une ingestion d'arsenic hydrique sont en effet graves (cancers de la peau, du poumon et de la vessie).

Si les solutions techniques pour aboutir à cette situation devaient être longues à mettre en place, des consignes de non consommation d'eau du robinet pour des usages alimentaires devraient être prises par les autorités compétentes.

Par ailleurs, une campagne d'analyses devrait être mise en place sur l'ensemble des captages d'eau destinée à la consommation humaine des Alpes-Maritimes pour identifier les unités de distribution qui seraient dans la même situation afin de connaître la population exposée à l'arsenic hydrique dans ce département et de prendre les mesures adéquates si nécessaires. Cette campagne pourrait être précédée d'une recherche des sites géologiquement privilégiés afin de prioriser certains captages. Plusieurs études menées par le BRGM ont ainsi déterminé des zones riches en arsenic [11].

Annexes

Annexe 1

Répartition de la population de Touet-de-l'Escarène par âge (1 à 15 ans)

Age	Nombre
1	5
2	3
3	1
4	8
5	5
6	3
7	2
8	3
9	5
10	1
11	3
12	2
13	5
14	5
15	4

Source : Recensement Insee 1999

Annexe 2

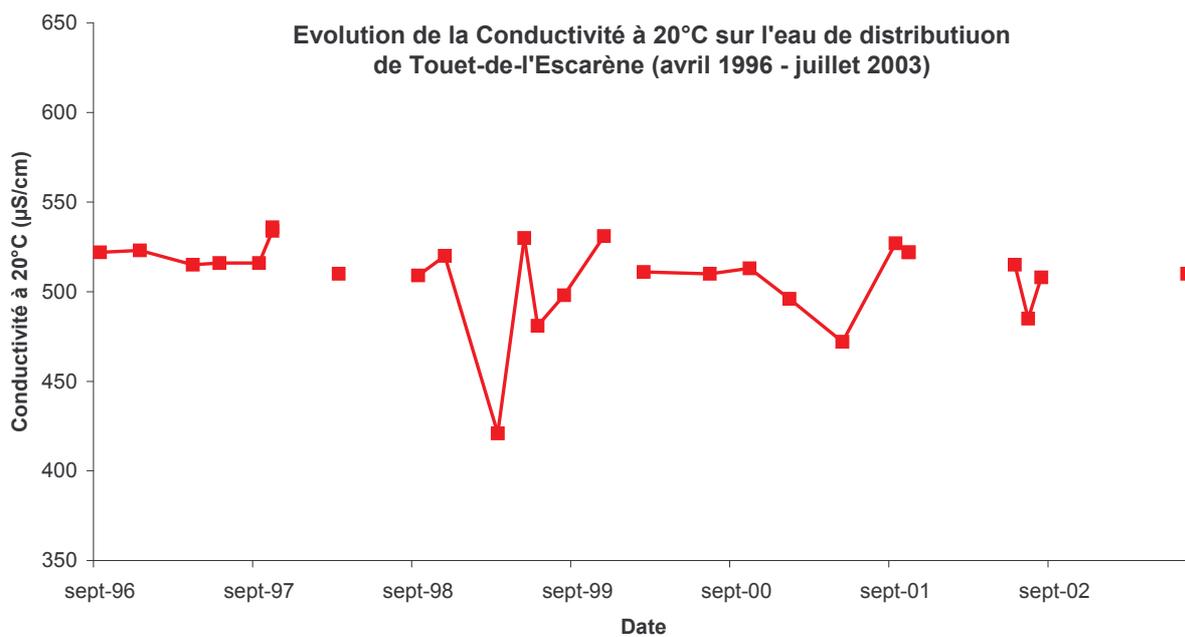
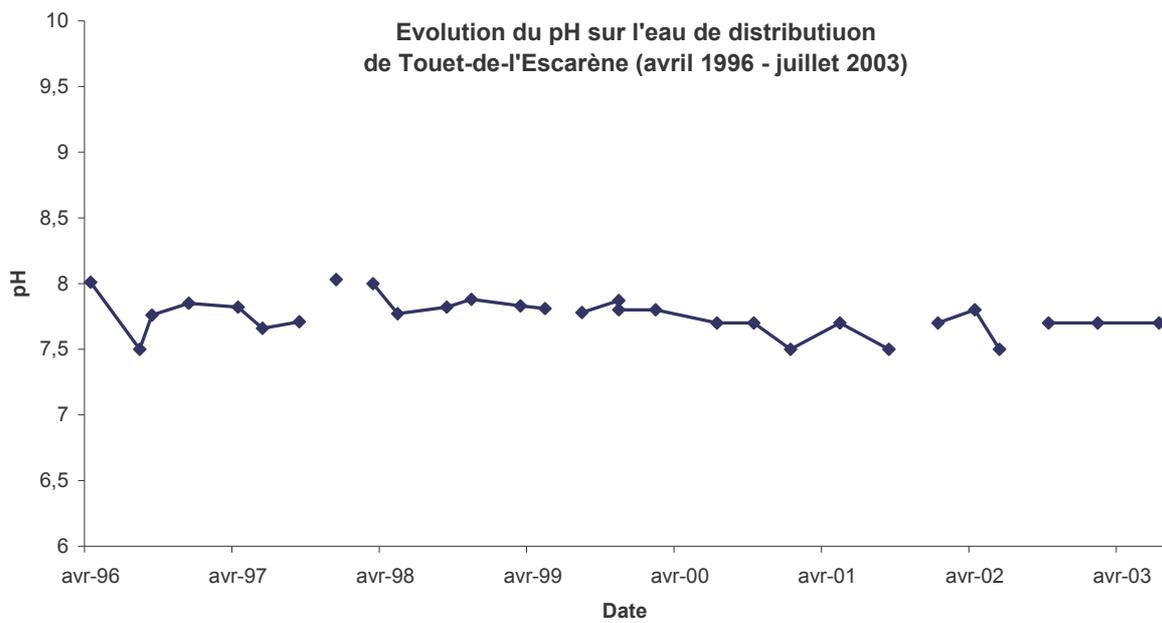
Poids moyens par âge (1 à 15 ans) en kg

Age	Poids moyen (kg)
1	11
2	14
3	16
4	18
5	20
6	23
7	26
8	29
9	32
10	36
11	41
12	46
13	51
14	57
15	61

Source : Exposure Factors Sourcebook for European Populations [10]

Les valeurs ont été calculées à partir des données proposées par classe d'âge et par sexe (tableau 8 page 17 pour les 2/15 ans et tableau 11 page 20 pour les moins de 2 ans) en faisant les moyennes des poids des garçons et des filles sur chaque classe d'âge.

Annexe 3



Distribution du pH et de la conductivité à 20°C (Touet-de-l'Escarène ; avril 1996 – juillet 2003)

	pH	Conductivité
Minimum	7,50	421
Maximum	8,03	536
Moyenne	7,75	509
Ecart-type	0,14	23,52
p5	7,50	474
p25	7,70	508
médiane	7,77	515
p75	7,82	522
p95	8,00	533
Nombre analyses	29	27

Bibliographie

- [1] Décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles.
- [2] International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria n°224, Arsenic and arsenic compounds (seconde édition), 2001
- [3] International Agency on Research on Cancer, Arsenic and arsenic compounds, IARC Monographs Suppl. 7, 1987, p. 100.
- [4] United states environmental protection agency, Integrated risk information system, Arsenic, inorganic, 1998.
- [5] Institut national de l'environnement industriel et des risques, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, arsenic et ses dérivés inorganiques, version n°2-1, novembre 2003, 68 pages.
- [6] Institut de veille sanitaire, Exposition chronique à l'arsenic hydrique et risques pour la santé. Bilan des données épidémiologiques – Evaluation quantitative des risques sanitaires en Auvergne, 2002, 108 pages.
- [7] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Toxicological profile for arsenic, 2000, 468 pages
- [8] Institut national de la santé publique et de la protection de l'environnement (Pays-Bas), Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels, RIVM Rapport 711701025, 2001, 297 pages
- [9] Environnement Canada, Santé Canada, Loi canadienne sur la protection de l'environnement. Liste des substances d'intérêt prioritaire, rapport d'évaluation. L'arsenic et ses composés, 1993, 68 pages
- [10] European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Exposure Factors Sourcebook for European Populations (with focus on UK data). Technical report n°79, 2001, 119 pages.
- [11] Bureau de Recherche Géologique et Minière, guide méthodologique de l'arsenic, appliqué à la gestion des sites et sols pollués, 2003, 90 pages.