

Débits respiratoires et activités quotidiennes : paramètres de l'exposition aux substances inhalées*

M. ROY**, J.L. MALARBET**, C. COURTAY***

(Manuscrit reçu le 15 janvier 1993)

RÉSUMÉ

Pour connaître la quantité de substances toxiques inhalées, on fait appel à des valeurs standard du volume d'air respiré quotidiennement par les personnes exposées aux gaz et aux aérosols. A l'occasion de la révision du modèle dosimétrique des voies respiratoires de la Commission Internationale de protection radiologique (CIPR), ces valeurs ont été actualisées pour l'adulte et complétées pour l'enfant, grâce à des données récentes sur la ventilation au repos et à l'exercice et à l'aide d'enquêtes sur l'emploi du temps des individus types de la population publiées par l'Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE). Les résultats sont donnés sous forme de tableaux pour les adultes et les enfants de 3 mois, 1, 5, 10 et 15 ans ; ils sont légèrement différents de ceux publiés auparavant par la CIPR et par le Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR).

ABSTRACT

The intake of inhaled toxic substances is based upon the air volumes breathed every day by people under exposure to gases and aerosols. On the occasion of the revision of the respiratory tract model by the International commission on radiological protection (ICRP), modern standards have been assessed for average inspired air volumes according to age and sex. Recent data of breathing rates as a function of physical activity have been recorded, and economical surveys recently published by the National institute of statistics and economical studies (INSEE) provided time budgets and activities of specific categories of the population. The results were calculated for adults and children, 3 months, 1, 5, 10 and 15 years old. These values are slightly different from those formerly published by ICRP and the United Nations scientific committee on the effects of atomic radiation (UNSCEAR).

1. Introduction

L'évaluation des quantités de substances inhalées est importante pour les toxiques industriels transportés par l'air sous forme de gaz ou d'aérosols ainsi que pour l'exposition naturelle au radon des travailleurs et du

* Communication "poster" présentée au Congrès IRPA'8, Montréal, 17-22 mai 1992.

** Commissariat à l'énergie atomique, Institut de protection et de sûreté nucléaire, DPHD, SDOS, BP 6, 92265 Fontenay-aux-Roses Cedex.

*** Service de médecine du travail de la Hague, BP 270, 50107 Cherbourg.

public. Elle nécessite la connaissance de paramètres individuels influençant l'exposition tels que l'âge, l'activité physique et l'emploi du temps quotidien, tenant compte du temps passé en plein air ou à l'intérieur des habitations et des lieux de travail. Des valeurs avaient déjà été publiées par la CIPR [18, 19] et l'UNSCEAR [25, 26]. Les plus récentes utilisaient les données de Brown [2] basées sur une étude conduite en 1978 par la British broadcasting corporation (BBC) sur l'emploi du temps des personnes âgées de plus de 5 ans en Grande-Bretagne. D'autres données moins détaillées avaient été précédemment recueillies sur environ 30 000 personnes adultes dans 12 pays d'Europe, aux Etats-Unis, au Pérou et dans l'ancienne Union Soviétique [21]. En 1985, un rapport statistique sur les facteurs d'exposition a été publié par l'Environmental protection agency américaine (EPA) [1]. La révision du modèle dosimétrique pulmonaire de la CIPR a donné l'occasion de revoir et de compléter ces paramètres à l'aide de données détaillées de la physiologie de la ventilation tenant compte de l'activité physique et de l'âge. Des enquêtes récentes de l'INSEE ont fourni d'autre part des emplois du temps très précis sur différentes catégories de la population. La combinaison de ces deux types d'information nous a permis de calculer des volumes moyens d'air inhalés quotidiennement par les individus dans les différents environnements.

2. Méthodes

2.1 Emplois du temps

Les enquêtes de l'INSEE ont chiffré la durée des activités de plusieurs groupes de personnes représentatives des principales composantes de la population française : employé sédentaire homme et femme, femme au foyer avec ou sans enfant, étudiant [13, 15-17]. En éliminant deux périodes de 15 jours, l'une durant les fêtes de fin d'année, l'autre durant les vacances d'été, 16 047 personnes interrogées ont décrit leurs journées de 5 en 5 minutes ; le total devait comprendre un nombre équivalent de chacun des jours de la semaine. Chaque emploi du temps n'est donc pas représentatif de l'individu qui l'a décrit, mais de l'ensemble des emplois du temps de grands groupes d'individus. On a établi des distributions statistiques de ces différentes composantes de la population. On en a extrait les fractiles pour y étudier également de manière statistique les durées d'activité en choisissant la médiane (50 % des individus interrogés) comme paramètre représentatif.

Les données concernant les enfants sont disponibles dans ces enquêtes seulement à partir de 15 ans [12,14]. Pour les enfants d'âge scolaire de 4 à 14 ans, nous avons utilisé le guide de la scolarité [22].

Pour les enfants de moins de 3 ans, nous avons extrapolé à partir de l'emploi du temps de leur mère.

Nous avons aussi utilisé pour tous les âges le rapport publié par Médiamétrie [11] sur l'audience télévisuelle. A partir de toutes ces informations, lieux de séjour et activités ont été répartis de façon condensée en 3 environnements principaux :

- intérieur de l'habitation : sommeil, temps physiologique (toilette, repas, etc.), travail ménager (nettoyage, cuisine, soins aux enfants, bricolage), travail scolaire à la maison, etc., temps libre (lecture, télévision, etc.) ;
- intérieur d'un autre lieu : travail sédentaire (bureau, atelier, école, etc.), autres activités (associations, spectacles, etc.) ;
- extérieur : voyages (comprenant le trajet au travail ou à l'école), bricolage et courses, sports et promenades.

Ces valeurs, ainsi que les fractions de 24 h passées dans chacun de ces environnements, sont présentées dans le tableau I pour les adultes et dans le tableau II pour les enfants (ce sont des moyennes établies sur toute l'année, à l'exclusion des deux périodes de vacances indiquées dans la méthodologie).

Dans ces études, il manquait les travailleurs en plein air (agriculture, bâtiment, travaux publics, ...) et les mineurs ; nous leur avons alors attribué les mêmes horaires de travail que les hommes employés sédentaires, mais avec un niveau plus élevé d'activité physique (travail dur).

2.2 Paramètres de ventilation

En fonction du niveau d'exercice, la fréquence respiratoire (f_R), le volume courant (V_T) et la ventilation par minute (\dot{V}_E) ont été fixés pour l'homme adulte selon 4 activités types : *sommeil*, *repos assis*, *exercice léger* (travail de laboratoire, d'atelier, de nettoyage, etc.), *exercice dur* ne pouvant dépasser 2 h par jour (mines, bâtiment, agriculture, entraînement sportif, etc., [5, 20, 23], Tab. III). Chez les femmes et les enfants, ces valeurs ont été adaptées proportionnellement à celles des hommes d'après des données, obtenues expérimentalement par des méthodes standard et sur des séries suffisantes de cycles ventilatoires pour permettre un calcul de la moyenne individuelle avec une déviation standard inférieure à 10 %. Elles sont, le plus souvent, exprimées en fonction du poids corporel moyen pour les âges considérés ($V_T = 10 \text{ ml.kg}^{-1}$ à partir de 5 ans)

On a ainsi sélectionné pour les sujets de :

- 3 mois : V_T , d'après Gaultier [7] : sommeil : 6 ml.kg^{-1} , exercice léger : 10 ml.kg^{-1} ,
 f_R , d'après Gaultier [7] et Taussig *et al.* [24]
- 1 an : V_T , d'après Gaultier [7] : sommeil : $6,5 \text{ ml.kg}^{-1}$, repos assis : 9 ml.kg^{-1} , exercice léger : 11 ml.kg^{-1} ;
 f_R , d'après Gaultier [7] et Taussig *et al.* [24].

TABLEAU I
 Emploi du temps des adultes
 Adults' time budget

	Femme avec plusieurs enfants	Femme sans enfant	Homme employé	Femme employée
Habitation				
Sommeil	8 h 46	9 h 10	8 h 25	8 h 29
Temps physiologique	2 h 51	3 h 30	2 h 55	2 h 47
Travail à la maison	8 h 00	6 h 20	2 h 00	4 h 54
Temps libre (T.V.)	2 h 34 (2 h 30)	3 h 05 (2 h 30)	2 h 07	1 h 41
<i>Total</i>	<i>22 h 11</i>	<i>22 h 05</i>	<i>15 h 27</i>	<i>17 h 51</i>
Autres bâtiments				
Travail	—	—	5 h 32	3 h 52
Autres	0 h 32	0 h 35	1 h 00	0 h 32
<i>Total</i>	<i>0 h 32</i>	<i>0 h 35</i>	<i>6 h 32</i>	<i>4 h 24</i>
Extérieur				
Courses, bricolage	0 h 44	0 h 50	0 h 41	0 h 30
Voyage	0 h 12	—	1 h 00	1 h 00
Jeux, sports	0 h 21	0 h 30	0 h 20	0 h 15
<i>Total</i>	<i>1 h 17</i>	<i>1 h 20</i>	<i>2 h 01</i>	<i>1 h 45</i>
Habitation	92,5 %	92,0 %	64,5 %	74,5 %
Autres bâtiments	2,0 %	2,5 %	27,5 %	18,5 %
Extérieur	5,5 %	5,5 %	8,0 %	7,0 %

% Pourcentage de la journée.

— 5 ans : V_T et f_R : sommeil et repos assis, d'après Taussig *et al.* [24], exercice léger, d'après Godfrey *et al.* [10].

— 10 et 15 ans : V_T et f_R : sommeil, d'après Gaultier *et al.* [8], repos assis, d'après Gaultier *et al.* [8] et Zapletal [27], exercices léger et dur, d'après Godfrey [9], Godfrey *et al.* [10], Cooper et Weiler-Ravell [3] et Flandrois *et al.* [6].

TABLEAU II
 Emploi du temps des enfants
 Children's time budget

	0-3 ans	4-6 ans	7-17 ans
Habitation			
Sommeil	14 h 00	12 h 00	10 h 00
Temps physiologique	4 h 00	3 h 00	3 h 00
Etude (travail à la maison)	—	—	1 h 40
Jeux, temps libre	1 h 00	2 h 50	3 h 00
<i>Total</i>	<i>19 h 00</i>	<i>17 h 50</i>	<i>17 h 40</i>
Autres bâtiments			
Ecole ou nurserie	4 h 00	3 h 00	3 h 00
Jeux	—	—	0 h 10
<i>Total</i>	<i>4 h 00</i>	<i>3 h 00</i>	<i>3 h 10</i>
Extérieur			
Voyage	0 h 15	0 h 45	0 h 45
Récréation	0 h 45	1 h 45	1 h 25
Jeux, sports		0 h 40	1 h 00
<i>Total</i>	<i>1 h 00</i>	<i>3 h 10</i>	<i>3 h 10</i>
Habitation	79 %	74,5 %	74 %
Autres bâtiments	17 %	12,5 %	13 %
Extérieur	4 %	13 %	13 %

% pourcentage de la journée.

— Adultes : V_T et f_R , sommeil et repos assis, d'après Cotes [4], exercices léger et dur, d'après Cooper et Weiler-Ravell [3].

Ces paramètres sont détaillés dans le tableau IV.

TABLEAU III
Débits respiratoires de l'homme adulte au cours des activités journalières
Adult breathing rates during his daily activities

Activité type	Débit ventilatoire (\dot{V}_E)	
	$l \text{ min}^{-1}$	$m^3 \text{ h}^{-1}$
Sommeil	7,5	0,45
Repos assis	9	0,54
Exercice léger	25	1,5
Exercice dur	50	3

2.3 Volumes d'air respirés quotidiennement

Les activités, décrites dans les environnements définis ci-dessus, ont été associées aux débits de ventilation nécessaires à chacun selon âge et sexe.

– Dans la population générale et chez les travailleurs sédentaires, les 24 heures sont ainsi réparties :

– à l'intérieur (habitation, lieu de travail ou autres) entre le sommeil et l'éveil : 1/3 en repos assis, 2/3 en exercice léger.

– à l'extérieur (plein air, train, bus, voitures,...) en éveil : 1/2 en repos assis, 3/8 en exercice léger, 1/8 en exercice dur.

Chez les autres travailleurs (travail dur) à l'extérieur ou dans les mines, et sur leur lieu de travail seulement : 7/8 en exercice léger, 1/8 en exercice dur.

Les tableaux V pour les adultes et VI pour les enfants fournissent le détail quotidien de ces paramètres d'environnement, d'activités et de débits respiratoires qui leur sont associés. Les volumes d'air respirés sont totalisés pour chaque situation. Afin qu'ils soient valables pour toutes les personnes du public, n'importe quel jour de leur vie, ces valeurs sont données sous forme de moyennes sur les 7 jours d'une semaine normale ; ceci permettra, en cas de besoin, de revenir facilement à des circonstances définies pour un individu considéré plus particulièrement.

3. Discussion

Le temps passé par les adultes à l'intérieur des bâtiments est resté relativement proche de celui indiqué en 1981 par l'étude faite aux Etats-Unis et dans 12 pays d'Europe dont 6 villes de France [21]. Il n'a pas changé pour les hommes employés (22 h) mais a légèrement diminué pour les femmes au foyer (22,7 contre 23,3 h). Cependant, les chiffres de l'INSEE sont supérieurs de 5 à 10 % à ceux qui ont été publiés par l'EPA [1].

TABLEAU IV
Paramètres ventilatoires selon l'âge, le sexe et le niveau d'activité physique
Lung functions according to age, sex and physical activities

Type d'activité	Sommeil			Repos assis			Exercice léger			Exercice dur			
Age ↓	Paramètres respiratoires →	f_R min ⁻¹	V_T l	\dot{V}_E m ³ h ⁻¹	f_R min ⁻¹	V_T l	\dot{V}_E m ³ h ⁻¹	f_R min ⁻¹	V_T l	\dot{V}_E m ³ h ⁻¹	f_R min ⁻¹	V_T l	\dot{V}_E m ³ h ⁻¹
3 mois		38	0,040	0,09	-	-	-	48	0,065	0,19	-	-	-
1 an		34	0,075	0,15	36	0,100	0,22	46	0,125	0,35	-	-	-
5 ans		23	0,174	0,24	25	0,210	0,32	39	0,240	0,57	-	-	-
10 ans	M	17	0,305	0,31	19	0,330	0,38	32	0,580	1,12	44	0,840	2,22
	F										46	0,670	1,84
15 ans	M	14	0,500	0,42	15	0,530	0,48	23	1,00	1,38	36	1,350	2,92
	F	14	0,420	0,35	16	0,420	0,40	24	0,90	1,30	38	1,130	2,57
Adulte	M	12	0,625	0,45	12	0,750	0,54	20	1,25	1,50	26	1,920	3,00
	F	12	0,450	0,32	14	0,460	0,39	21	1,00	1,26	33	1,365	2,70

f_R = fréquence, V_T = volume courant, \dot{V}_E = débit ventilatoire, M = masculin, F = féminin, d'après [3-4, 6-10, 24, 27].

TABLEAU V
 Volumes d'air respirés par les adultes-types dans les différentes situations d'une journée moyenne d'une semaine normale
 (samedi et dimanche compris)
 Alr volumes inhaled by standard adults in the various situations of an average day in a normal week
 (Saturday and Sunday included)

Situation	Activité	Adultes de plus de 17 ans											
		Femme à la maison				Employé sédentaire				Travail dur			
		h-j ⁻¹	l-min ⁻¹	h-j ⁻¹	l-min ⁻¹	h-j ⁻¹	l-min ⁻¹	h-j ⁻¹	l-min ⁻¹	h-j ⁻¹	l-min ⁻¹	h-j ⁻¹	l-min ⁻¹
	Sommeil	8,5	5,4	8,5	7,5	8,5	5,4	8,5	7,5	8,5	7,5	8,5	7,5
A la maison	Travail maison, temps libre, etc.	13,5	16 ⁽¹⁾	7	20 ⁽¹⁾	9,5	16 ⁽¹⁾	7	20 ⁽¹⁾	7	20 ⁽¹⁾	7	20 ⁽¹⁾
Intérieur	Total	15,714	15,714	12,225	11,874	12,225	11,874	12,225	12,225	12,225	12,225	12,225	12,225
Au travail ou ailleurs	Travail et autres	1	16 ⁽¹⁾	6,5	20 ⁽¹⁾	4	16 ⁽¹⁾	1	20 ⁽¹⁾	1	20 ⁽¹⁾	1	20 ⁽¹⁾
	Total	0,960	0,960	7,800	3,840	7,800	3,840	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
Total	m³-j⁻¹	16,674	16,674	20,025	15,714	20,025	15,714	13,425	13,425	13,425	13,425	13,425	13,425
	Travail dur											6	28 ⁽³⁾
Extérieur	Voyage, sport, etc	1	18 ⁽²⁾	2	22 ⁽²⁾	2	18 ⁽²⁾	1,5	22 ⁽²⁾	1,5	22 ⁽²⁾	1,5	22 ⁽²⁾
Total	m³-j⁻¹	1,080	1,080	2,640	2,160	2,640	2,160	1,980	1,980	1,980	1,980	12,060	12,060
Mines								6	28 ⁽³⁾				
Total	m³-j⁻¹							10,080	10,080				
Quotidien Total général	m³-j⁻¹	17,754	17,754	22,665	17,874	22,665	17,874	25,485	25,485	25,485	25,485	25,485	25,485
ICRP 23 (1975)	m ³ -j ⁻¹	(21,120)	(21,120)	(22,800)	(21,120)	(22,800)	(21,120)						
ICRP 50 (1987), UNSCEAR (1982), (1988)								(19,975)	(19,975)				

Débit ventilatoire : (1) = 1/3 assis + 2/3 exercice léger ; (2) = 4/8 assis + 3/8 exercice léger + 1/8 exercice dur ; (3) = 7/8 exercice léger + 1/8 exercice dur.

TABLEAU VI

Volumes d'air respirés par les enfants aux âges choisis par la CIPR dans les différentes situations d'une journée moyenne d'une semaine normale (samedi et dimanche compris)
 Air volumes inhaled by children at ICRP ages in the various situations of an average day in a normal week (Saturday and Sunday included)

Situation	Activité	Enfants âgés de :										
		3 mois	1 an	5 ans	10 ans	15 ans						
à la maison	Sommeil	17	1,52	14	2,55	12	4	10	5,2	10	6,5	
	Travail maison, temps libre, etc.	7	3,12	5	5(1)	6	8,1(1)	8	14,5(1)	8	16(1)	
	Total		2,86		3,642		5,796		10,080		11,580	
à l'école ou ailleurs	Travail et autres			4	5(1)	3	8,1(1)	3	14,5(1)	3	16(1)	
	Total				1,200		1,458		2,610		2,880	
Total			2,860		4,842		7,254		12,690		14,460	
Extérieur	Voyage, sport, etc			1	5(1)	3	8,1(2)	3	14,5(2)	3	18(2)	
	Total				0,30		1,458		2,610		3,240	
Quotidien Total général			2,860		5,142		8,712		15,300		17,700	
ICRP 23 (1975)			(0,780) Nouveau-né		(3,780)				(14,784)			

Débit ventilatoire : (1) = 1/3 assis + 2/3 exercice léger ; (2) = 4/8 assis + 3/8 exercice léger + 1/8 exercice dur.

Pour les enfants, le temps passé à l'école semble plus court dans notre étude (3 h par jour sur toute la semaine) que dans celle de Brown [2] (7 h par jour pendant 5 jours par semaine). Cependant, il est probablement assez voisin, car on peut supposer que les 7 h quotidiennes d'école doivent être interrompues par des récréations à l'extérieur.

La publication 23 de la CIPR [18] recommandait la division de la journée en 3 périodes de 8 h pour l'homme adulte (8 h de sommeil avec une ventilation de 7,5 l.min⁻¹, 8 h de travail et 8 h d'autres activités avec une ventilation de 20 l.min⁻¹). Elle donnait aussi des valeurs pour la femme, le nouveau-né et les enfants de 1 et 10 ans. Ensuite, pour les hommes du public, l'UNSCEAR 82 [25] et la Publication 50 de la CIPR [19] ont recommandé les valeurs de 0,75 m³.h⁻¹ pendant 19 h à l'intérieur, et de 1 m³.h⁻¹ pendant 5 h à l'extérieur. Ces chiffres ont été simplifiés par l'UNSCEAR 88 [26] en fixant la ventilation à 0,8 m³.h⁻¹ pour tous les adultes et dans toutes les situations.

Pour les adultes, il y a peu d'écart entre les volumes moyens journaliers d'air respirés fournis ainsi par la CIPR et par l'UNSCEAR et ceux calculés par notre méthode. En revanche, pour l'enfant de moins de 10 ans, les volumes fixés par la Publication 23 sont environ la moitié de ceux que nous avons calculés.

4. Conclusion

Pour mettre en œuvre les recommandations de la CIPR concernant l'exposition, aussi bien des personnes du public que des travailleurs, aux substances inhalées, des paramètres détaillés de ventilation et d'emploi du temps ont été revus en détail à l'aide de données récentes. Les débits de ventilation varient en fonction du poids et donc de l'âge des individus et aussi avec leur activité physique ; on peut ainsi définir des valeurs standard. L'emploi du temps des différentes catégories de personnes de la population basé sur les enquêtes françaises semble utilisable pour d'autres pays occidentaux (Europe, USA...) jouissant d'un climat tempéré.

Par comparaison avec les volumes d'air respirés quotidiennement et calculés par cette méthode, les valeurs publiées auparavant par la CIPR étaient peu différentes pour l'adulte et l'enfant de 10 ans, mais deux fois plus faibles pour les enfants plus jeunes. Ceci conduisait à une sous-estimation de leur exposition aux radionucléides inhalés et de leur incorporation. □

Remerciements : Ce travail a été financé en partie par la Commission des Communautés Européennes, DG12 : Contrat F 13 PCT920064A – Inhalation and ingestion of radionuclides.

RÉFÉRENCES

- [1] ANDERSON E., BRAUNE N., DUTLESKY S., RAMIG J., WARRI T. – Development of statistical distributions of ranges of standard factors in exposure assessments (EPA 600/8.85/010). Washington D.C. : Environmental protection agency, 1985.
- [2] BROWN L. – National radiation survey in the UK : indoor occupancy factors. *Radiat. Prot. Dosim.*, 1983, 5, 203-208.
- [3] COOPER D.M., WEILER-RAVELL D. – Gas exchange response to exercise in children. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1984, 129, Suppl. S47-S48.
- [4] COTES J.E. – Lung function assessment and application in medicine. Oxford : Blackwell, 1979.
- [5] DEJOURS P. – Physiologie de la respiration. Paris : Flammarion Médecine Sciences, 1982.
- [6] FLANDROIS R., GRANDMONTAGNE H., MAYET M.H., FAVIER R., FRUTOSO J. – La consommation d'oxygène maximale chez le jeune français, sa variation avec l'âge, le sexe et l'entraînement. *J. Physiol.*, Paris, 1982, 78, 186-194.
- [7] GAULTIER C. – Développement des volumes pulmonaires pendant les 36 premiers mois de la vie chez l'homme. Thèse de doctorat en biologie humaine, CHU St-Antoine, Paris, 1978.
- [8] GAULTIER C., PERRET L., BOULE N., BUVRY A., GIRARD F. – Occlusion pressure and breathing pattern in healthy children. *Respir. Physiol.*, 1981, 46, 71-80.
- [9] GODFREY S. – Exercise testing in children. Londres : Saunders, 1973.
- [10] GODFREY S., DAVIES C.T.M., WOZNIAK E., BARNES C.A. – Cardio-respiratory response to exercise in normal children. *Clin. Sci.*, 1971, 40, 419-431.
- [11] INSTITUT MEDIAMETRIE. – Le livre de l'audience 1990. Paris : J. Aglietta, 1991.
- [12] INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES (INSEE). – Contours et caractères. Les jeunes de 15 à 24 ans. Paris : INSEE, 1988.
- [13] INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES (INSEE). ARNAL N., DUMONTIER F., PAIRE R. – Les téléspectateurs. *Econ. Stat.*, 1989, n° 227.
- [14] INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES, (INSEE). GALLAND O. – La vie quotidienne des jeunes du lycée au mariage. *Econ. Stat.*, 1989, n° 223.
- [15] INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES, (INSEE). GARRIGUES P. – Une France un peu plus sportive qu'il y a 20 ans, grâce aux femmes. *Econ. Stat.*, 1989, n° 224.
- [16] INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES, (INSEE). GRIMIER G. – Des journées les plus contraignantes aux journées les plus pénibles. *Econ. Stat.*, 1989, n° 227.
- [17] INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES, (INSEE). ROY C. – La gestion du temps des hommes et des femmes, des actifs et des inactifs. *Econ. Stat.*, 1989, n° 223.
- [18] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). – Reference man, anatomical, physiological and metabolic characteristics (ICRP Publication 23). Oxford : Pergamon press, 1975.
- [19] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP). – Lung cancer risk from indoor exposures to radon daughters (ICRP Publication 50). Oxford : Pergamon press, 1987.

- [20] MONOD H., FLANDROIS R. – *Physiologie du sport*. Paris : Masson, 1985.
- [21] MOSCHANDREAS D.J. – Exposure to pollutants and daily time budgets of people. *Bull. N.Y. Acad. Med.*, 1981, 57 (10), 845-859.
- [22] OFFICE NATIONAL D'INFORMATION SUR LES ENSEIGNEMENTS ET LES PROFESSIONS (ONISEF) et MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE. – *Guide de la scolarité de la maternelle à l'université*. Paris : Livre de poche, 1987.
- [23] SCHERRER J. – *Précis de physiologie du travail. Notions d'ergonomie*. Paris : Masson, 1981.
- [24] TAUSSIG L.M., HARRIS T.R., LEBOWITZ M.D. – Lung function in infants and young children. *Am. Rev. Respir. Dis.*, 1977, 116, 233-239.
- [25] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR). – *Ionizing radiations : sources and biological effects*. (UN Publication E.82. IX.8) New York : United Nations, 1982.
- [26] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION (UNSCEAR). – *Sources, effects and risks of ionizing radiation*. (UN Publication E.88. IX.7). New York : United Nations, 1988.
- [27] ZAPLETAL A. – *Lung function testing in children and adolescents (H. Herzog series)*. Bâle : Karger, 1987.