

*Santé travail*

Sumex 2

# Réalisation d'une matrice emplois-expositions à partir des données de l'enquête Sumer 2003

# Sommaire

<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>Données et méthodes</b>	<b>3</b>
L'enquête Sumer 2003	3
Données utilisées	3
Nuisances chimiques	3
Contraintes physiques	6
Contraintes organisationnelles	6
Méthodes statistiques	7
Prise en compte de la structure hiérarchique des nomenclatures PCS et NAF	7
Construction de la matrice	8
<b>Résultats</b>	<b>9</b>
Nuisances chimiques	9
Exposition aux persulfates	11
Contraintes physiques	12
Contraintes organisationnelles	13
<b>Utilisation et mise à disposition des matrices</b>	<b>14</b>
Références bibliographiques	15
Annexes	16
Annexe 1 - Nuisances chimiques	17
Annexe 2 - Contraintes physiques	64
Annexe 3 - Contraintes organisationnelles	66

## Sumex 2

# Réalisation d'une matrice emplois-expositions à partir des données de l'enquête Sumer 2003

### Rédaction du rapport :

Danièle Luce (Département santé travail, Institut de veille sanitaire)  
Alice Guéguen (Institut de la santé et de la recherche médicale, Unité 687)

### Analyse des données :

Marie Houot (Département santé travail, Institut de veille sanitaire)  
Sylvie Julliard (Département santé travail, Institut de veille sanitaire)

### Groupe de travail Sumex :

#### Département santé travail, Institut de veille sanitaire

Marcel Goldberg  
Marie Houot  
Ellen Imbernon  
Sylvie Julliard  
Danièle Luce

#### Institut de la santé et de la recherche médicale, Unité 687

Alice Guéguen

#### Équipe Sumer

Nicole Guignon (Dares)  
Marie-Christine Floury (Dares)  
Nicolas Sandret (DGT)

### Remerciements :

Joëlle Févotte (Umrestte - Département santé travail, Institut de veille sanitaire)

# Introduction

Une matrice emplois-expositions donne la correspondance entre des intitulés d'emplois (en général définis par la combinaison d'une profession et d'un secteur d'activité) et des indices d'exposition à une ou plusieurs nuisances. Parmi les outils permettant d'évaluer les expositions professionnelles, les matrices emplois-expositions présentent des avantages certains, notamment la possibilité d'être utilisées dans des études épidémiologiques à grande échelle, ou leur utilisation comme aide au repérage des expositions attachées à une profession ou à un secteur d'activité par les préventeurs et les médecins du travail.

Deux approches principales sont utilisées pour construire les matrices emplois-expositions [1]. Elles peuvent être construites *a priori* en s'appuyant sur l'expertise de spécialistes qui révisent systématiquement tous les emplois et attribuent à chacun d'eux, pour chaque agent toxique pris en considération, divers indices caractérisant leur exposition habituelle : intensité et fréquence, ainsi que la probabilité, c'est-à-dire la proportion de travailleurs occupant l'emploi considéré qui sont effectivement exposés. C'est sur cette méthode, habituellement utilisée pour des matrices applicables en population générale, qu'est basé le programme Matgéné du Département santé travail [2].

Lorsque l'on dispose de mesures représentatives de l'exposition des travailleurs, il est possible de construire une matrice emplois-expositions *a posteriori*, en regroupant les emplois de façon à constituer des groupes d'emplois homogènes en termes d'exposition, tout en cherchant le meilleur contraste possible entre les différents groupes ainsi constitués.

Les enquêtes Sumer permettent de recueillir auprès d'un large échantillon de salariés français des informations sur les expositions à des nuisances diverses [3]. Une matrice emplois-expositions pour les agents chimiques (Sumex) avait été réalisée à partir des données de l'enquête Sumer 1994, à l'aide d'une méthode de segmentation (méthode CART) adaptée pour la prise en compte de variables hiérarchiques, qui permettait d'optimiser les regroupements d'emplois pour obtenir des groupes où l'exposition est homogène [4].

L'objectif est ici la constitution d'une matrice emplois-expositions (Sumex 2) à partir des données de l'enquête Sumer 2003, avec une méthode comparable à celle utilisée pour la réalisation de la matrice Sumex. Ce travail porte principalement sur les agents chimiques, mais la faisabilité d'utiliser la méthode pour réaliser une matrice pour d'autres types de nuisances (nuisances physiques, contraintes organisationnelles) a également été étudiée.

## L'ENQUÊTE SUMER 2003

L'enquête Sumer, copilotée par la Dares et la DRT (Inspection médicale du travail), est une enquête transversale qui décrit les expositions professionnelles des salariés français. L'enquête s'est déroulée de juin 2002 à fin 2003. Une enquête précédente avait été réalisée avec la même méthodologie en 1994. Les données sont recueillies par les médecins du travail lors de la visite périodique. L'enquête couvre les salariés du régime général, de la Mutualité sociale agricole (MSA), des hôpitaux publics, d'EDF-GDF, de la Poste, de la SNCF et d'Air France, soit environ 80 % des salariés français. L'échantillon de 48 885 sujets est représentatif de la population couverte par le champ de l'étude.

Le questionnaire permet de recueillir des informations sur les contraintes organisationnelles et relationnelles, les ambiances et contraintes physiques, les expositions aux agents biologiques et aux agents chimiques. Les expositions aux nuisances chimiques et aux pénibilités sont recensées pendant la dernière semaine travaillée. En revanche, les questions sur les contraintes organisationnelles font référence à la situation habituelle de travail.

## DONNÉES UTILISÉES

Les données utilisées pour construire la matrice sont, pour les 48 885 sujets de l'enquête Sumer 2003 : la profession du salarié, codée avec la nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles (PCS) 2003 à 4 caractères ; le secteur d'activité de l'employeur, codé avec la nomenclature d'activités françaises (NAF) 2003 à 4 caractères ; et les variables d'exposition (nuisances chimiques, physiques et contraintes organisationnelles). La matrice a été réalisée à partir des données brutes (sans pondération). Par conséquent, les fréquences d'exposition sont donc légèrement différentes des fréquences pondérées présentées habituellement dans les résultats de l'enquête Sumer 2003. Les variables d'exposition sont détaillées ci-dessous.

## NUISANCES CHIMIQUES

Les 83 nuisances chimiques recensées dans le questionnaire ont été prises en compte. Le tableau 1 donne la liste de ces nuisances, avec pour chacune le nombre et la proportion d'exposés observés dans l'enquête. Les sujets ont été considérés comme exposés dès que la nuisance était présente au poste de travail, quelles que soient la durée et l'intensité de l'exposition.

TABLEAU 1

## NUISANCES CHIMIQUES DE L'ENQUÊTE SUMER 2003

Nuisance chimique	Nombre d'exposés	% d'exposés
Acide cyanhydrique	138	0,28
Acides minéraux	2 361	4,83
Acides organiques	948	1,94
Bases fortes	1 345	2,75
Ammoniac et solutions aqueuses	1 139	2,33
Essence automobile	1 096	2,24
Autres carburants	2 229	4,56
Formaldéhyde	463	0,95
Autres aldéhydes	757	1,55
Amines aliphatiques	557	1,14
Amines aromatiques	172	0,35
Hydrocarbures aliphatiques hydrogénés	406	0,83
Phénol	247	0,51
Polychlorobiphényles (PCB), polybromobiphényles (PBB)	28	0,06
Nitrosamines	24	0,05
Amiante	333	0,68
Fibres céramiques	297	0,61
Autres fibres minérales artificielles	939	1,92
Fluides aqueux	1 178	2,41
Huiles entières minérales	2 098	4,29
Huiles entières synthétiques	1 644	3,36
Fumées de dégradation thermique des matières plastiques	439	0,90
Fumées de vulcanisation	132	0,27
Fumées de soudage	1 712	3,50
Gaz d'échappement diesel	2 069	4,23
Gaz d'échappement autres	1 409	2,88
Fumées de procédés de métallurgie	331	0,68
Fumées de combustion de végétaux	131	0,27
Brome, chlore, iode, fluor	729	1,49
Phtalates (DEHP, DIDP, DINP, BBP)	106	0,22
Acrylamide	76	0,16
Acrylates	632	1,29
Résines formophénoliques	129	0,26
Épichlorhydrine	68	0,14
Résines époxydiques	476	0,97
Résines polyesters	236	0,48
Isocyanates monomères	713	1,46
Autres résines	394	0,81
Cytostatiques	257	0,53
Médicaments allergisants	876	1,79
Arsenic	43	0,09
Cadmium	84	0,17
Carbures métalliques frittés	113	0,23
Chrome	355	0,73
Cobalt	155	0,32
Nickel	295	0,60
Oxyde de fer	507	1,04
Plomb	379	0,78
Autres métaux	574	1,17
Oxyde d'éthylène	21	0,04
Ozone	164	0,34
Persulfates	232	0,47
Autres oxydants	2 320	4,75
Poussières animales	333	0,68
Poussières de bois	968	1,98

Nuisance chimique	Nombre d'exposés	% d'exposés
Poussières végétales	949	1,94
Silice cristalline	738	1,51
Autres poussières minérales	610	1,25
Fongicides	407	0,83
Herbicides	272	0,56
Insecticides organophosphorés	197	0,40
Autres insecticides	307	0,63
Méthanol	660	1,35
Autres alcools (éthanol...)	3 290	6,73
n-Méthylpyrrolidone (NMP)	104	0,21
Autres cétones	1 824	3,73
Éthers de glycol (dérivés de l'éthylène glycol)	589	1,20
Éthers de glycol (dérivés du propylène glycol)	617	1,26
n-hexane	240	0,49
Benzène	151	0,31
Styrène	134	0,27
Toluène	747	1,53
Chlorure de méthylène	264	0,54
Perchloroéthylène	120	0,25
Trichloroéthylène	439	0,90
White-spirits, solvants naphta	2 748	5,62
Hydrocarbures terpéniques	188	0,38
Diméthylformamide	122	0,25
Tétrahydrofurane	169	0,35
Autres solvants	781	1,60
Ciment	1 133	2,32
Goudrons de houille	286	0,59
Tensio-actifs	4 613	9,44

Des catégories plus larges de nuisances ont également été utilisées, comme par exemple les solvants pétroliers, les hydrocarbures polycycliques aromatiques, les éthers de glycol, afin d'estimer les

expositions à des familles de produits. Les nuisances incluses dans chacune de ces catégories sont indiquées dans le tableau 2, avec le nombre et la proportion d'exposés.

TABLEAU 2

DÉFINITION DES FAMILLES DE NUISANCES CHIMIQUES UTILISÉES

Famille	Nuisances incluses	Nombre d'exposés	% d'exposés
Alcools	Méthanol, autres alcools (éthanol, butanol, isopropanol...)	3 632	7,4
Bases	Bases fortes, ammoniac	2 171	4,4
Carburants	Essence automobile, autres carburants	2 608	5,3
Éthers de glycol	Dérivés de l'éthylène glycol ou du propylène glycol	1 022	2,1
Fluides de lubrification et de refroidissement	Fluide aqueux, huiles entières minérales et synthétiques	3 573	7,3
Formaldéhyde et dérivés	Formaldéhyde, résines formophénoliques	576	1,2
Gaz et fumées de matières plastiques/caoutchouc	Fumées de dégradation des matières plastiques et de vulcanisation	546	1,1
Gaz d'échappement	Gaz d'échappement de moteurs diesel et autres gaz d'échappement	2 484	5,1
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (définition restrictive)	Gaz d'échappement diesel et autres, fumées de la métallurgie, goudrons, bitumes	2 956	6
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (définition large)	HAP (restrictif), fumées matières plastiques, fluides lubrification et refroidissement, fumées de combustion de végétaux	5 683	11,6
Hydrocarbures chlorés	Perchloréthylène, trichloréthylène	532	1,1
Hydrocarbures aromatiques	Benzène, toluène	836	1,7
Insecticides	Insecticides organophosphorés, autres insecticides	383	0,8
Poussières minérales	Silice cristalline, autres poussières minérales, ciment	2 117	4,3
Poussières organiques	Poussières animales, végétales, bois	2 061	4,2
Résines plastiques	Phtalates, acrylamide, acrylates, résines phénol formol, épichlorhydrine, résines époxy, polyester, isocyanates, résines plastiques autres, styrène	2 037	4,2
Solvants pétroliers	White spirit, benzène, toluène	3 269	6,7
Tous solvants	Alcool, cétones, éthers de glycol, hexane, benzène, toluène, perchloréthylène, trichloréthylène, white spirit, terpène, diméthylformamide, tétrahydrofurane, autres solvants	7 385	15,1

## CONTRAINTES PHYSIQUES

Trois nuisances physiques ont été considérées : l'exposition au bruit, à la chaleur et au froid. Ont été considérés comme exposés au bruit les sujets exposés à un niveau sonore supérieur à 85 décibels (quelle que soit la durée) ou à un bruit comportant des chocs ou des impulsions

plus de 20 h/semaine ; comme exposés à la chaleur ou au froid, les sujets pour lesquels le processus de production imposait un travail à respectivement plus de 24 °C ou moins de 15 °C (quelle que soit la durée). Les nombres et proportions d'exposés sont présentés dans le tableau 3.

TABLEAU 3

CONTRAINTES PHYSIQUES ÉTUDIÉES

Contrainte	Nombre d'exposés	% d'exposés
Bruit >85 dB ou bruit comportant des chocs ou des impulsions plus de 20 h/semaine	898	1,8
Travail à plus de 24 °C	2 734	5,6
Travail à moins de 15 °C	2 554	5,2

## CONTRAINTES ORGANISATIONNELLES

Plusieurs variables caractérisant le temps de travail, les rythmes de travail et les contacts avec le public ont été utilisées. Ces variables, avec

la définition de l'exposition et la proportion d'exposés, sont présentées dans le tableau 4.

TABLEAU 4

## CONTRAINTES ORGANISATIONNELLES ÉTUDIÉES

Contrainte	Nombre d'exposés	% d'exposés
Travail en équipes (travail posté)	8 808	18,00
Travail le dimanche ou jour férié	16 309	33,40
Travail de nuit	12 015	24,60
Horaires différents d'un jour à l'autre	10 727	21,90
Horaires déterminés par l'entreprise <sup>1</sup>	31 550	64,50
Horaires à la carte <sup>2</sup>	7 260	14,90
Horaires libres <sup>3</sup>	38 877	20,50
Horaires non connus pour le lendemain	2 699	5,50
Ne disposent pas de 48h consécutives de repos	6 797	13,90
Astreintes	5 900	12,10
Polyvalence	11 954	24,50
Contact avec le public	32 959	67,40
Tensions avec le public (en permanence ou régulièrement)	5 057	10,30

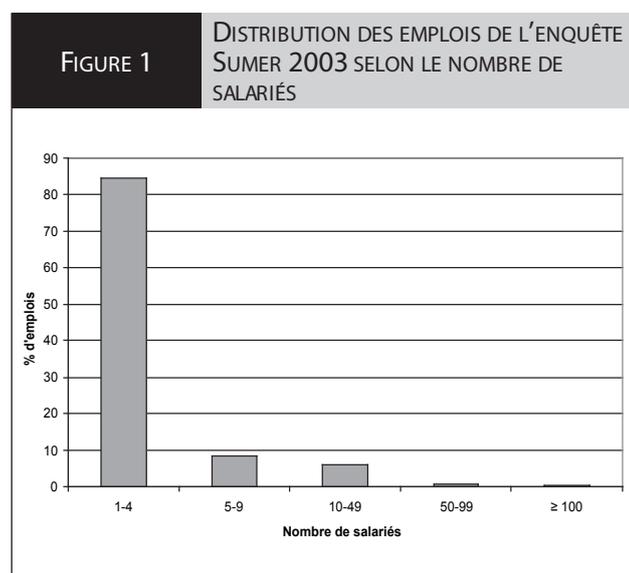
<sup>1</sup> Fixés par l'entreprise sans possibilité de choix.

<sup>2</sup> Choix entre plusieurs horaires fixes proposés par l'entreprise ou horaires modifiables dans un système horaires à la carte.

<sup>3</sup> Déterminés par le salarié lui-même.

## MÉTHODES STATISTIQUES

L'objectif est d'obtenir pour chaque emploi et pour une nuisance donnée, la proportion d'exposés et d'autres indices caractérisant l'exposition. Un emploi est défini comme une combinaison de la profession et du secteur d'activité. Dans l'enquête Sumer 2003, on observe 11 725 emplois (combinaisons profession activité) différents. Une très grande majorité de ces emplois est représentée par peu de sujets : 87 % des emplois sont représentés par 5 salariés ou moins et seulement 47 emplois sont représentés par 100 salariés ou plus (figure 1). Pour que les estimations fournies soient fiables, il est donc nécessaire de regrouper les emplois.



Les regroupements d'emplois ont été effectués à l'aide de la méthode de segmentation CART [5,6]. Cette méthode permet

d'obtenir une partition de la population en classes homogènes vis-à-vis de l'exposition. Elle est basée sur la construction d'un arbre de segmentation, obtenu par divisions binaires successives de l'ensemble des salariés, en sous-ensembles appelés nœuds de l'arbre. À chaque étape, un nœud est divisé en deux nœuds descendants à l'aide de la variable qui sépare au mieux les salariés vis-à-vis de l'exposition. La règle de division est basée sur la notion d'impureté. L'impureté d'un nœud est minimum lorsque le nœud ne comprend que des exposés ou que des non exposés. Le critère de division utilisé maximise la réduction de l'impureté, tout en favorisant les divisions conduisant à des nœuds de taille équilibrée. L'arbre optimal est sélectionné par une procédure de validation croisée. Les nœuds terminaux de cet arbre constituent les classes d'exposition.

La qualité explicative d'un arbre est mesurée par son coût relatif, la somme pondérée des impuretés des nœuds terminaux divisée par l'impureté du nœud racine (comprenant l'ensemble de la population). Le coût relatif varie entre 0 et 1. La valeur 0 correspond à un arbre parfait dont l'impureté dans les nœuds terminaux est nulle et la valeur 1 correspond à un arbre n'apportant aucune information.

### Prise en compte de la structure hiérarchique des nomenclatures PCS et NAF

Le logiciel de segmentation utilisé gère des variables nominales et ne prend pas en compte de variables hiérarchiques. Il est donc nécessaire de construire de nouvelles variables permettant de conserver la structure hiérarchique des codes NAF et PCS.

Les deux nomenclatures NAF et PCS sont composées de variables hiérarchiques à 5 niveaux. On suppose qu'une division peut s'effectuer à l'un quelconque des cinq niveaux.

Par exemple, le premier niveau de la nomenclature NAF comprend 17 modalités (17 sections). Si la division est effectuée au niveau 1, la variable hiérarchique est une variable nominale à 17 modalités et fournit  $2^{16} - 1$  divisions admissibles comme le ferait n'importe quelle variable nominale, dont par exemple la division qui oppose les sections {A, D, M} aux autres sections. Ces divisions peuvent être explorées à l'aide d'une variable nominale à 17 modalités.

Si la division est effectuée au niveau 2, elle sépare les observations qui présentent des modalités dépendant d'une seule modalité du premier niveau, de toutes les autres observations. Par exemple, si on s'intéresse aux divisions admissibles issues de la section D, on compte 14 sous-sections issues de D notées {DA, DB, ..., DN} qui conduisent à  $2^{14} - 2$  divisions de niveau 2 issues de la modalité D, dont par exemple la division qui oppose les sous-sections {DC, DD, DE, DG} à toutes les autres sous-sections. Ces divisions peuvent être explorées à l'aide d'une variable nominale à 15 modalités {0(D), DA, DB, ..., DN} où 0(D) représente l'ensemble des sections autres que D.

Au troisième, quatrième et cinquième niveau, on procède de manière similaire en créant de nouvelles variables nominales.

Au total, 324 variables nominales ont été créées pour explorer les nomenclatures : 199 pour la NAF et 125 pour la PCS.

## Construction de la matrice

Pour chacune des nuisances chimiques, contraintes physiques et contraintes organisationnelles étudiées, un arbre de segmentation a été construit. Les variables explicatives sont les 324 variables nominales permettant de décrire les nomenclatures PCS et NAF définies ci-dessus. Les nœuds terminaux d'un arbre constituent les classes d'exposition. Pour chaque classe d'exposition, on dispose des codes PCS et NAF des professions et secteurs inclus dans la classe, du nombre de salariés de l'enquête Sumer 2003 et de la proportion d'exposés. Trois indices d'exposition ont également été calculés : la durée moyenne d'exposition, l'intensité moyenne, le score d'exposition.

Il faut noter que le regroupement des emplois est basé uniquement sur la fréquence d'exposition. Les autres indices (durée, intensité, score) sont calculés *a posteriori* à partir des données individuelles des salariés exposés inclus dans chaque classe. Pour chaque salarié exposé, l'enquête Sumer donne la durée et l'intensité d'exposition en catégories. Les durées et intensités moyennes des salariés de chaque classe d'exposition ont été calculées en assignant à chaque sujet une valeur de durée et d'intensité correspondant approximativement au centre de la catégorie pour la durée et respectant la proportionnalité entre catégories pour l'intensité. Les durées et intensités moyennes ont ensuite été regroupées en 4 catégories (tableau 5).

Catégorie de durée (h/semaine)	Valeur de durée assignée	Catégorie d'intensité*	Valeur d'intensité assignée	Catégories de durée moyenne	Catégories d'intensité moyenne
<2 h	1	très faible	0,1	<2 h	très faible : <0,175
2-10 h	5	<50 % de la VLE	0,25	[2-10[ h	faible : [0,175-0,375[
10-20 h	15	~50% de la VLE	0,5	[10-20[ h	forte : [0,375-0,750[
≥20 h	30	>VLE	1	≥20 h	très forte : >0,750

\* Estimée ou mesurée.  
VLE : valeur limite d'exposition.

Le score est une combinaison de la durée et de l'intensité moyenne (tableau 6).

Durée moyenne	Intensité moyenne			
	Très faible	Faible	Forte	Très forte
Moins de 2 heures	Très faible	Très faible	Faible	Moyen
De 2 à moins de 10 heures	Très faible	Faible	Moyen	Fort
De 10 à moins de 20 heures	Faible	Moyen	Fort	Très fort
20 heures ou plus	Moyen	Fort	Très fort	Très fort

La méthode utilisée permet d'obtenir une matrice spécifique pour chaque nuisance. Les lignes de la matrice sont toutes les combinaisons possibles PCS et NAF (soit 323 960 lignes), les colonnes sont le nombre de salariés de cette classe observés dans Sumer 2003, le pourcentage d'exposés, la durée moyenne, l'intensité moyenne et la distribution

du score d'exposition en 5 catégories. Les durées, intensités et scores d'exposition n'ont cependant pas été calculés pour les familles de nuisances chimiques.

## NUISANCES CHIMIQUES

Pour 12 nuisances, la méthode de segmentation utilisée n'a pas permis d'obtenir un arbre satisfaisant. Il s'agit essentiellement de nuisances retrouvées dans de nombreuses professions et activités différentes et/ou pour lesquelles la fréquence d'exposition est très faible : acrylamide, arsenic, cadmium, epichlorhydrine, hydrocarbures terpéniques, nitrosamines, NMP, oxyde d'éthylène, ozone, PCB, PBB, résines formophénoliques, styrène.

Pour les autres nuisances et familles de nuisances, le regroupement des emplois obtenu par segmentation peut être considéré comme satisfaisant. Les résultats sont résumés dans le tableau 7, qui donne pour chaque nuisance, le coût relatif et le nombre de classes d'exposition. Le nombre de classes varie de 2 à 149.

TABLEAU 7 RÉSULTATS DE LA CLASSIFICATION POUR LES NUISANCES CHIMIQUES		
Nuisances	Coût de la classification	Nombre de classes d'exposition
Acide cyanhydrique	0,984	4
Acides minéraux	0,893	54
Acides organiques	0,918	20
Bases fortes	0,929	52
Ammoniac et solutions aqueuses	0,884	19
Essence automobile	0,775	25
Autres carburants	0,778	42
Formaldéhyde	0,969	30
Autres aldéhydes	0,890	11
Amines aliphatiques	0,968	15
Amines aromatiques	0,945	5
Hydrocarbures aliphatiques hydrogénés	0,805	5
Phénol	0,997	4
Amiante	0,967	35
Fibres céramiques	0,961	5
Autres fibres minérales artificielles	0,931	11
Fluides aqueux	0,849	16
Huiles entières minérales	0,831	25
Huiles entières synthétiques	0,817	18
Fumées de matières plastiques	0,952	4
Fumées de vulcanisation	0,748	5
Fumées de soudage	0,760	46
Gaz d'échappement diesel	0,749	66
Gaz d'échappement autres	0,694	33
Fumées de procédés de métallurgie	0,890	7
Fumées de combustion de végétaux	0,960	7
Brome, chlore, iode, fluor	0,945	8
Phtalates (DEHP, DIDP, DINP, BBP)	0,999	11
Acrylates	0,954	19
Résines époxydiques	0,962	12
Résines polyesters	0,959	5
Isocyanates monomères	0,902	20
Autres résines	0,936	7
Cytostatiques	0,869	14
Médicaments allergisants	0,739	13
Carbures métalliques frittés	0,969	6
Chrome	0,931	28
Cobalt	0,944	6
Nickel	0,938	27

Nuisances	Coût de la classification	Nombre de classes d'exposition
Oxyde de fer	0,957	4
Plomb	0,981	6
Autres métaux	0,958	26
Persulfates	0,461	3
Autres oxydants	0,836	26
Poussières animales	0,877	10
Poussières de bois	0,728	37
Poussières végétales	0,824	26
Silice cristalline	0,903	23
Autres poussières minérales	0,965	8
Fongicides	0,915	17
Herbicides	0,900	5
Insecticides organophosphorés	0,978	7
Autres insecticides	0,968	8
Méthanol	0,940	25
Autres alcools	0,847	47
Autres cétones (sauf NMP)	0,866	32
Éthers de glycol (dérivés de l'éthylène glycol)	0,985	4
Éthers de glycol (dérivés du propylène glycol)	0,971	19
N-hexane	0,997	2
Benzène	0,938	5
Toluène	0,942	22
Chlorure de méthylène	0,980	5
Perchloroéthylène	0,915	5
Trichloroéthylène	0,995	2
White-spirits, solvants naphta	0,815	41
Diméthylformamide	0,959	16
Tétrahydrofurane	0,975	9
Autres solvants	0,938	27
Ciment	0,623	32
Goudrons de houille	0,918	4
Tensio-actifs	0,691	61
Alcools	0,838	51
Bases	0,884	55
Carburants	0,746	59
Éthers de glycol	0,961	48
Fluides de lubrification et de refroidissement	0,687	55
Formaldéhyde et dérivés	0,976	53
Gaz et fumées de matières plastiques/caoutchouc	0,889	4
Gaz d'échappement	0,737	78
HAP (définition large)	0,690	105
HAP (définition restrictive)	0,746	97
Hydrocarbures chlorés	0,985	10
Hydrocarbures aromatiques	0,939	14
Insecticides	0,943	11
Poussières minérales	0,709	66
Poussières organiques	0,759	65
Résines plastiques	0,853	52
Solvants pétroliers	0,800	40
Tous solvants	0,753	149

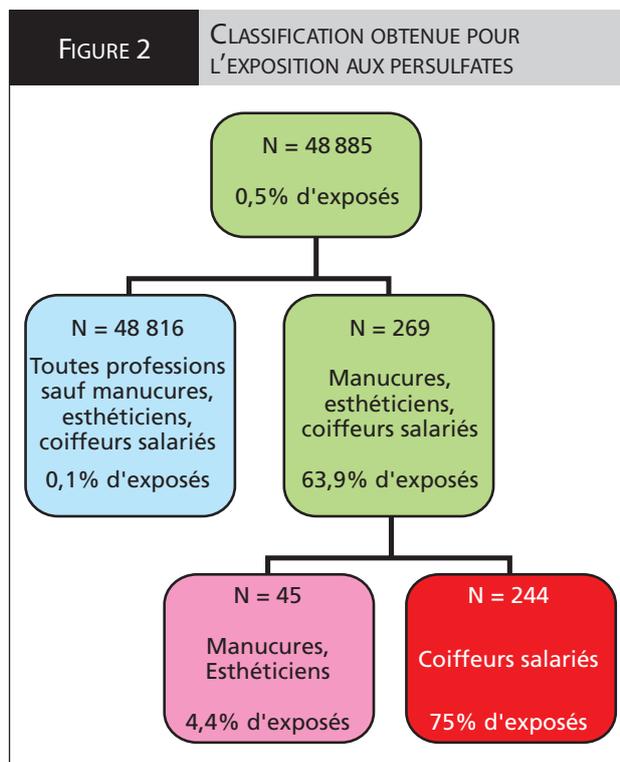
Le coût relatif varie de 0,461 à 0,999 selon les agents chimiques. La qualité de la classification est médiocre (le coût relatif est élevé) pour des nuisances dispersées dans de nombreux emplois au sein desquels la proportion d'exposés reste faible ; elle est meilleure pour des nuisances concentrées dans un petit nombre d'emplois comportant une forte proportion d'exposés.

Les figures présentées en annexe 1 donnent, pour chaque nuisance, le pourcentage d'exposés dans chaque classe d'exposition ainsi que le nombre de salariés de la classe. On constate que la méthode permet de bien séparer des classes d'exposition contrastées. Les classes ayant les effectifs les plus importants sont en général celles qui présentent les fréquences d'exposition les plus basses, alors que les classes présentant des fortes fréquences d'exposition ont des effectifs faibles : ceci est attendu, car on oppose les emplois où sont concentrés les salariés exposés à des nuisances, à ceux comprenant essentiellement des non exposés.

La description des arbres et des classes d'exposition est trop longue et fastidieuse pour être présentée pour chaque nuisance. Pour illustrer la méthode, les résultats concernant l'exposition aux persulfates, relativement simples, sont présentés de façon détaillée en figure 2. À titre d'exemple de situations plus complexes, l'arbre correspondant à l'exposition aux gaz d'échappement diesel est présenté de façon schématique dans la figure 3.

## Exposition aux persulfates

L'arbre obtenu pour l'exposition aux persulfates présente deux divisions successives amenant à une partition de la population en trois classes (figure 2).



Sur l'ensemble des 48 885 salariés, la proportion d'exposés est de 0,5 %. La première division porte sur la profession et sépare les manucures, coiffeurs et esthéticiens (269 sujets, 63,9 % d'exposés) de l'ensemble des autres salariés, qui forment la première classe d'exposition (0,1 % d'exposés). La seconde division sépare les coiffeurs (75 % d'exposés) des manucures et esthéticiens (4,4 % d'exposés). On obtient donc finalement trois classes d'exposition, définies par : toutes PCS sauf 562a et 562b (0,1 % d'exposés), PCS = 562a (4,4 % d'exposés) et PCS = 562b (75 % d'exposés). La définition des classes étant ici basée sur la PCS, il est possible d'extrapoler les résultats aux professions et activités qui ne sont pas représentées dans l'enquête Sumer. Dans la matrice finale pour l'exposition aux persulfates, tous les coiffeurs, quel que soit le secteur d'activité, sont inclus dans la classe d'exposition maximum. Tous les salariés exerçant une profession autre que manucure, coiffeur ou esthéticien (y compris des professions non retrouvées dans l'enquête Sumer), sont inclus dans la classe d'exposition minimum.

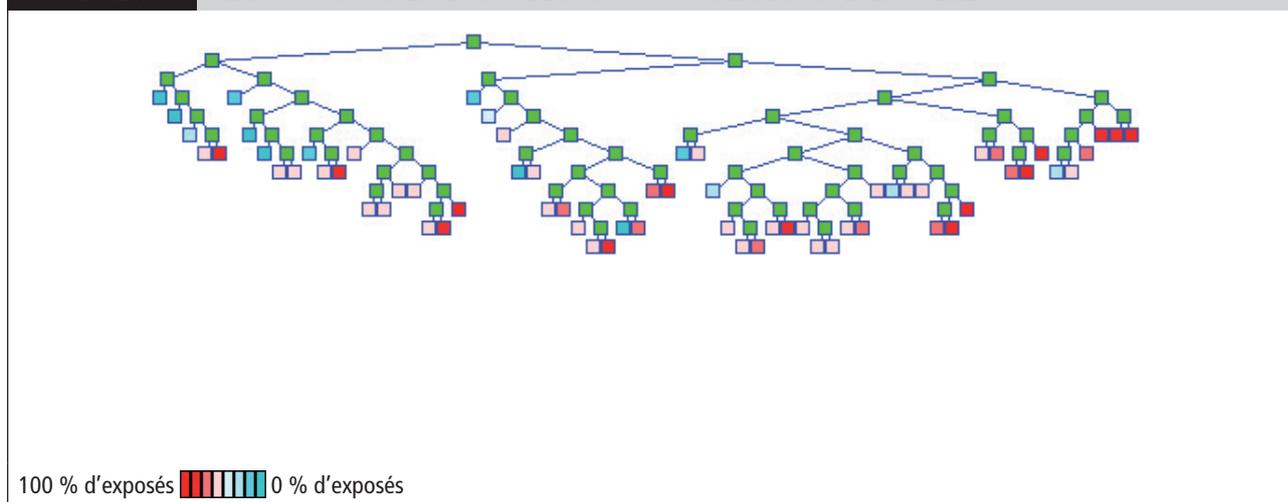
La durée moyenne d'exposition, l'intensité moyenne et la distribution du score d'exposition dans les trois classes d'exposition sont présentées dans le tableau 8.

**TABLEAU 8** DURÉE ET INTENSITÉ DE L'EXPOSITION AUX PERSULFATES SELON LA CLASSE D'EXPOSITION

Classe d'exposition	N salariés	N exposés	% exposés	Durée moyenne (h/sem)	Intensité moyenne	% score très faible	% score faible	% score moyen	% score fort	% score très fort
Toutes PCS sauf 562a et 562b	48 816	62	0,13	[2-10[	Faible	60,34	15,52	17,24	5,17	1,72
PCS = 562a	45	2	4,44	<2	Faible	50,00	50,00	0,00	0,00	0,00
PCS = 562b	224	168	75,00	[10-20[	Fort	16,35	19,23	39,42	12,50	12,50

FIGURE 3

CLASSIFICATION OBTENUE POUR L'EXPOSITION AUX GAZ D'ÉCHAPPEMENT DIESEL



Les nœuds intermédiaires sont représentés par des carrés verts, les nœuds terminaux (les 66 classes d'exposition obtenues) par des carrés dont la couleur varie du bleu au rouge selon le pourcentage d'exposés.

## CONTRAINTES PHYSIQUES

Les résultats concernant les contraintes physiques sont présentés dans le tableau 9 et en annexe 2. La qualité de la classification est

satisfaisante pour les trois contraintes étudiées. Le nombre de classes d'exposition est de 63 pour l'exposition au froid, de 41 pour la chaleur et de 17 pour le bruit (tableau 9). Les proportions d'exposés varient beaucoup selon la classe d'exposition avec moins de 1 % d'exposés dans les classes d'exposition minimum et dans les classes d'exposition maximum, 100 % pour le froid, 57 % pour la chaleur et 75 % pour le bruit (annexe 2).

TABLEAU 9

RÉSULTATS DE LA CLASSIFICATION POUR LES CONTRAINTES PHYSIQUES

Contrainte	Coût de la classification	Nombre de classes d'exposition
Bruit >85 dB ou bruit comportant des chocs ou des impulsions plus de 20 h/semaine	0,931	17
Travail à plus de 24 °C	0,735	41
Travail à moins de 15 °C	0,790	63

## CONTRAINTES ORGANISATIONNELLES

Le tableau 10 résume les résultats de la segmentation pour les contraintes organisationnelles étudiées, avec pour chaque contrainte le coût relatif de la classification et le nombre de classes d'exposition. Les coûts relatifs varient de 0,606 à 0,963 et indiquent une qualité satisfaisante de la classification pour toutes les variables étudiées.

Le nombre de classes d'exposition varie de 22 à 295. Bien que pour la plupart des contraintes étudiées, les proportions d'exposés varient d'une classe à l'autre, les différences entre classes d'exposition sont moins marquées que pour les nuisances chimiques ou les contraintes physiques et les effectifs des classes sont plus équilibrés (annexe 3).

TABLEAU 10 RÉSULTATS DE LA CLASSIFICATION POUR LES CONTRAINTES ORGANISATIONNELLES		
Contrainte	Coût de la classification	Nombre de classes d'exposition
Travail en équipes (travail posté)	0,634	180
Travail le dimanche ou jour férié	0,700	295
Travail de nuit	0,724	207
Horaires différents d'un jour à l'autre	0,863	120
Horaires déterminés par l'entreprise <sup>1</sup>	0,702	86
Horaires à la carte <sup>2</sup>	0,914	34
Horaires libres <sup>3</sup>	0,671	43
Horaires non connus pour le lendemain	0,825	22
Ne disposent pas de 48 h consécutives de repos	0,707	64
Astreintes	0,821	50
Polyvalence	0,963	34
Contact avec le public	0,606	141
Tensions avec le public (en permanence ou régulièrement)	0,833	32

<sup>1</sup> Fixés par l'entreprise sans possibilité de choix.

<sup>2</sup> Choix entre plusieurs horaires fixes proposés par l'entreprise ou horaires modifiables dans un système horaires à la carte.

<sup>3</sup> Déterminés par le salarié lui-même.

## Utilisation et mise à disposition des matrices

Les différentes matrices sont actuellement incluses dans une base de données. La version précédente de Sumex avait été diffusée sous forme d'un CD-ROM, accompagnée d'un logiciel permettant de faciliter l'interrogation de la base de données [7]. Il est prévu de mettre Sumex 2 en libre accès sur Internet, afin de permettre son utilisation notamment par les médecins du travail et les préventeurs. Un logiciel de consultation est en cours de développement, qui permettra à l'utilisateur d'introduire des combinaisons NAF et PCS (en clair ou sous la forme de codes) et d'obtenir en retour les informations sur les différentes expositions attachées aux métiers sélectionnés. Il sera

également possible de procéder à une interrogation par nuisance, le logiciel fournissant tous les métiers exposés, avec pour chacun d'eux les données caractérisant l'exposition.

En plus de cette utilisation destinée à faciliter la surveillance sur le terrain, il est également possible d'utiliser Sumex 2 pour des études épidémiologiques lorsque les emplois des sujets inclus sont codés selon les classifications NAF et PCS. Les fichiers informatiques pourront être mis à disposition sur demande.

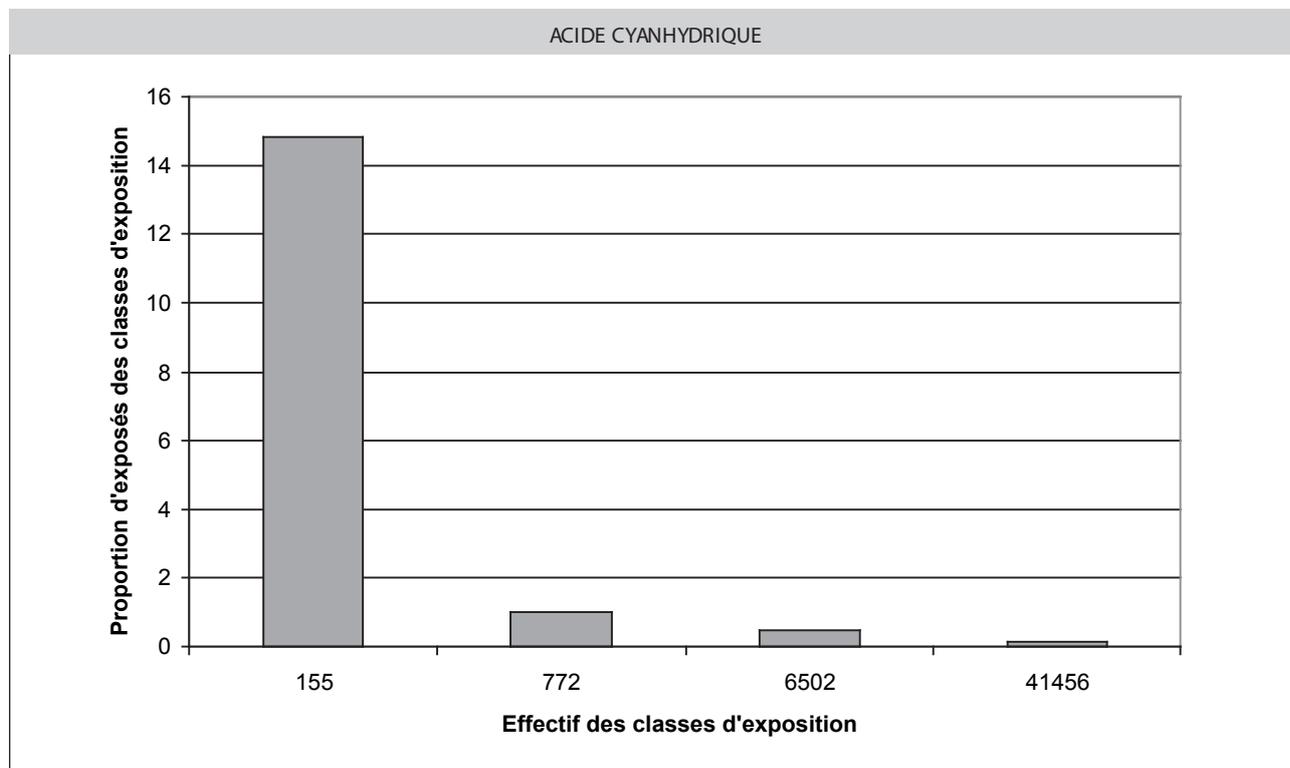
# Références bibliographiques

- [1] Bouyer J, Hémon D. Les matrices emplois-expositions. Rev Epidemiol Santé Publique. 1994;42(3):235-45.
- [2] Le programme Matgéné : matrices emplois-expositions en population générale. Département santé travail, InVS (2006).
- [3] Arnaudo B, Magaud-Camus I, Sandret N, Coutrot T, Floury MC, Guignon N, Hamon-Cholet S, Waltisperger D. L'exposition aux risques et aux pénibilités du travail de 1994 à 2003 - Premiers résultats de l'enquête Sumer 2003. Premières Synthèses, n°52.1, décembre 2004, Dares.
- [4] Guéguen A, Goldberg M, Bonenfant S, Martin JC. Using a representative sample of workers for constructing the SUMEX French general population based job-exposure matrix. Occup Environ Med. 2004;61(7):586-93.
- [5] Breiman L, Friedman JH, Olshen RA, Stone CJ. Classification and regression trees. Wadsworth Inc, Belmont, NY, USA, 1984.
- [6] CART Software, version 5.0. Salford systems, San Diego, CA, USA.
- [7] Guéguen A, Martin JC, Bonenfant S, Bugel I, Goldberg M, Sandret N, Héran-Leroy O, Yahou N. Matrice emplois-expositions Sumex (cd-rom), Éditions Inserm, Paris, 2000.

## Annexes

Les figures en annexes 1, 2, 3 présentent pour chaque nuisance ou contrainte la proportion d'exposés dans chaque classe d'exposition et le nombre de salariés de la classe observés dans l'enquête Sumer

2003. À titre d'exemple, la figure correspondant à l'acide cyanhydrique est présentée ci-dessous.

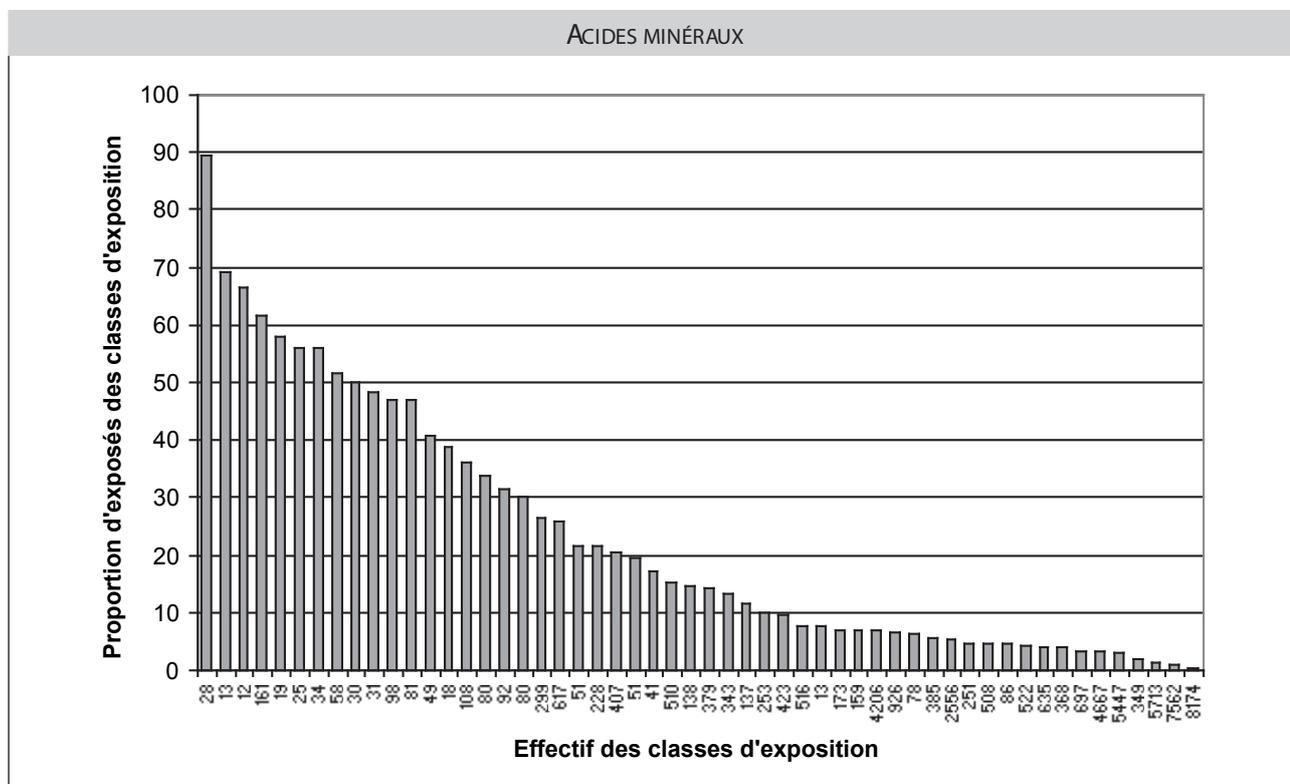
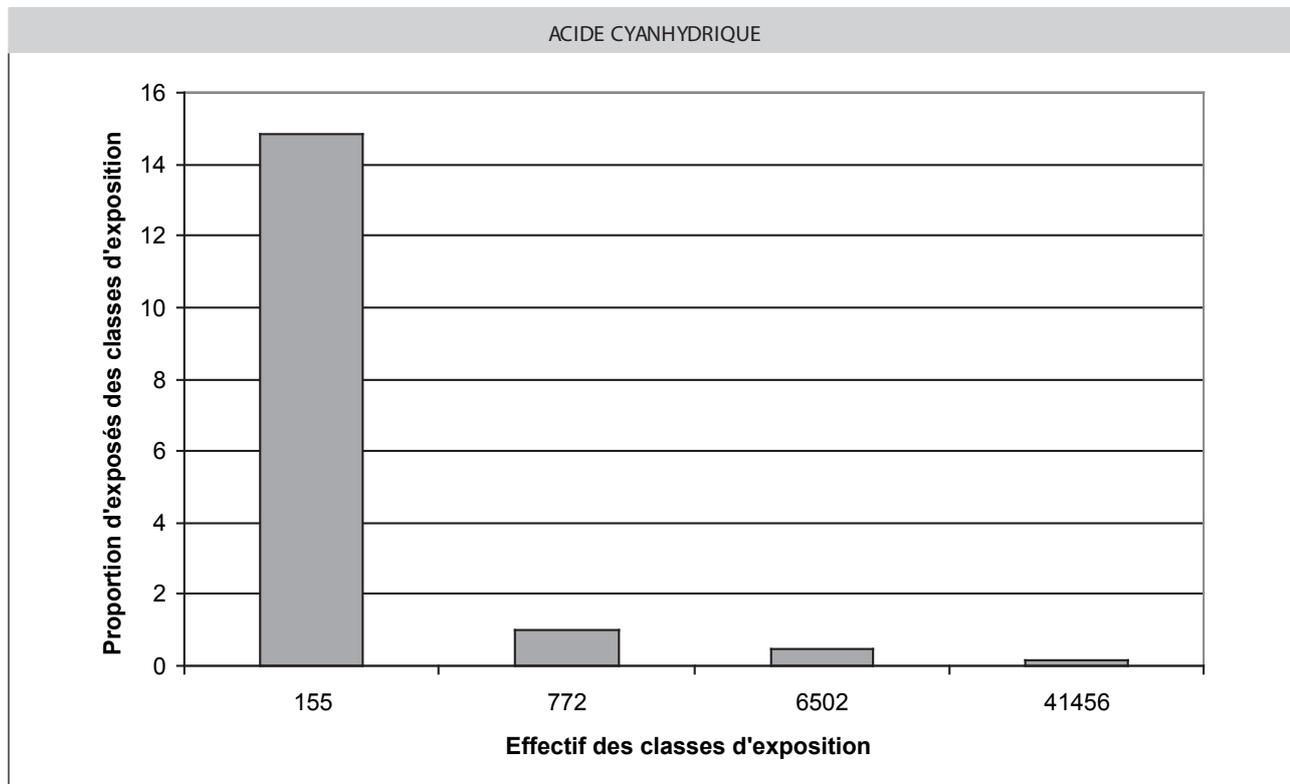


Guide de lecture :

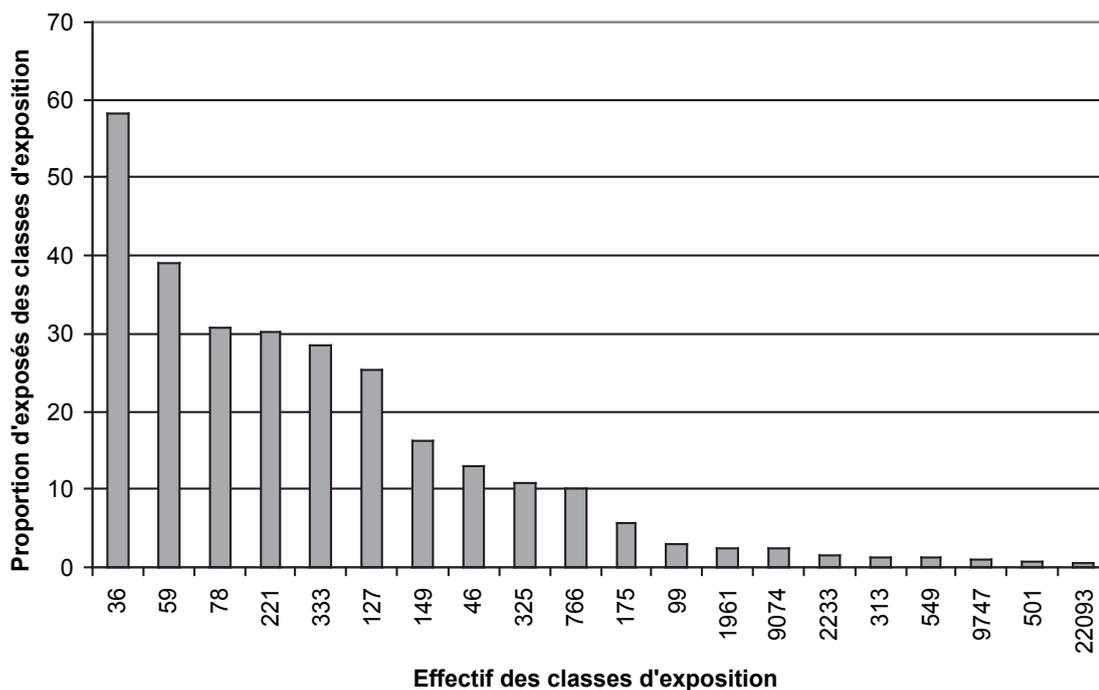
La méthode de classification a permis de déterminer 4 classes d'exposition. Dans la première classe, la proportion d'exposés est de

14,8 % et 155 salariés ont été observés. La deuxième classe comprend 1,0 % d'exposés et 772 salariés, la troisième 0,5 % d'exposés et 6 502 salariés, la quatrième 0,2 % d'exposés et 41 456 salariés.

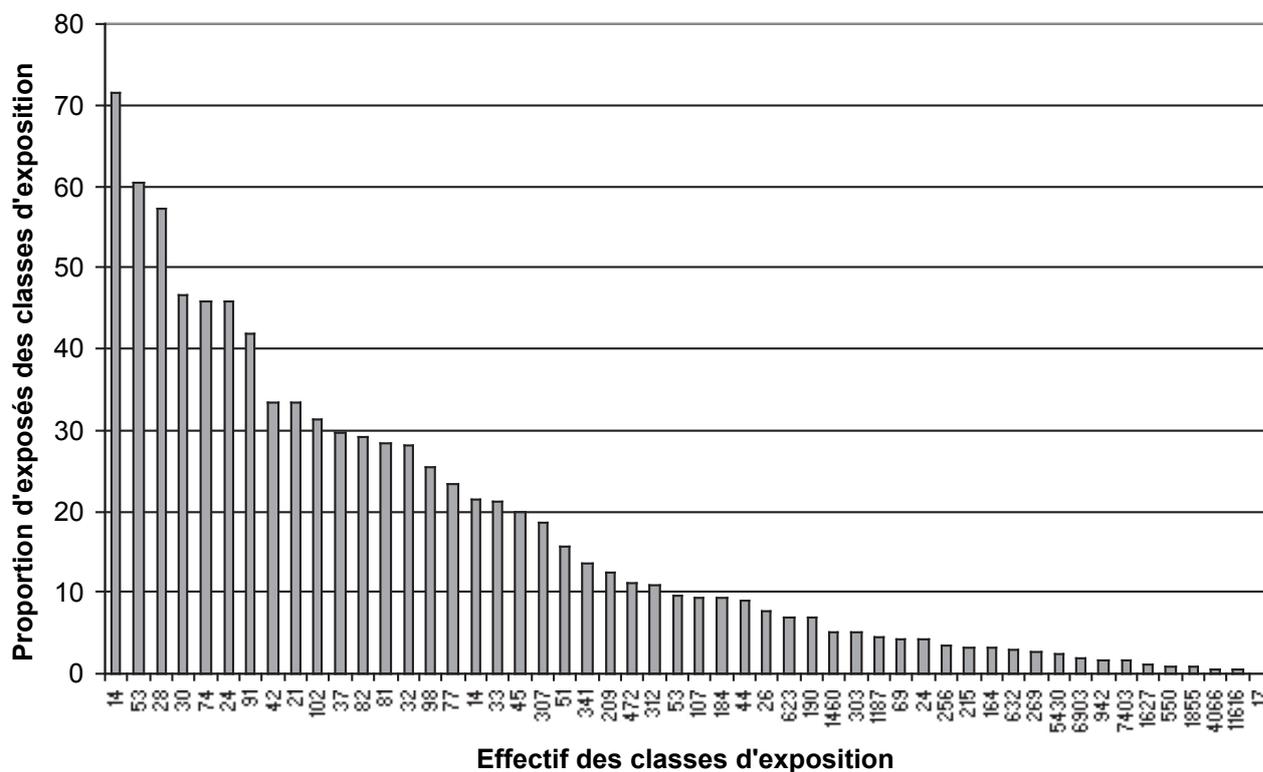
# Annexe 1 - Nuisances chimiques



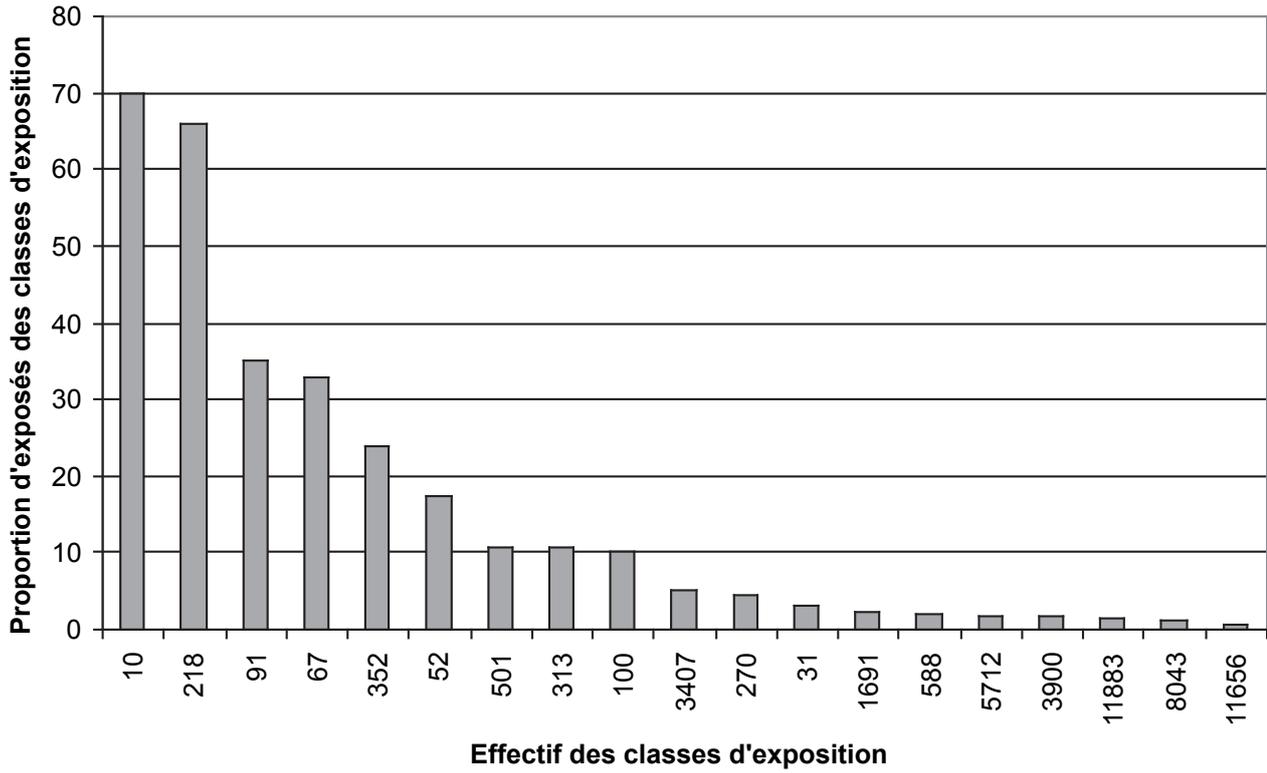
### ACIDES ORGANIQUES



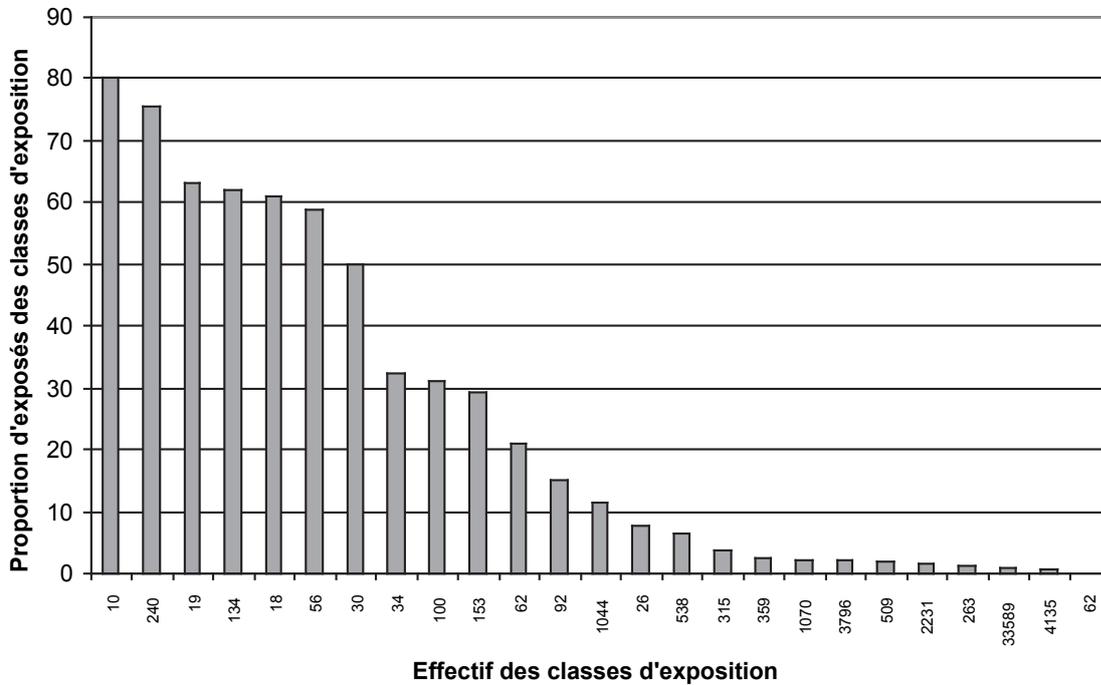
### BASES FORTES



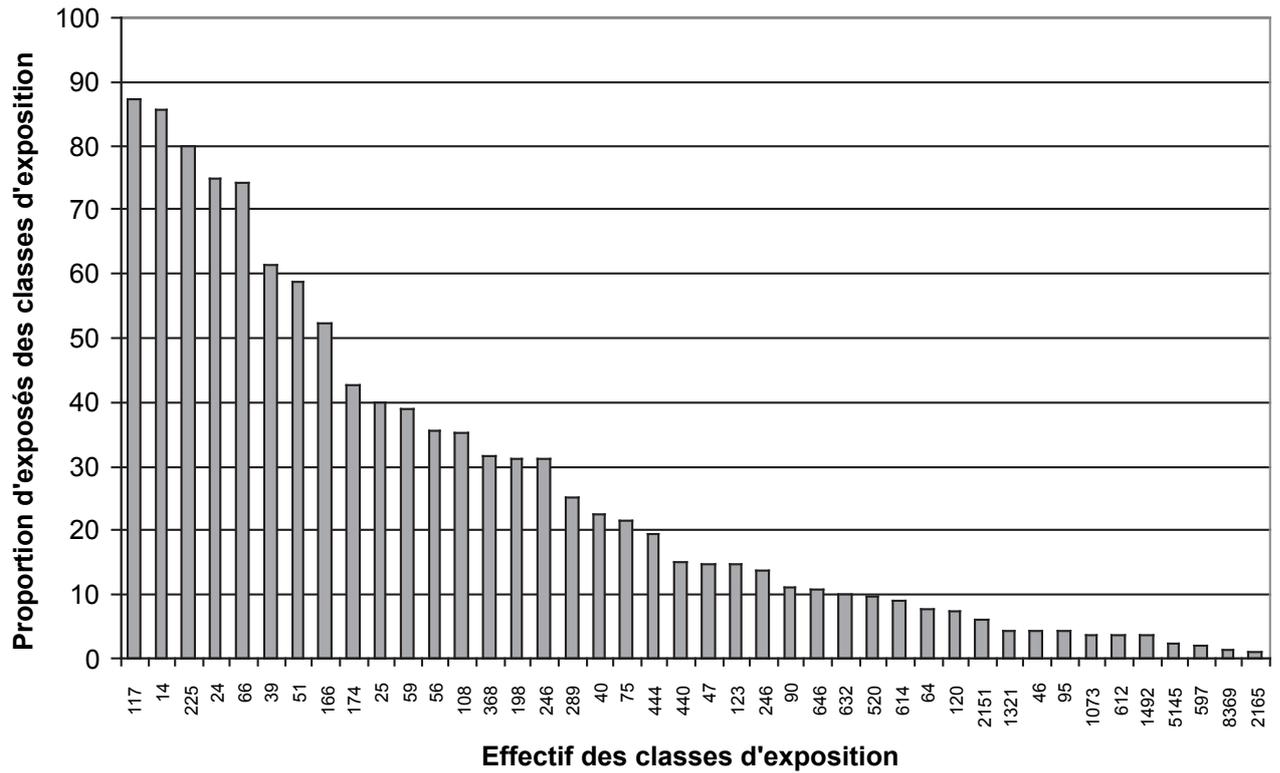
### AMMONIAC ET SOLUTIONS AQUEUSES



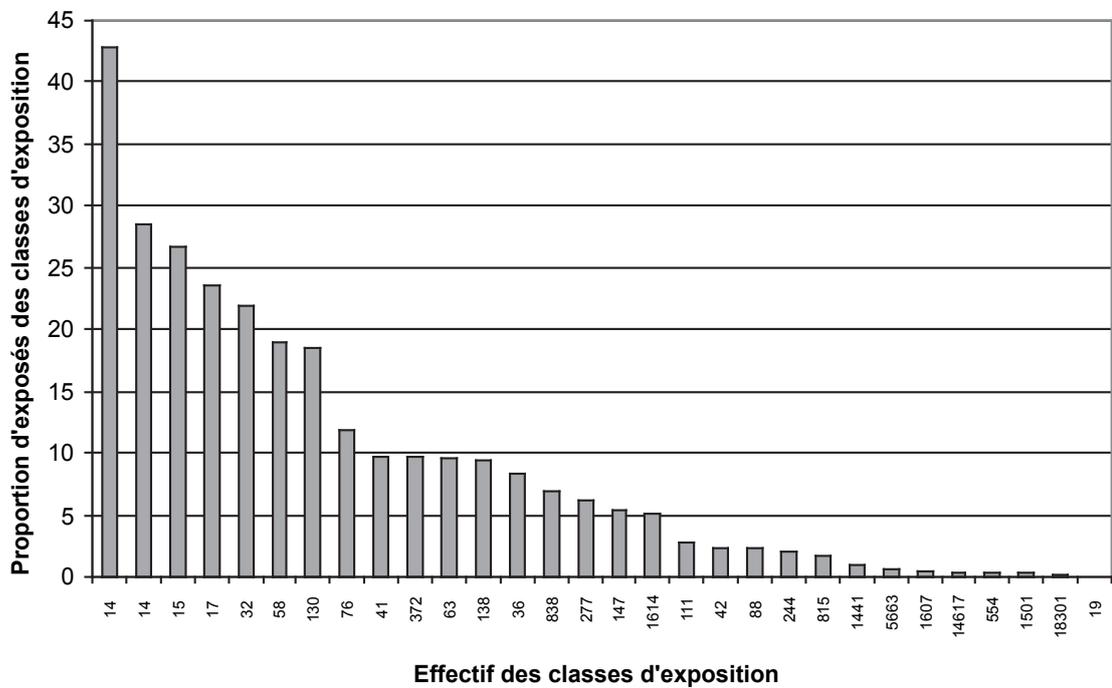
### ESSENCE AUTOMOBILE



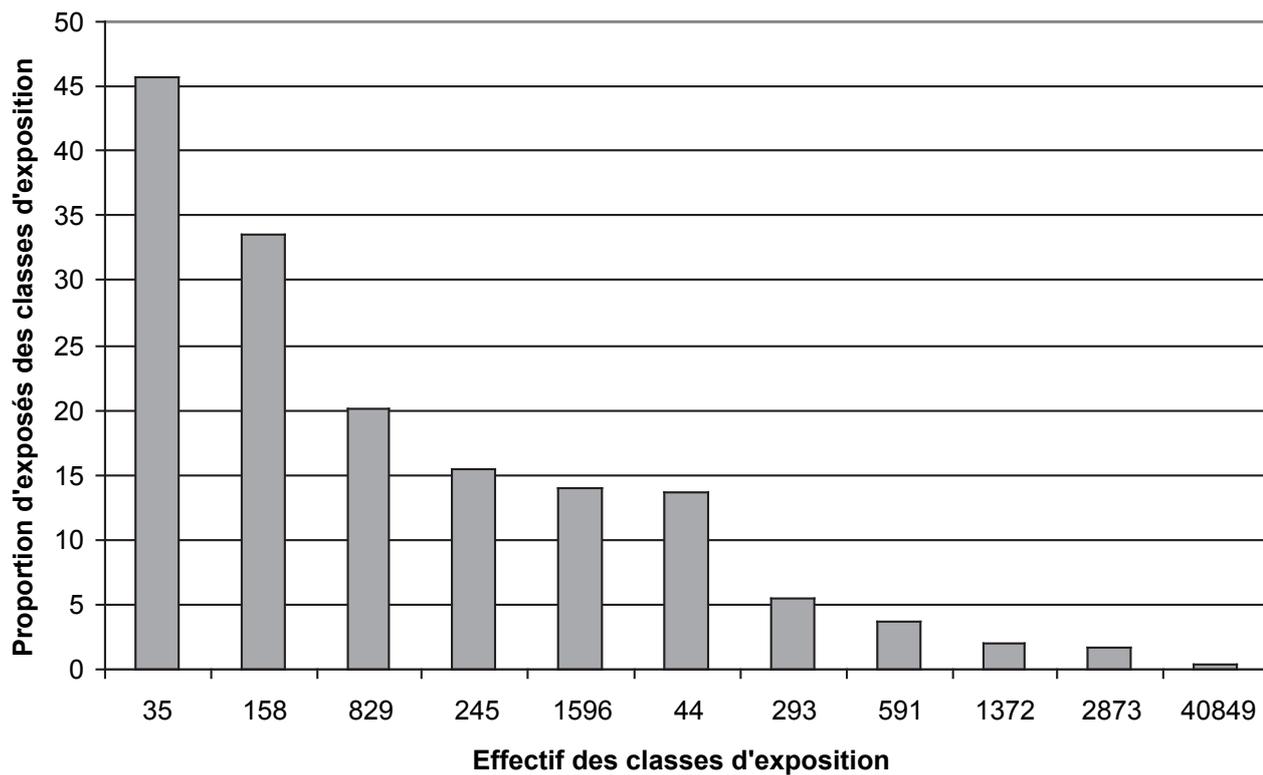
### AUTRES CARBURANTS



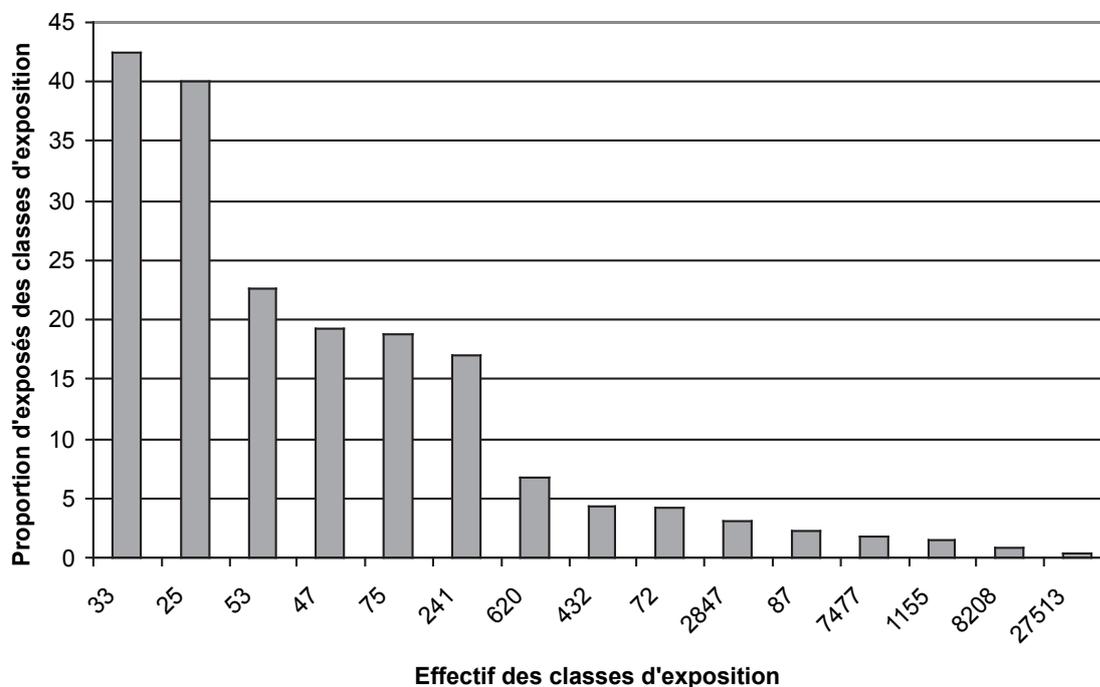
### FORMALDÉHYDE



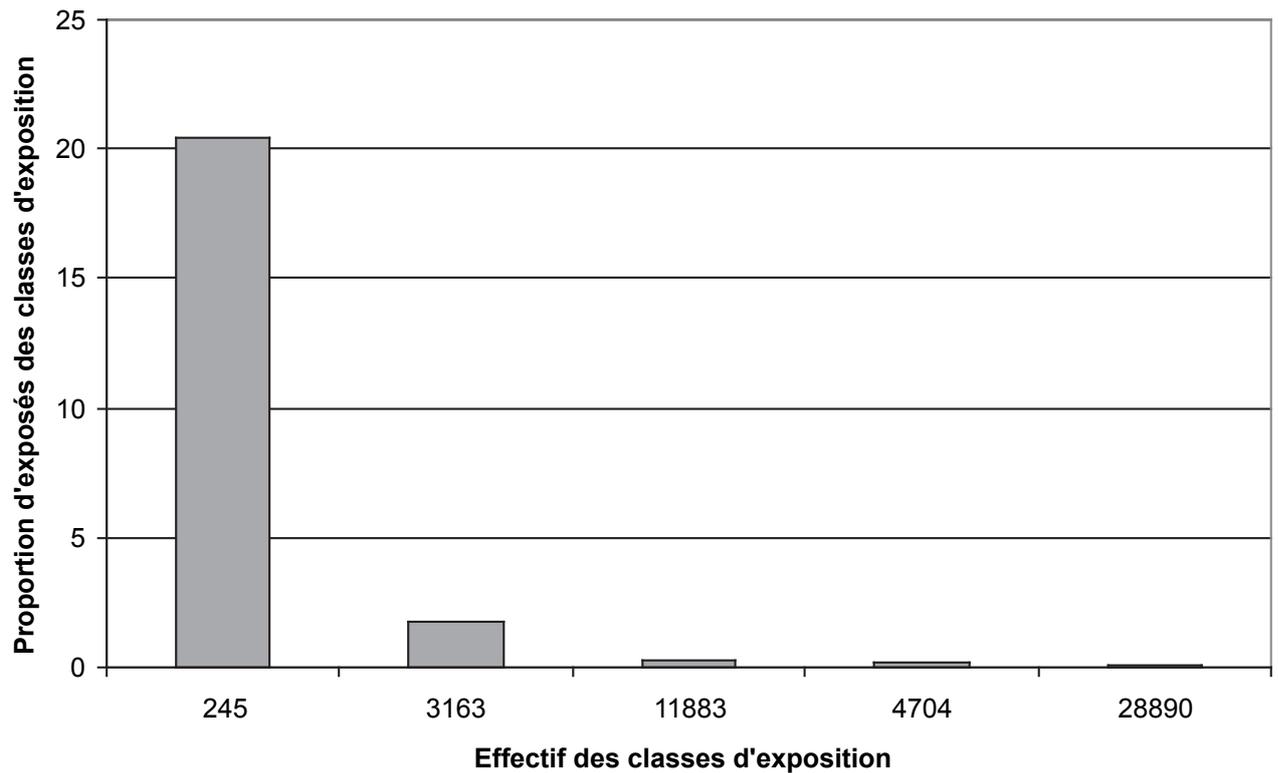
### AUTRES ALDÉHYDES



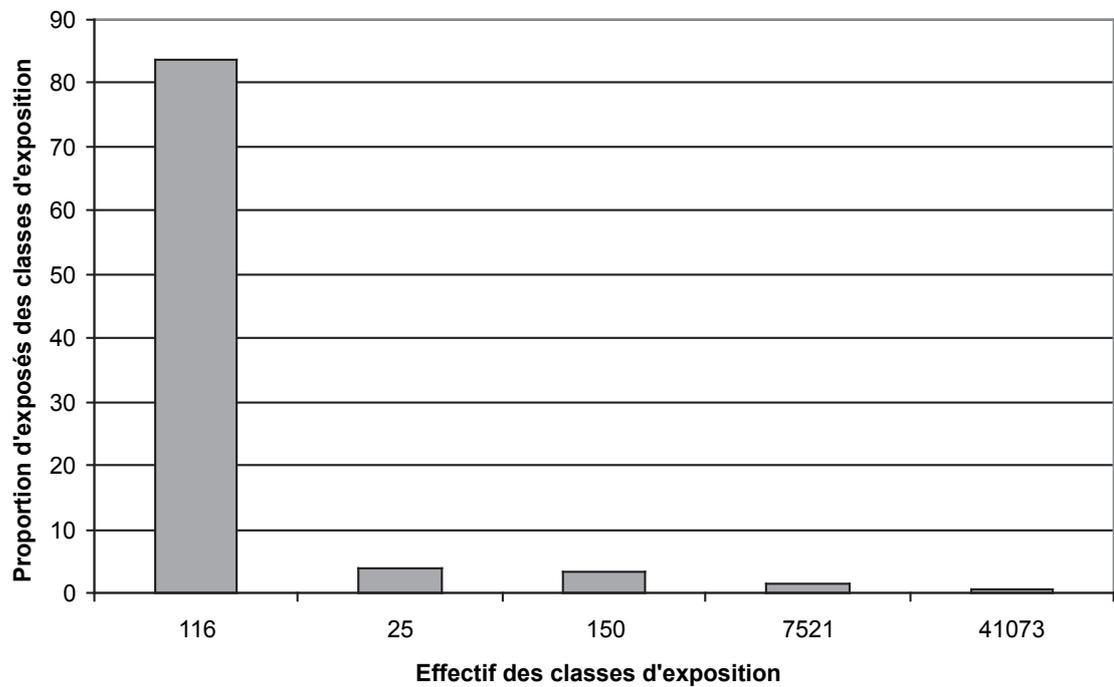
### AMINES ALIPHATIQUES



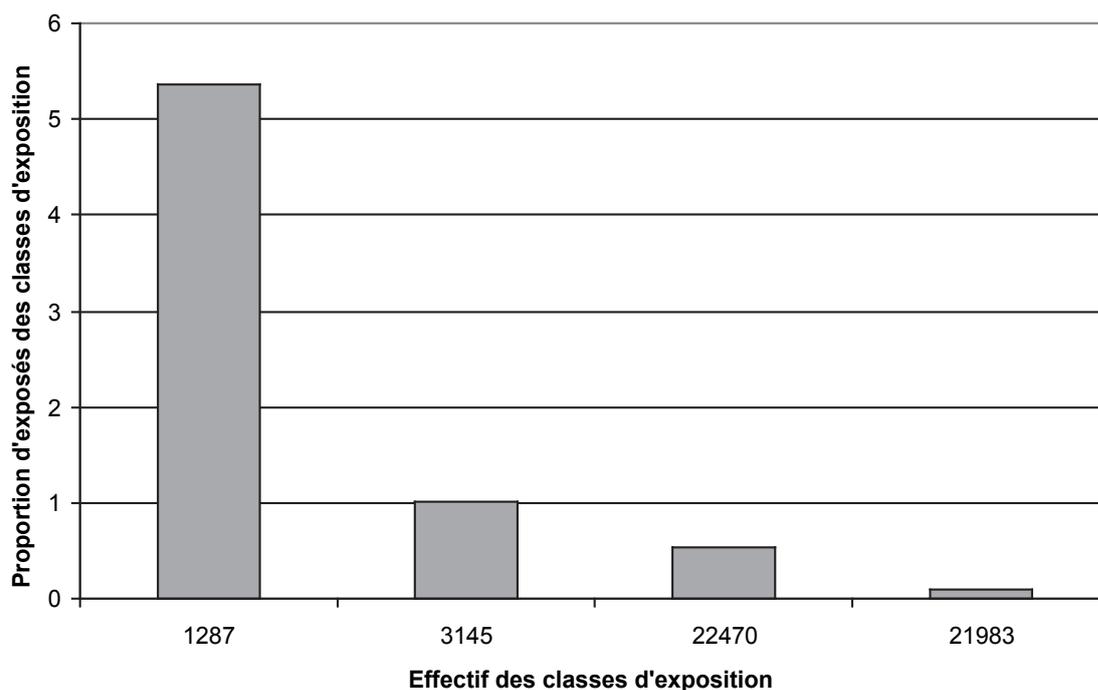
### AMINES AROMATIQUES



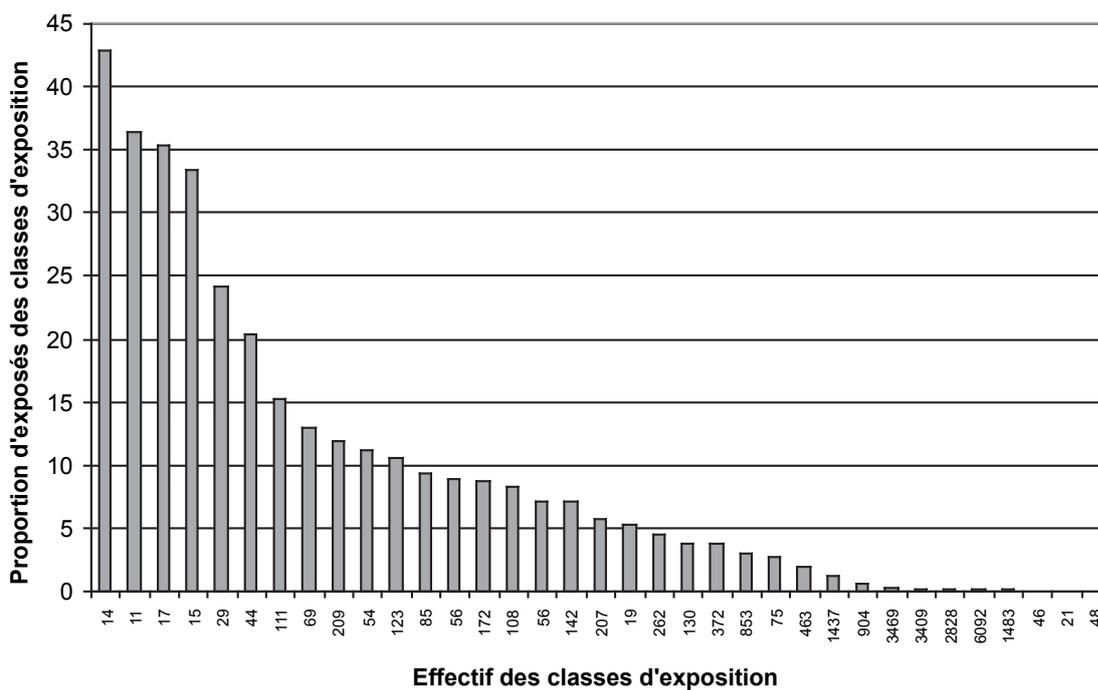
### HYDROCARBURES ALIPHATIQUES HYDROGÉNÉS



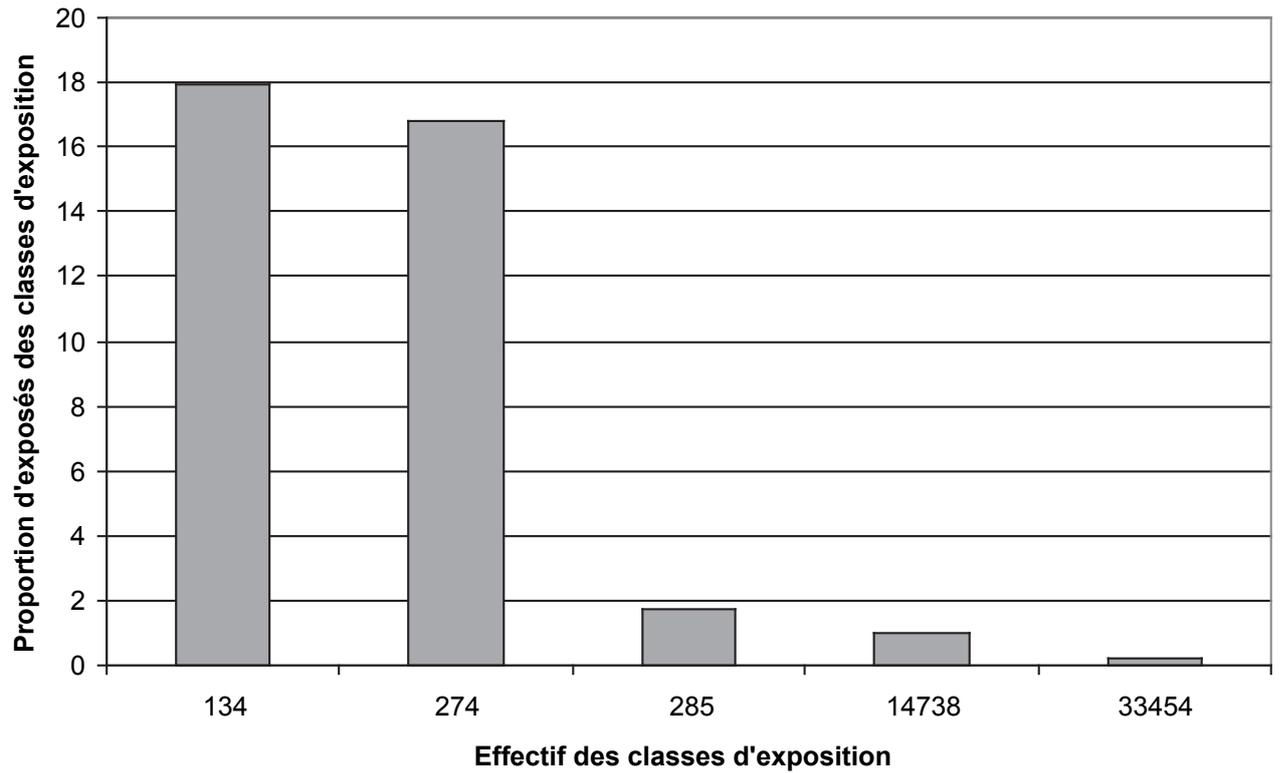
## PHÉNOL



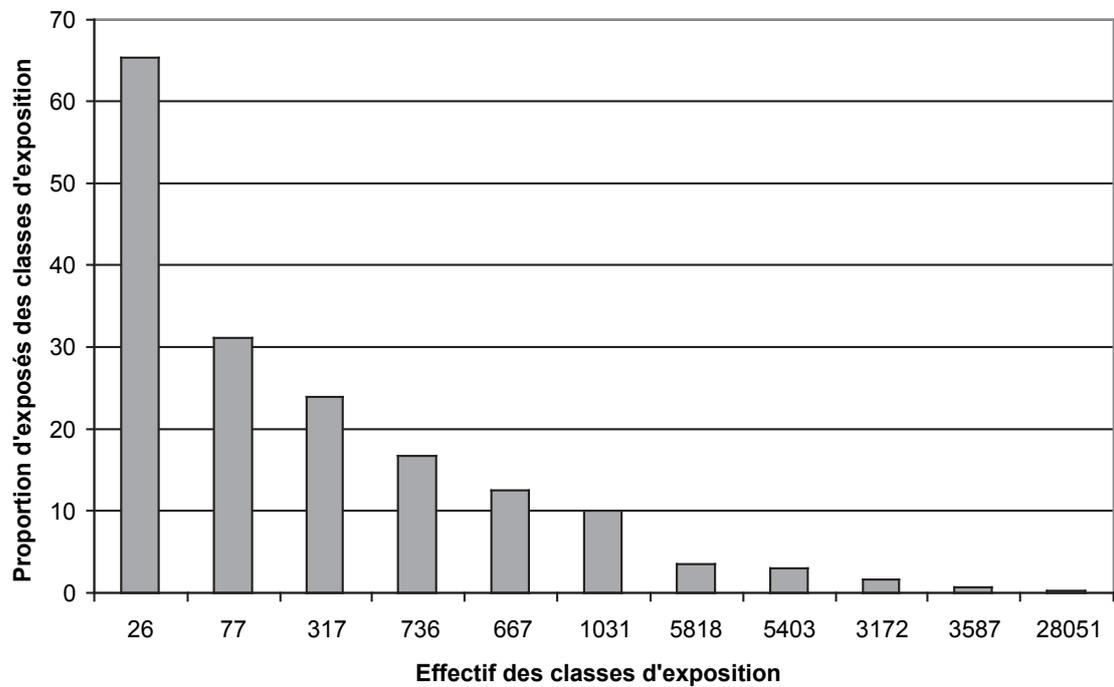
## AMIANTE



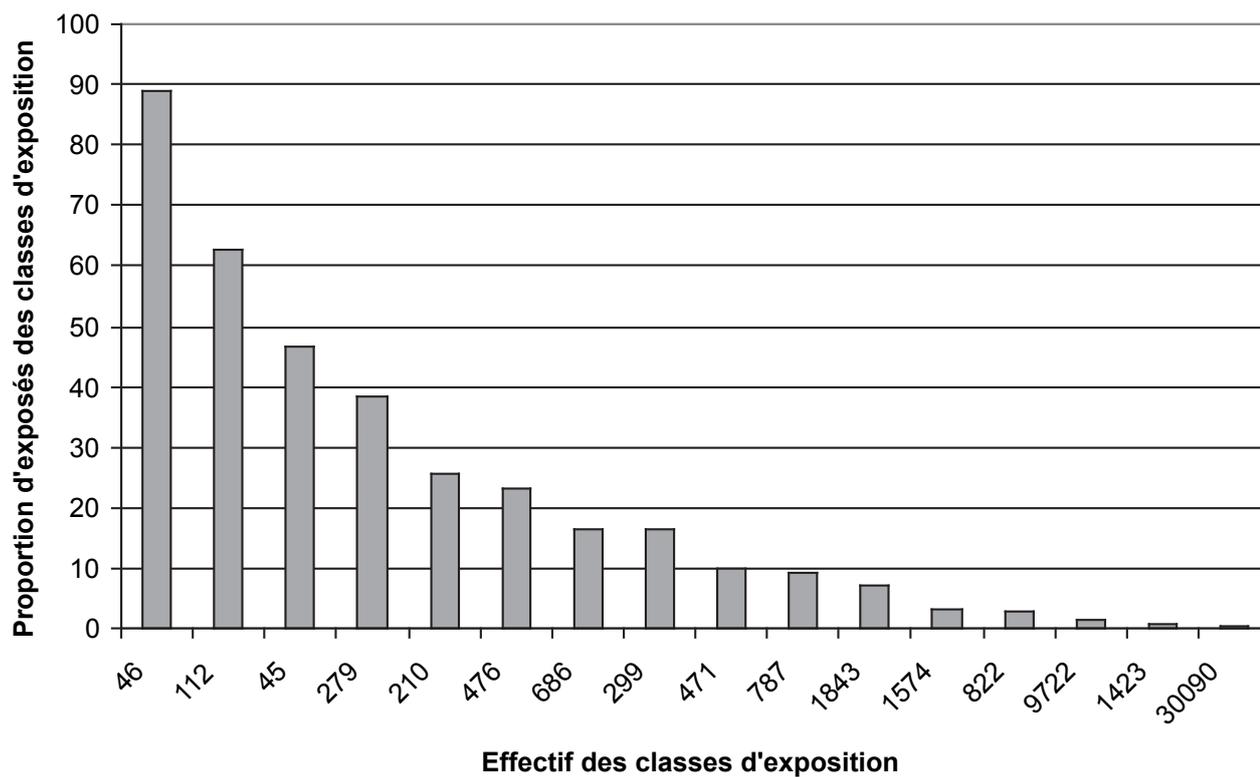
### FIBRES CÉRAMIQUES



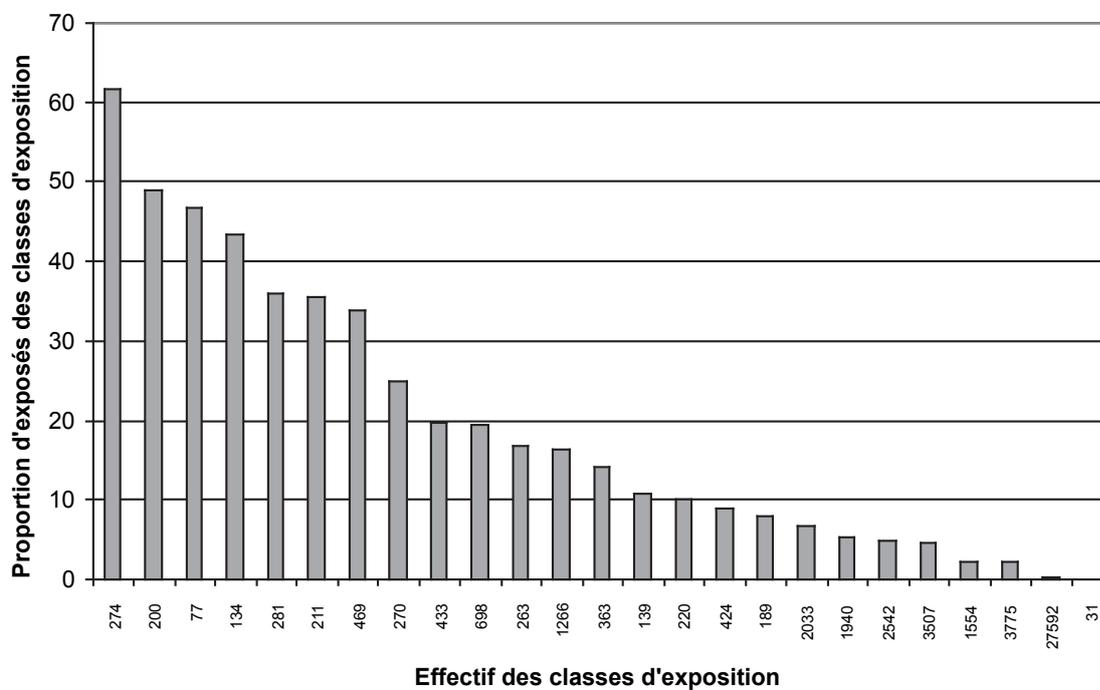
### AUTRES FIBRES MINÉRALES ARTIFICIELLES



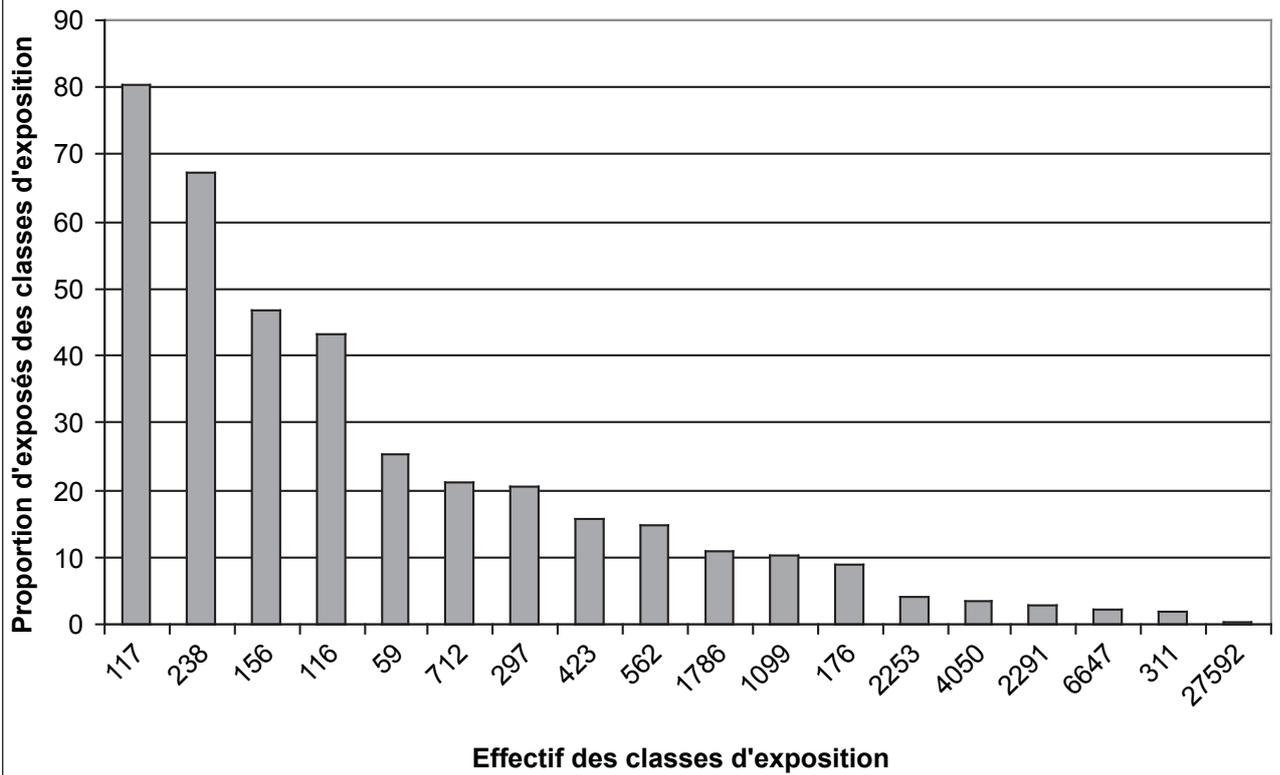
### FLUIDES AQUEUX



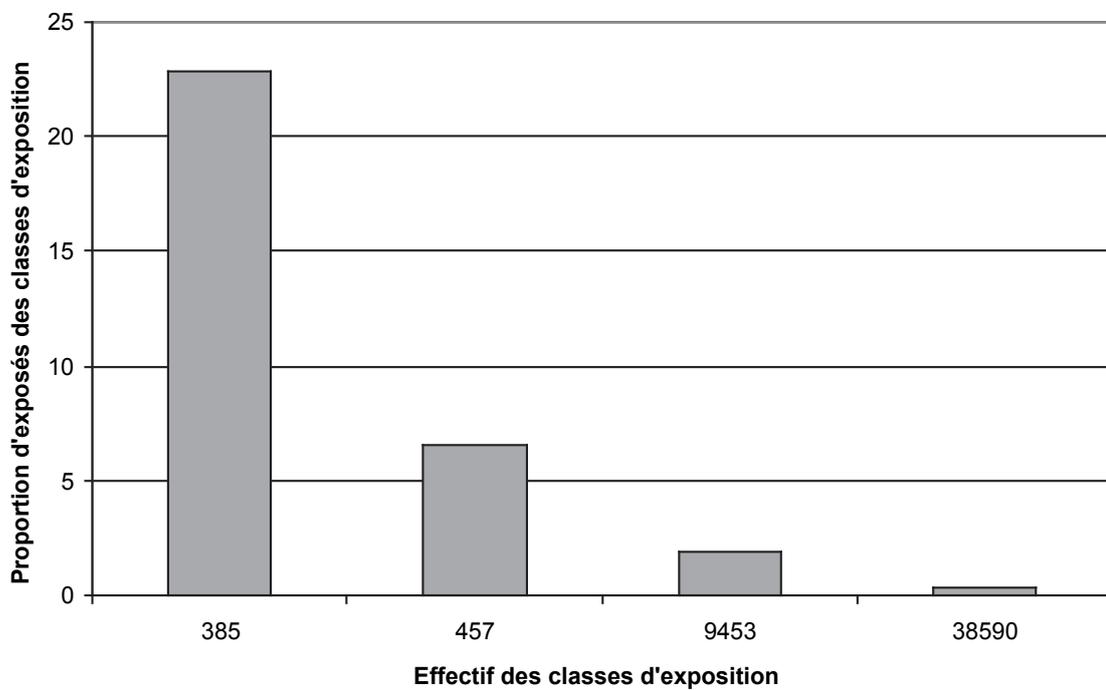
### HUILES ENTÈRES MINÉRALES



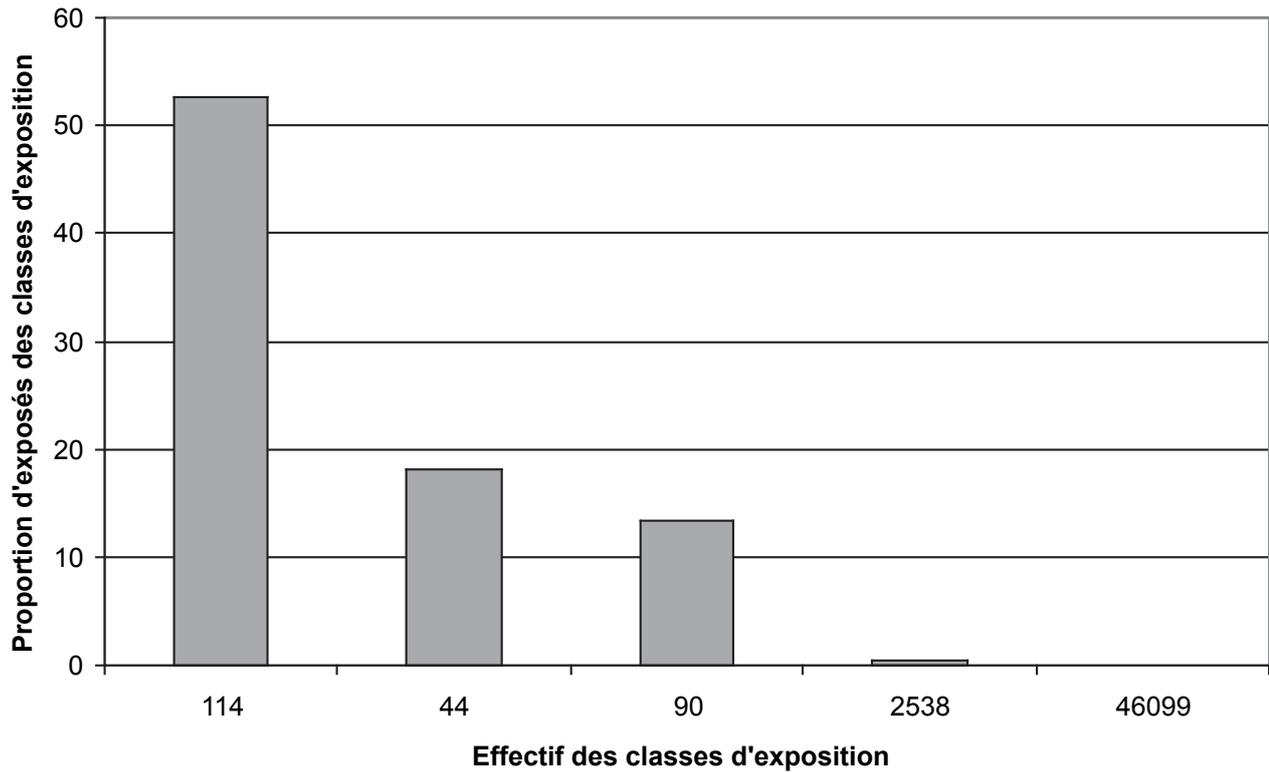
### HUILES ENTIÈRES SYNTHÉTIQUES



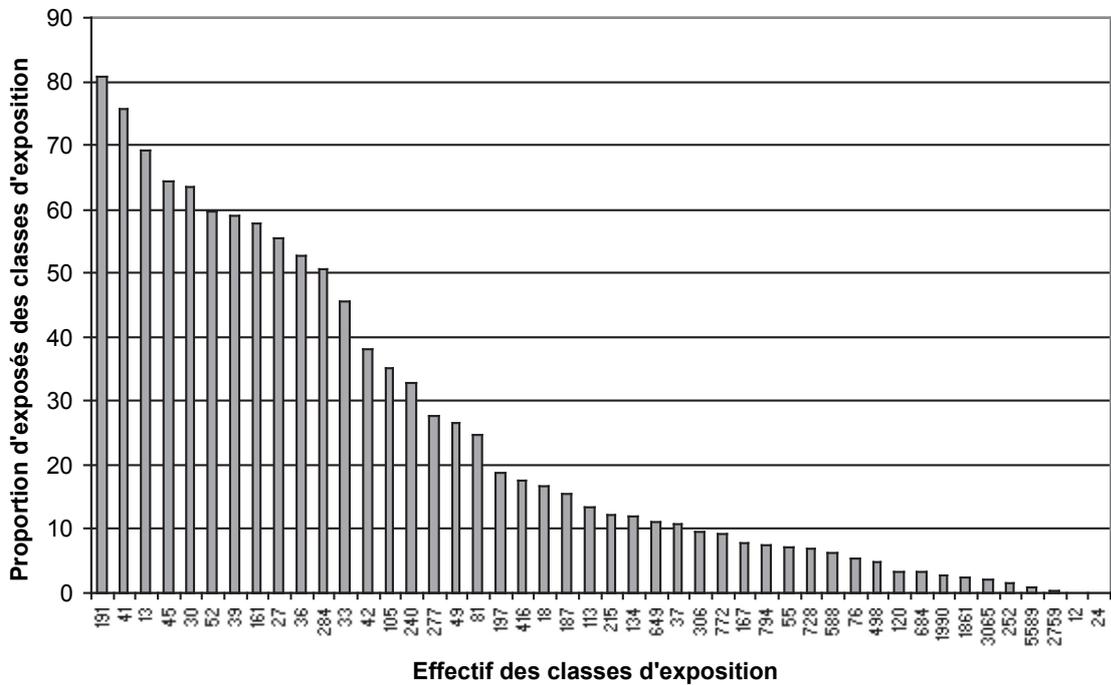
### FUMÉES DE DÉGRADATION THERMIQUE DES MATIÈRES PLASTIQUES



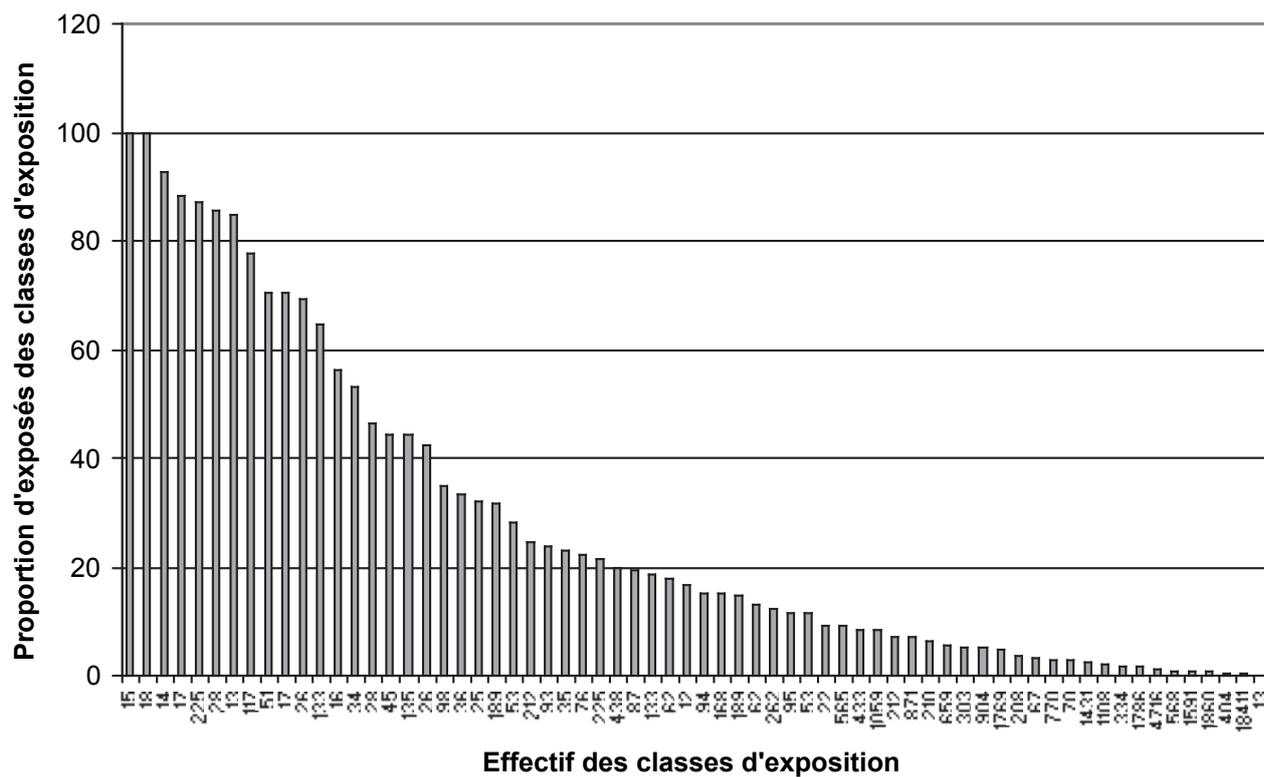
### FUMÉES DE VULCANISATION



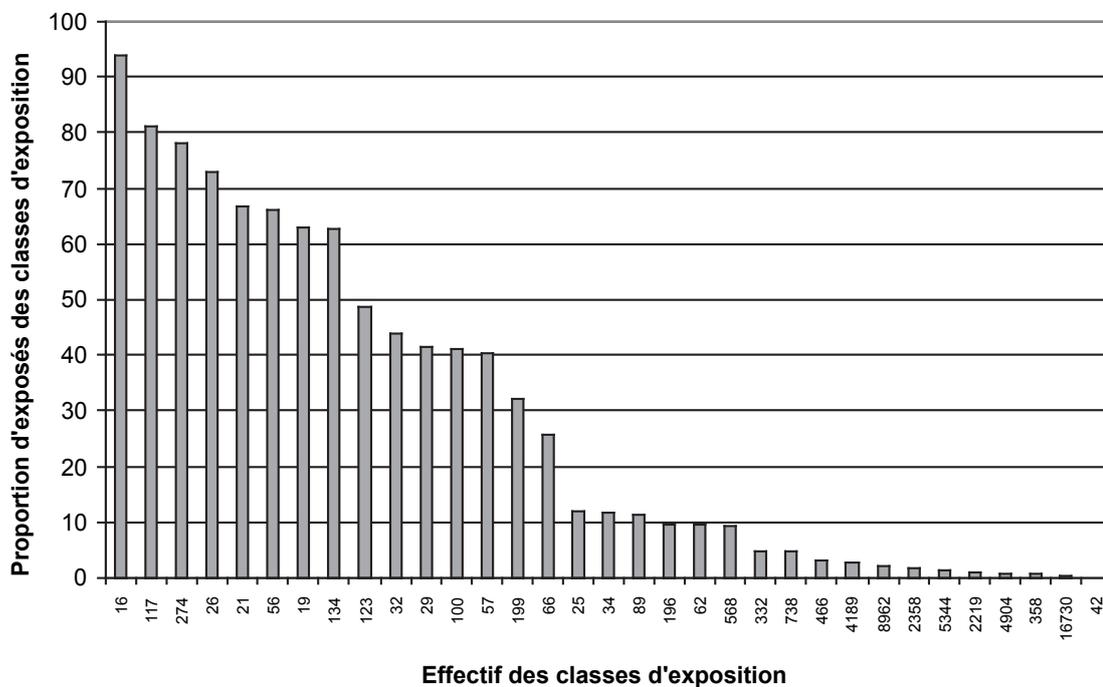
### FUMÉES DE SOUDAGE



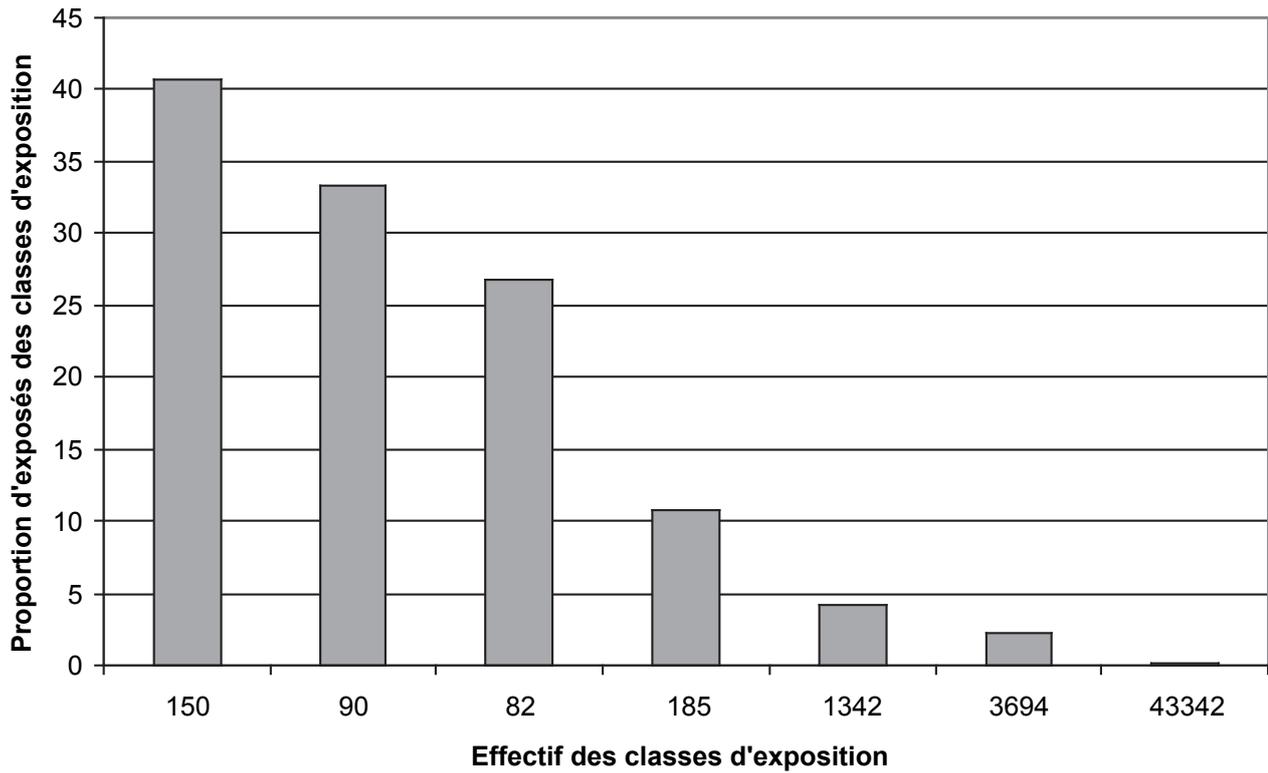
### GAZ D'ÉCHAPPEMENT DIESEL



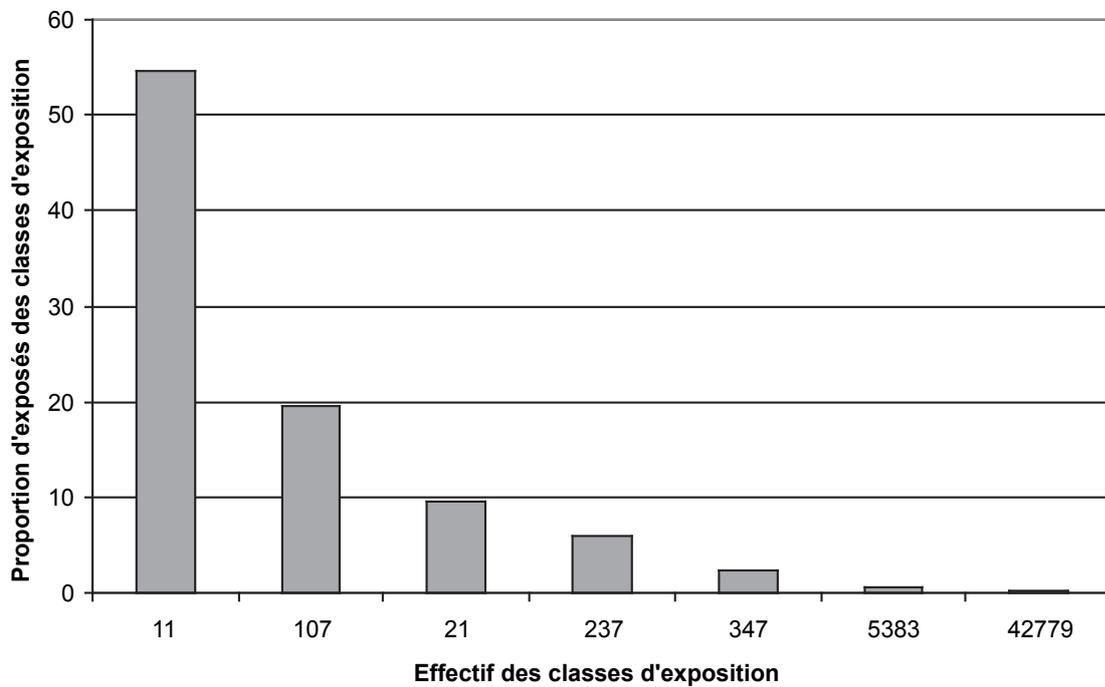
### GAZ D'ÉCHAPPEMENT AUTRES



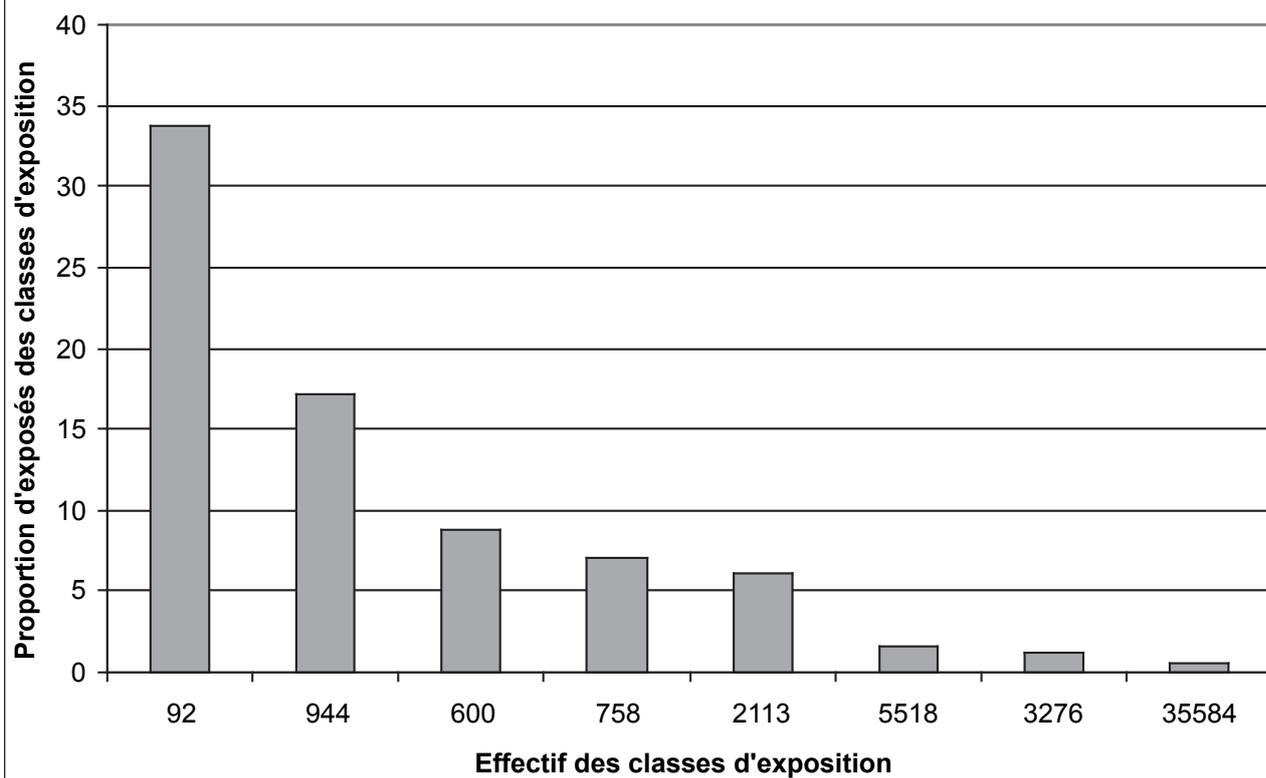
FUMÉES DE PROCÉDÉS DE MÉTALLURGIE



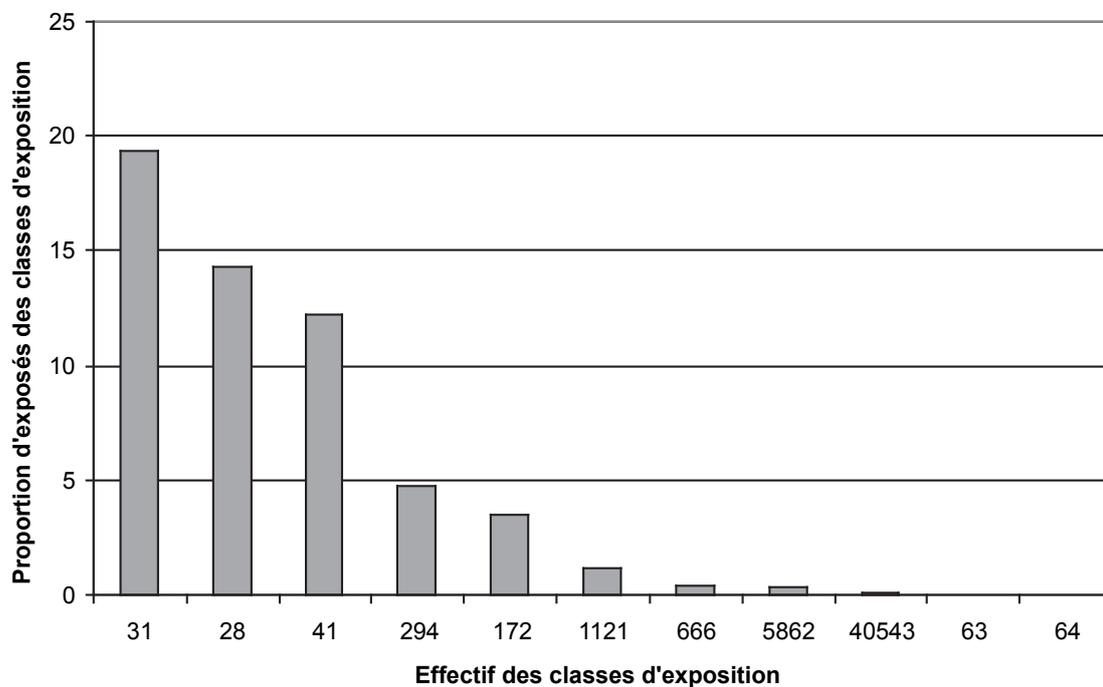
FUMÉES DE COMBUSTION DE VÉGÉTAUX



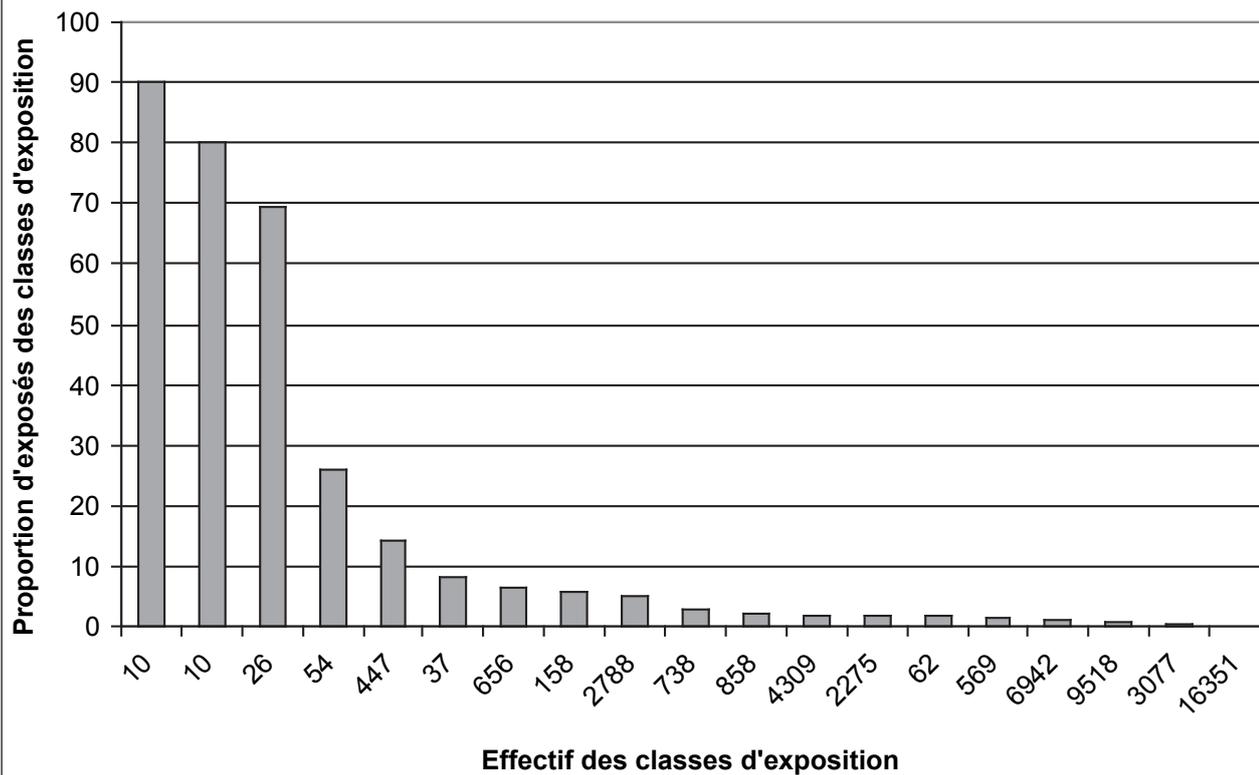
BROME, CHLORE, IODE, FLUOR



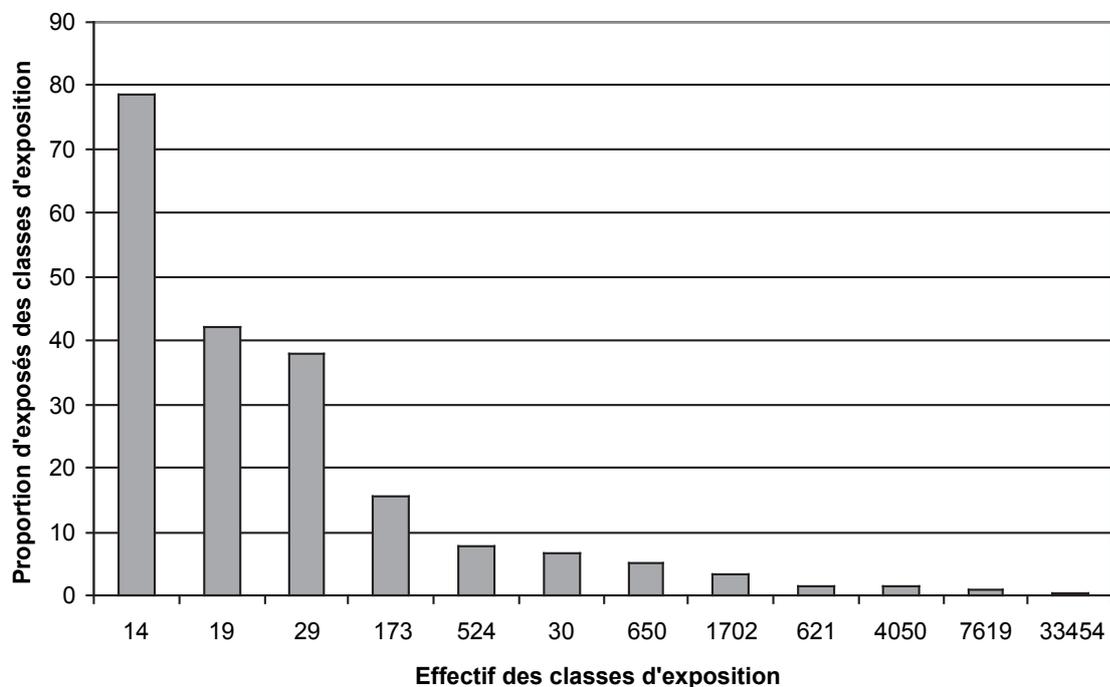
PHTALATES (DEHP, DIDP, DINP, BBP)



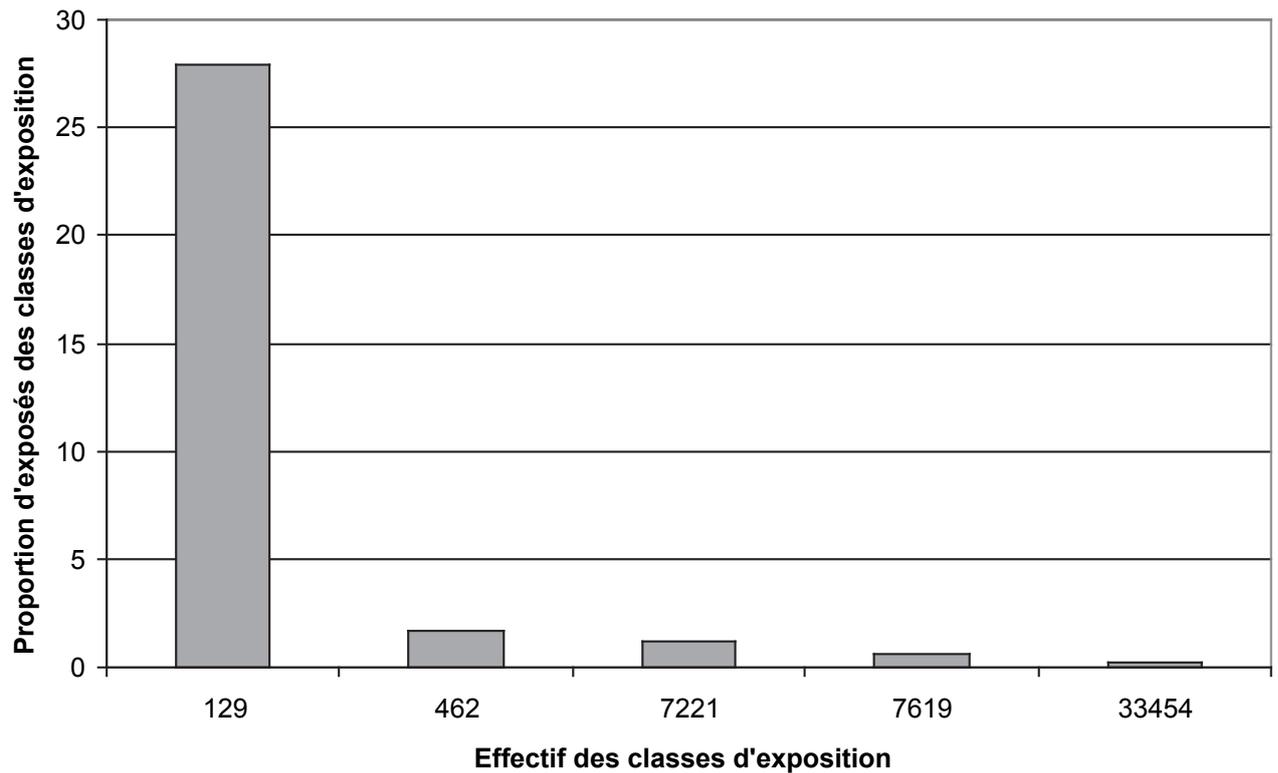
### ACRYLATES



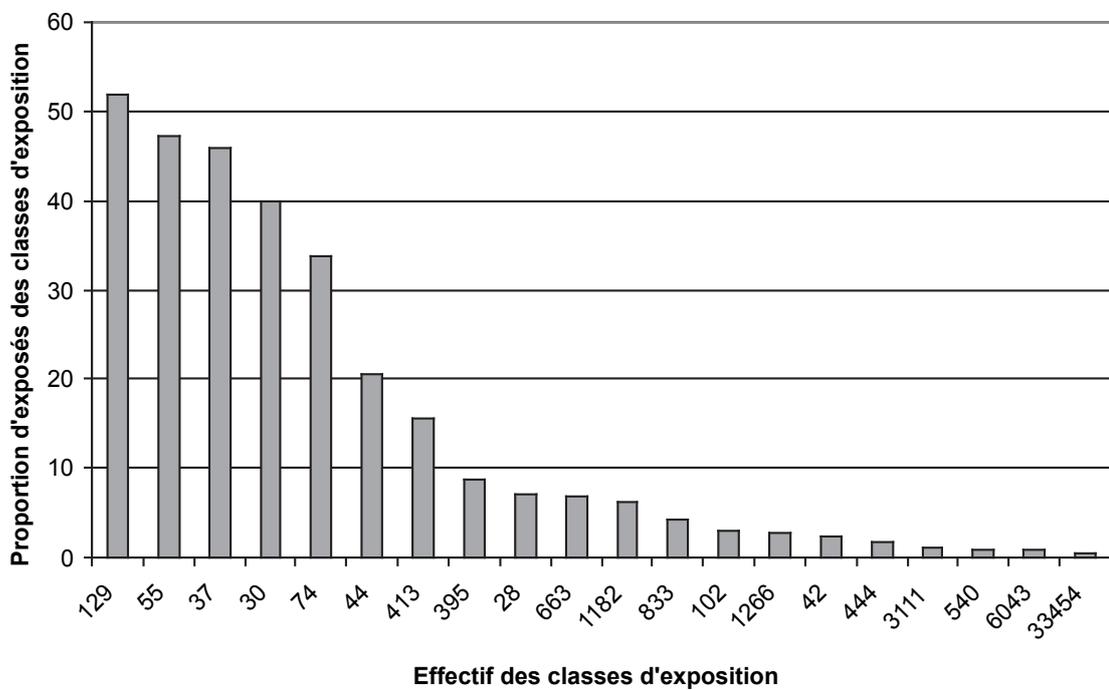
### RÉSINES ÉPOXYDIQUES



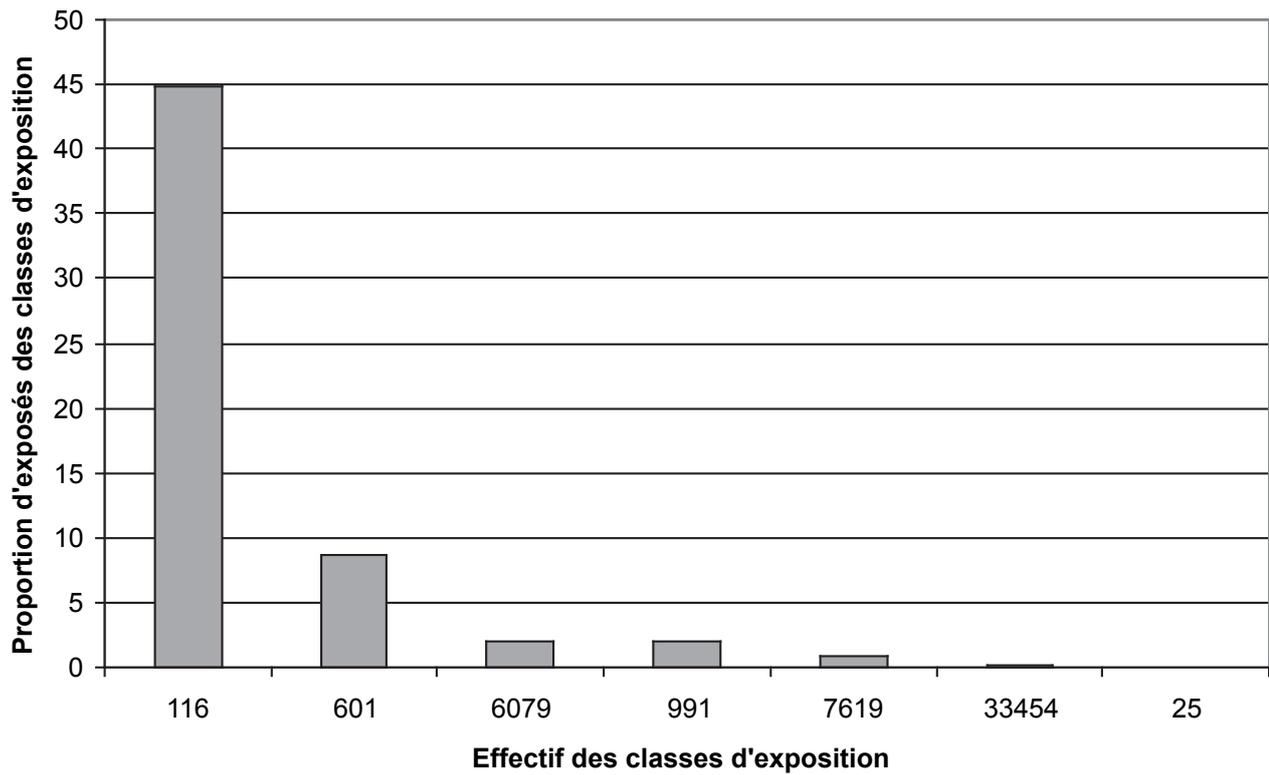
### RÉSINES POLYESTER



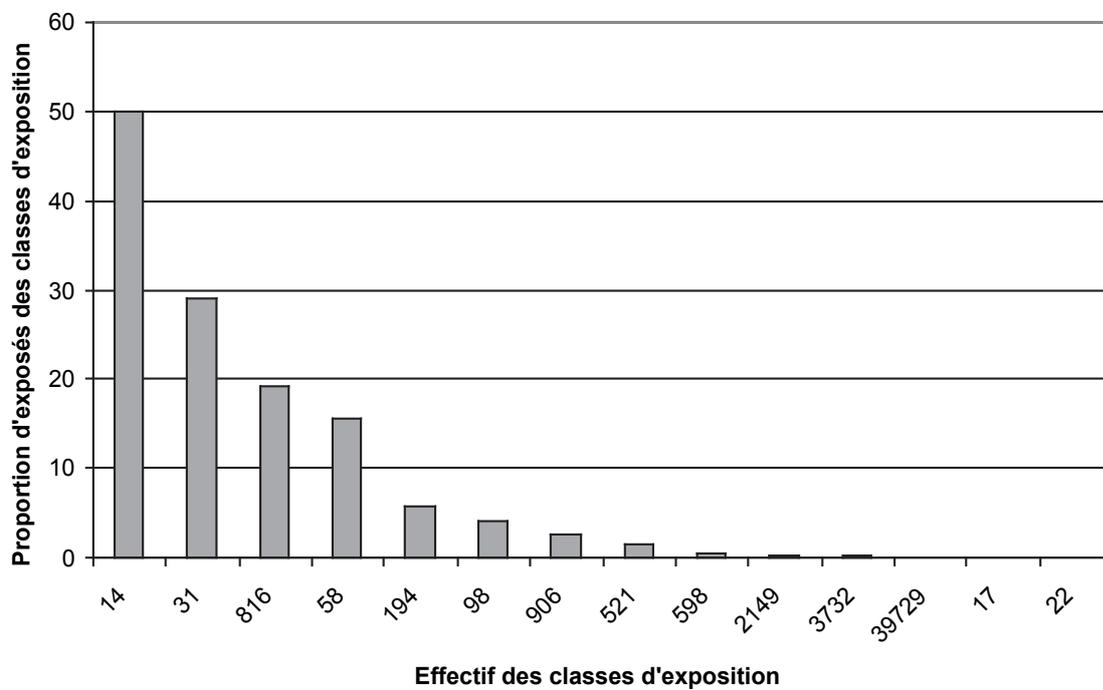
### ISOCYANATES MONOMÈRES



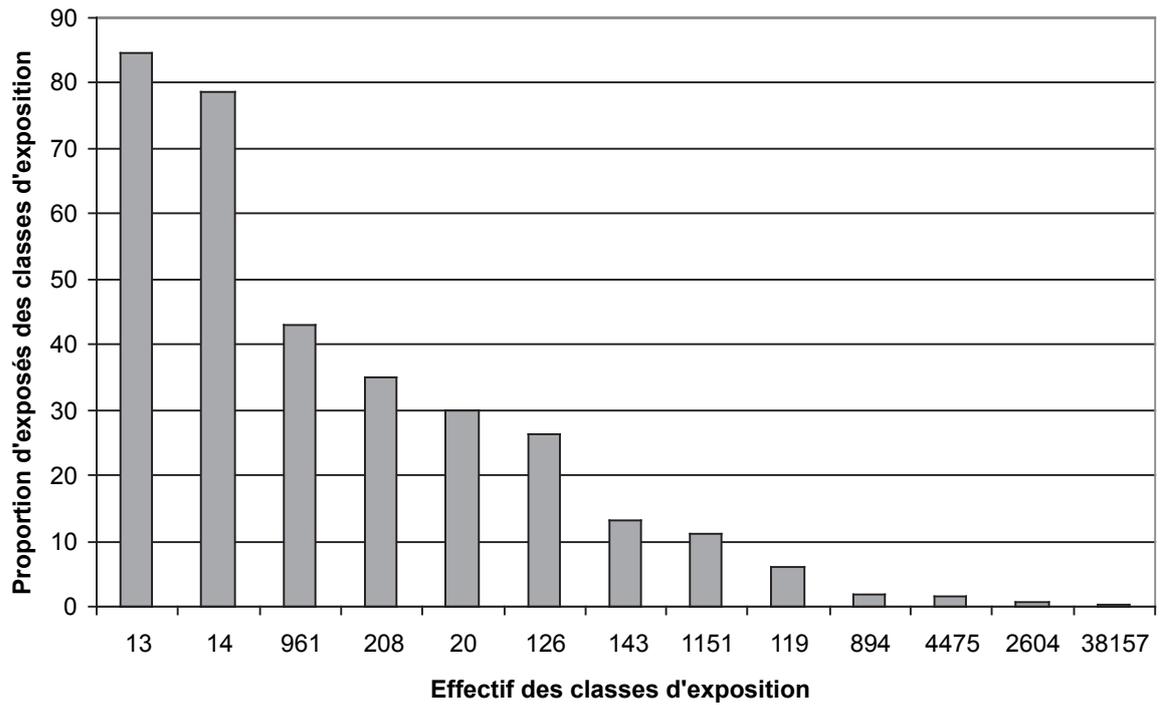
### AUTRES RÉSINES



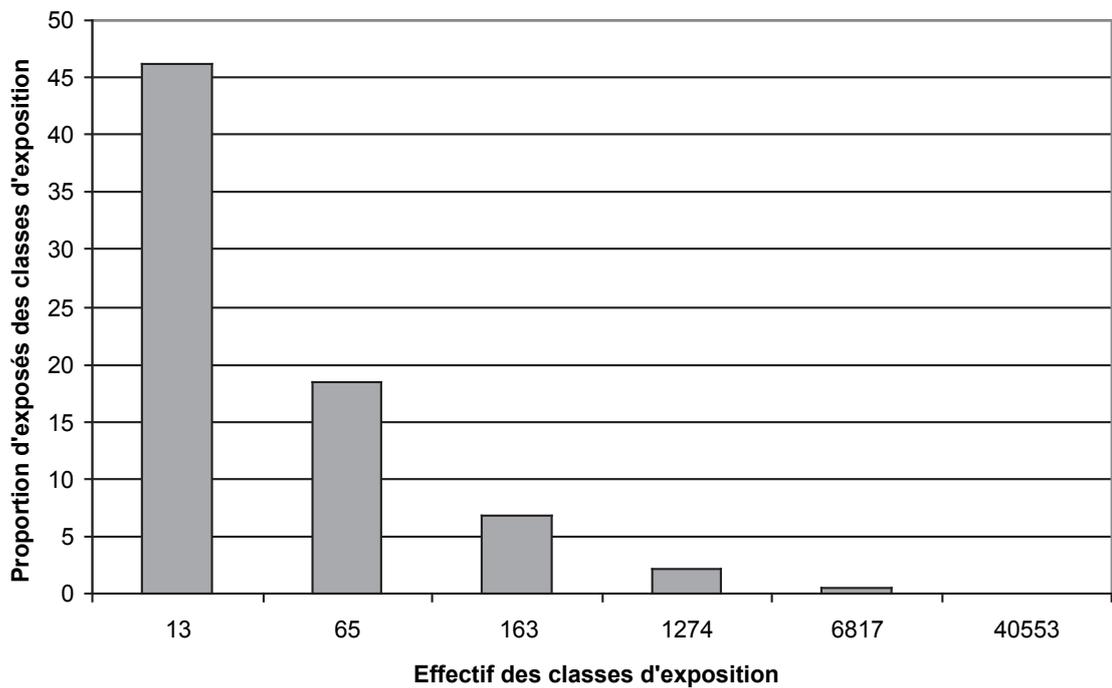
### CYTOSTATIQUES



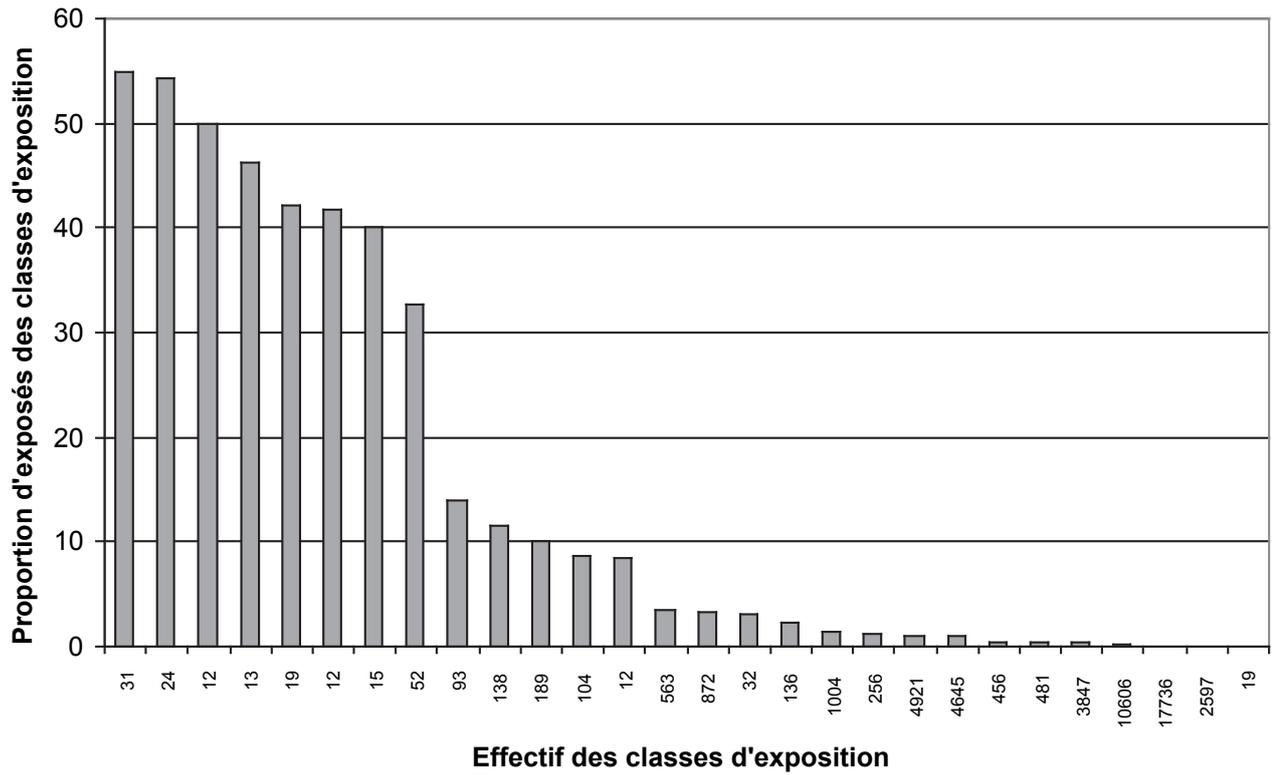
### MÉDICAMENTS ALLERGISANTS



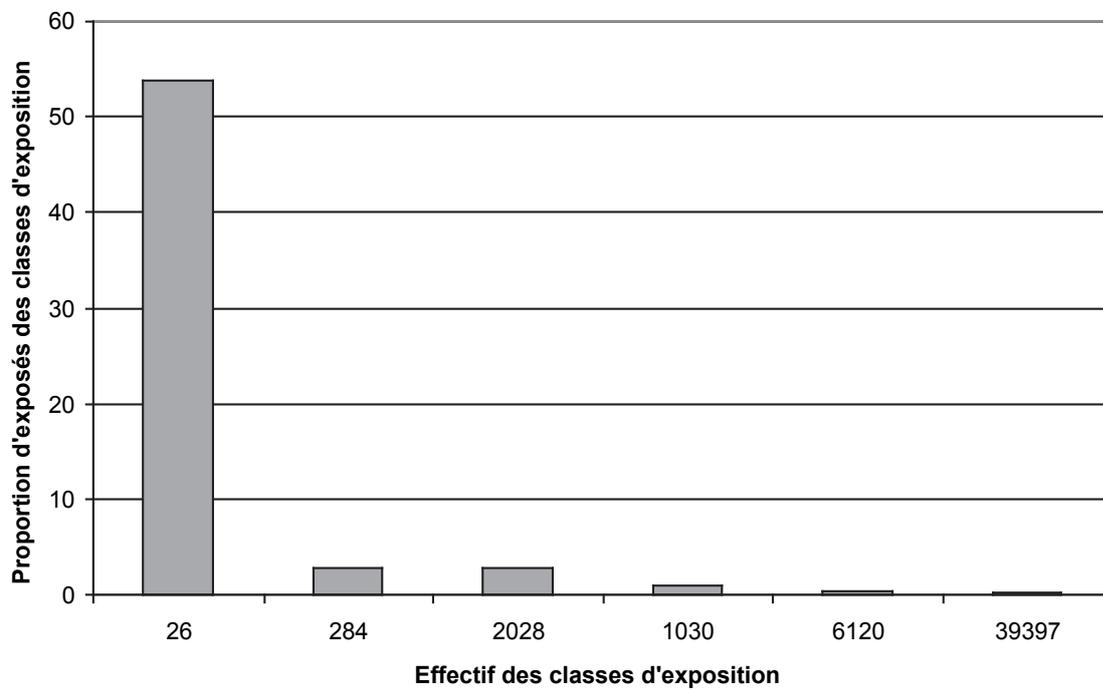
### CARBURES MÉTALLIQUES FRITTÉS



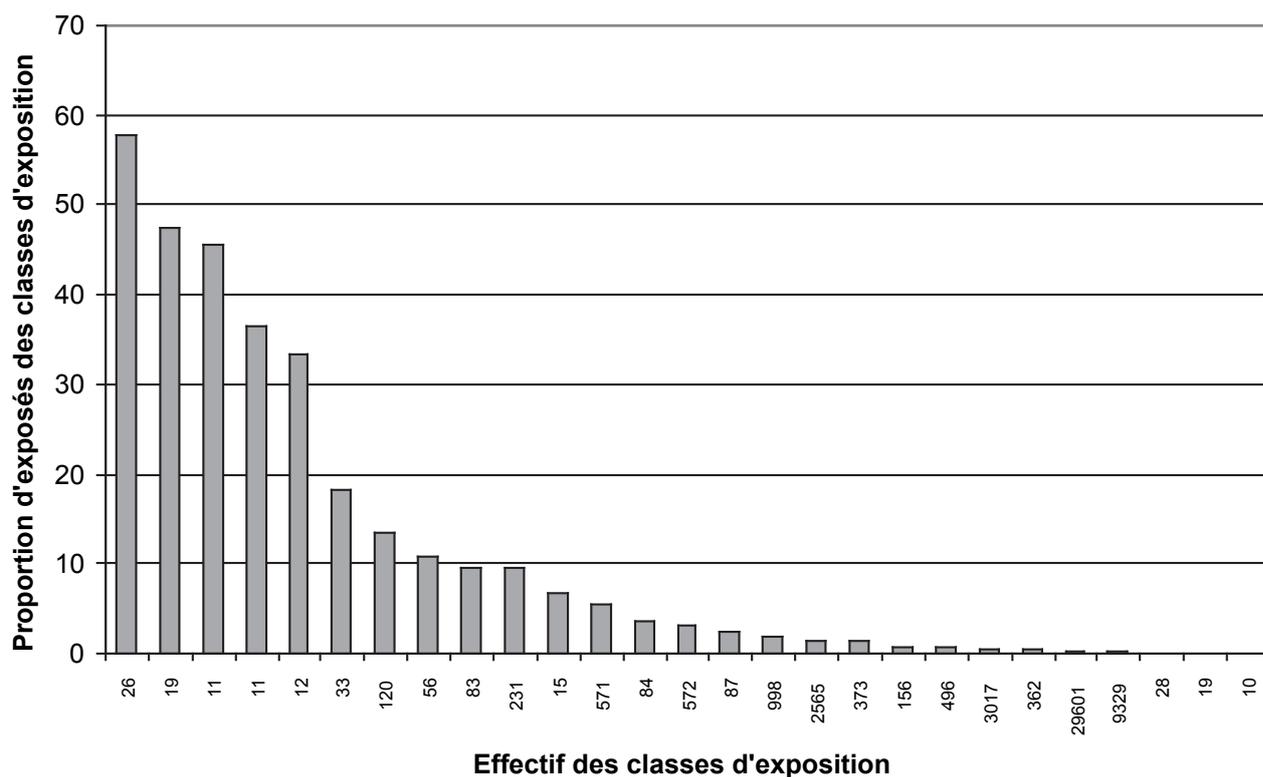
### CHROME



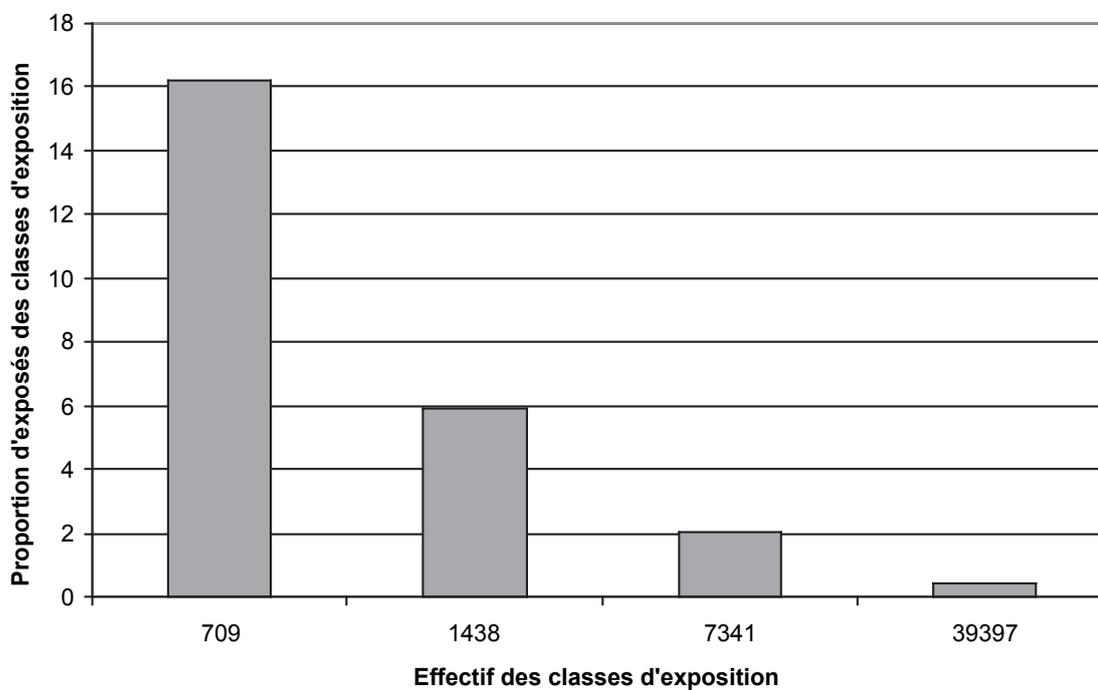
### COBALT



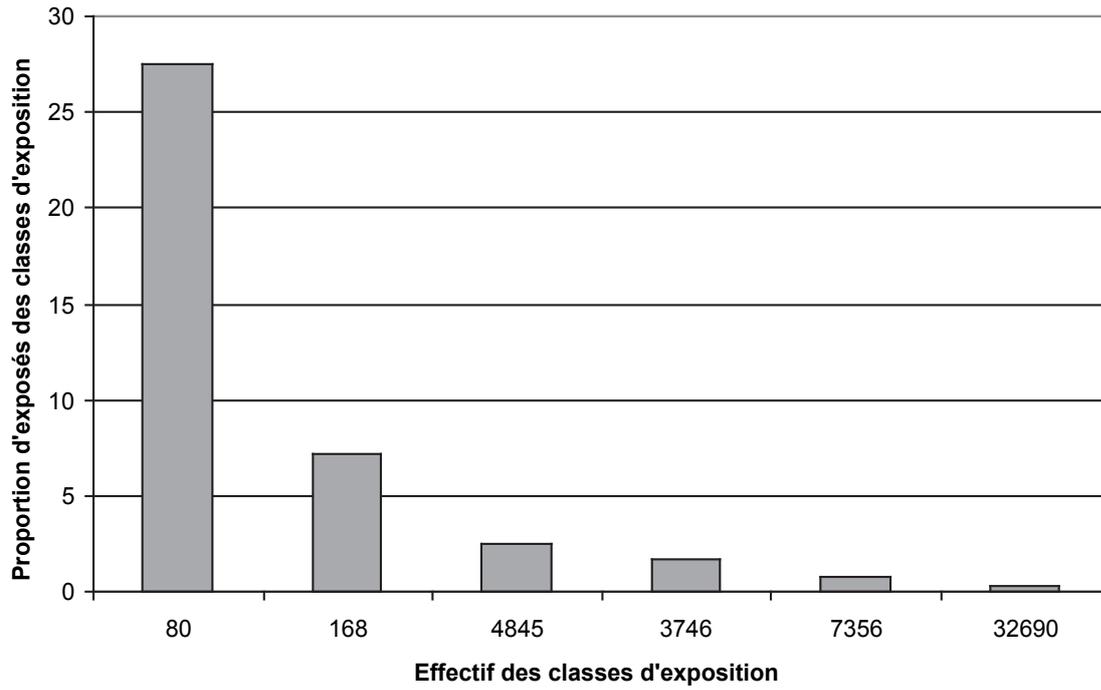
### NICKEL



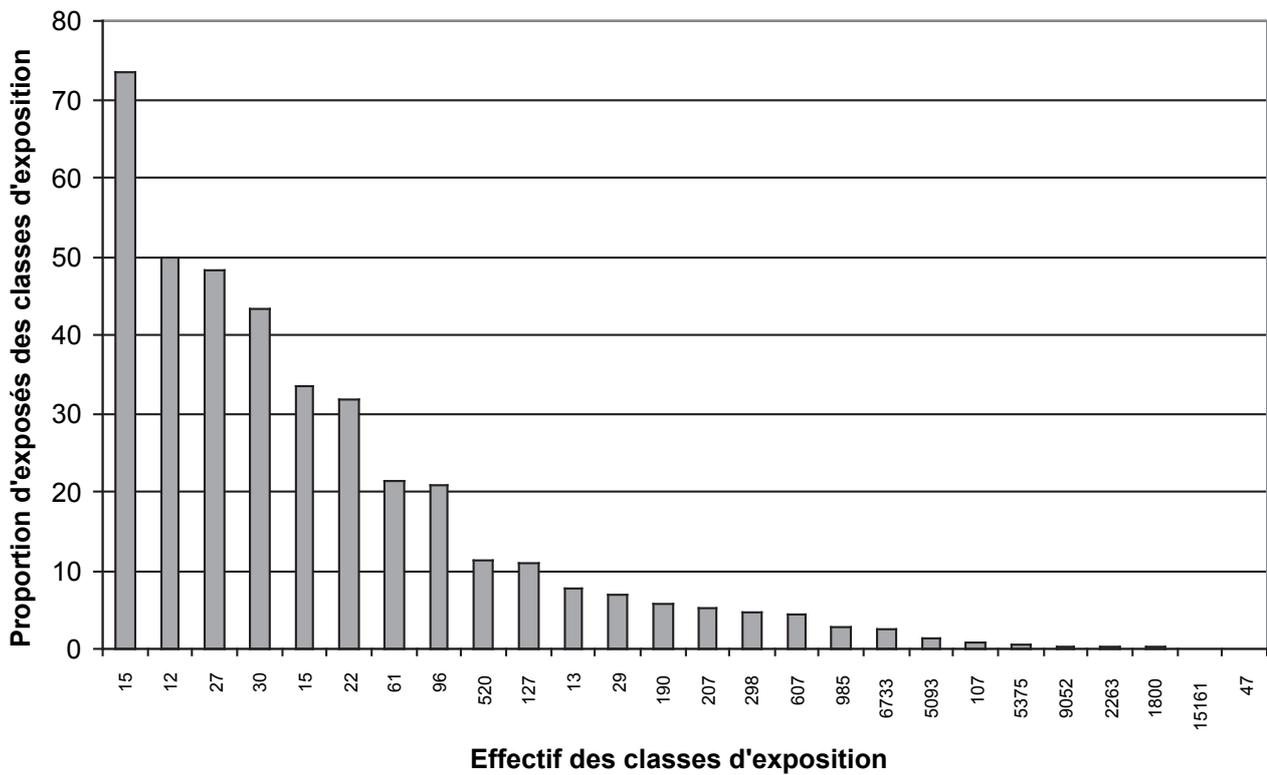
### OXYDE DE FER



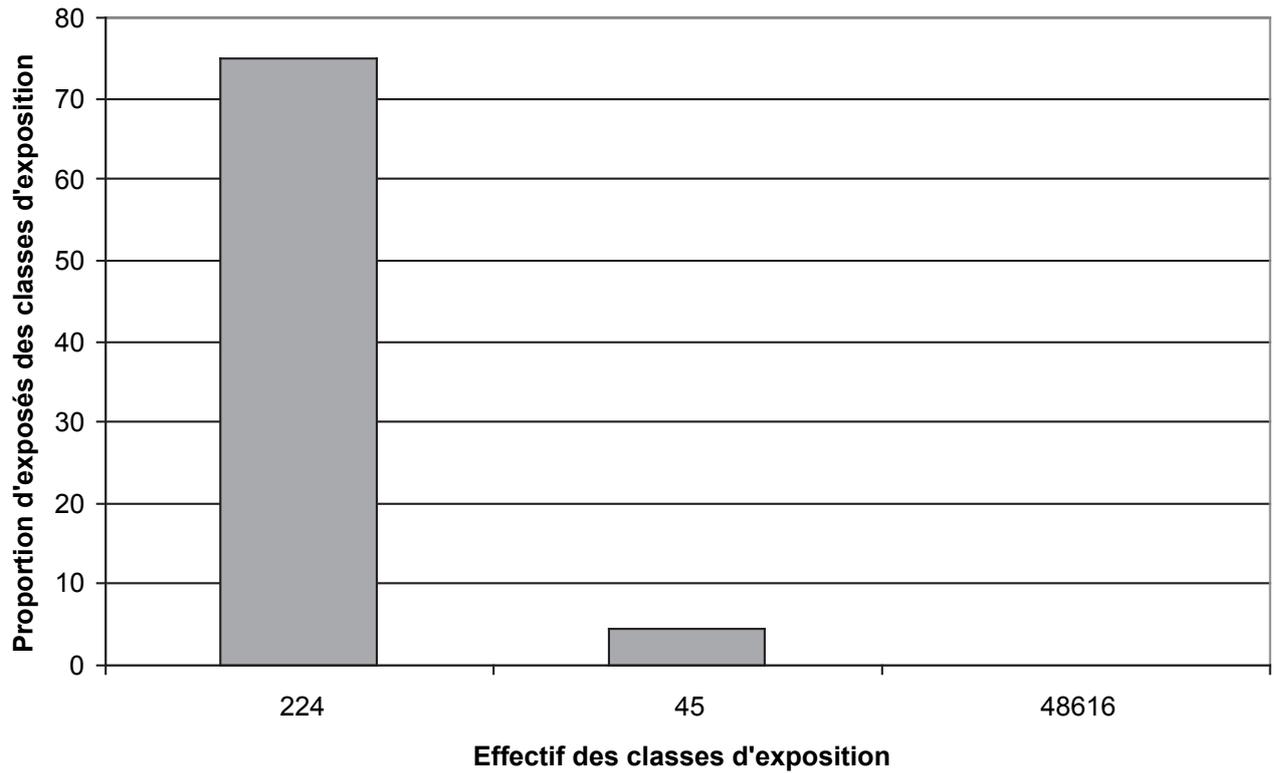
PLOMB



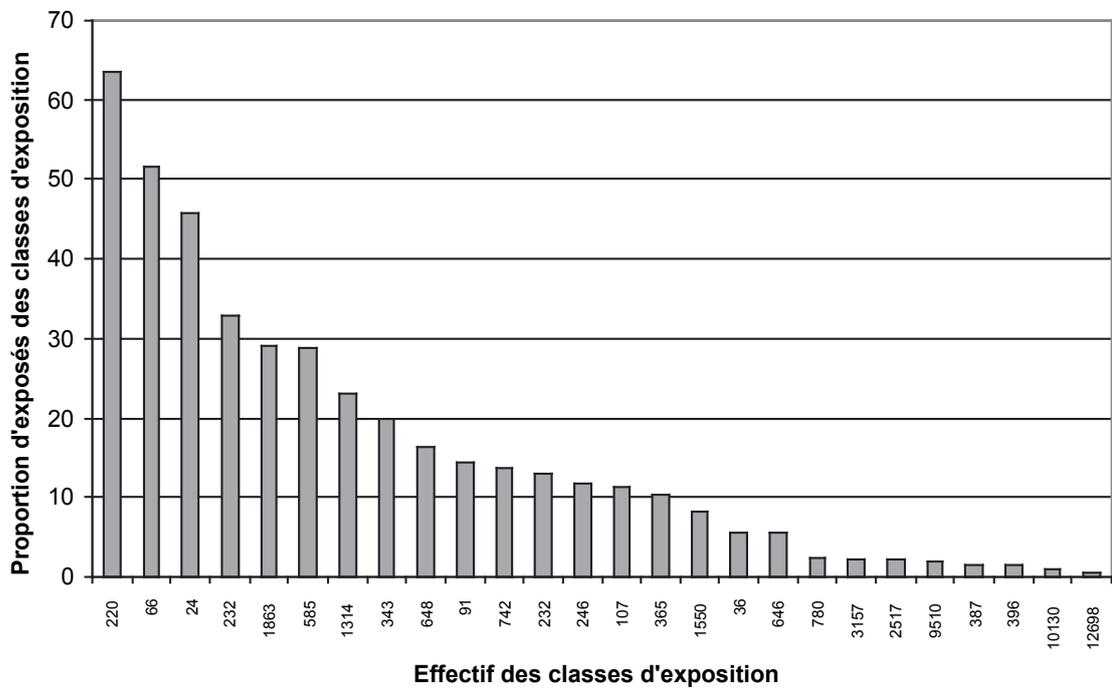
AUTRES MÉTAUX



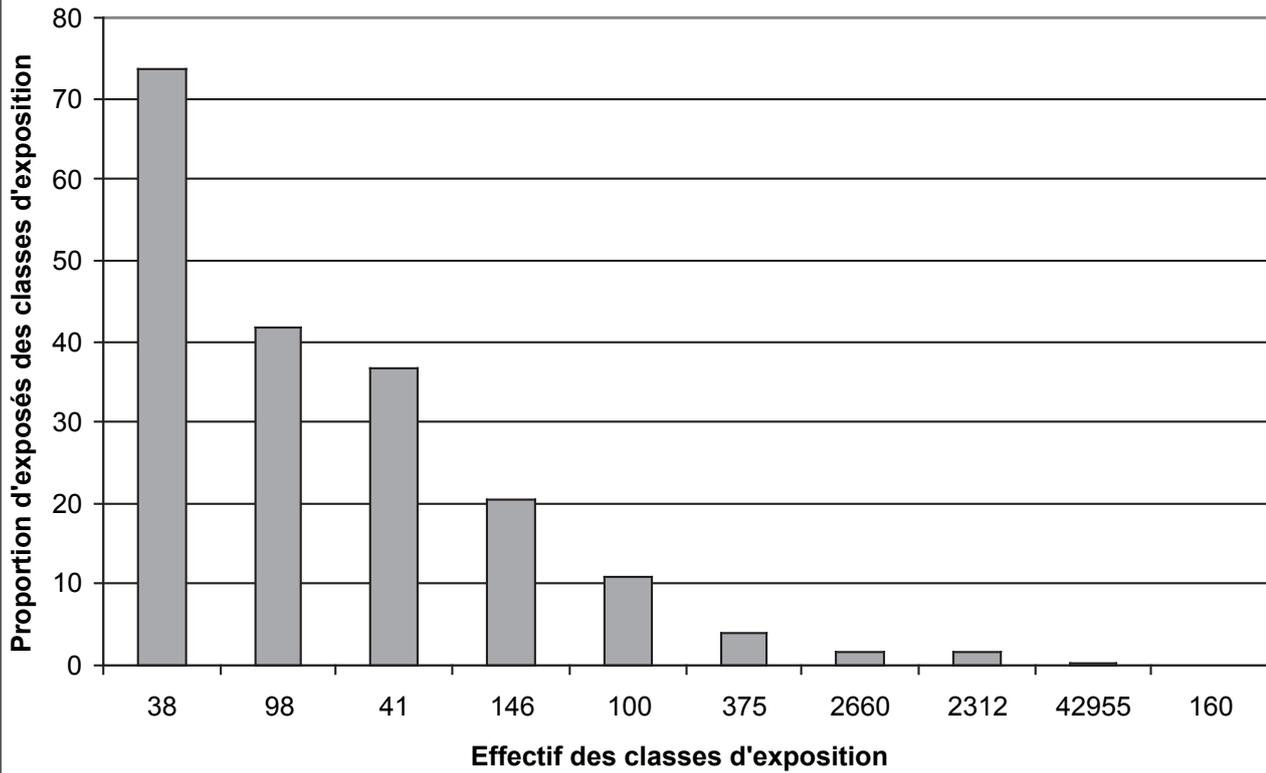
PERSULFATES



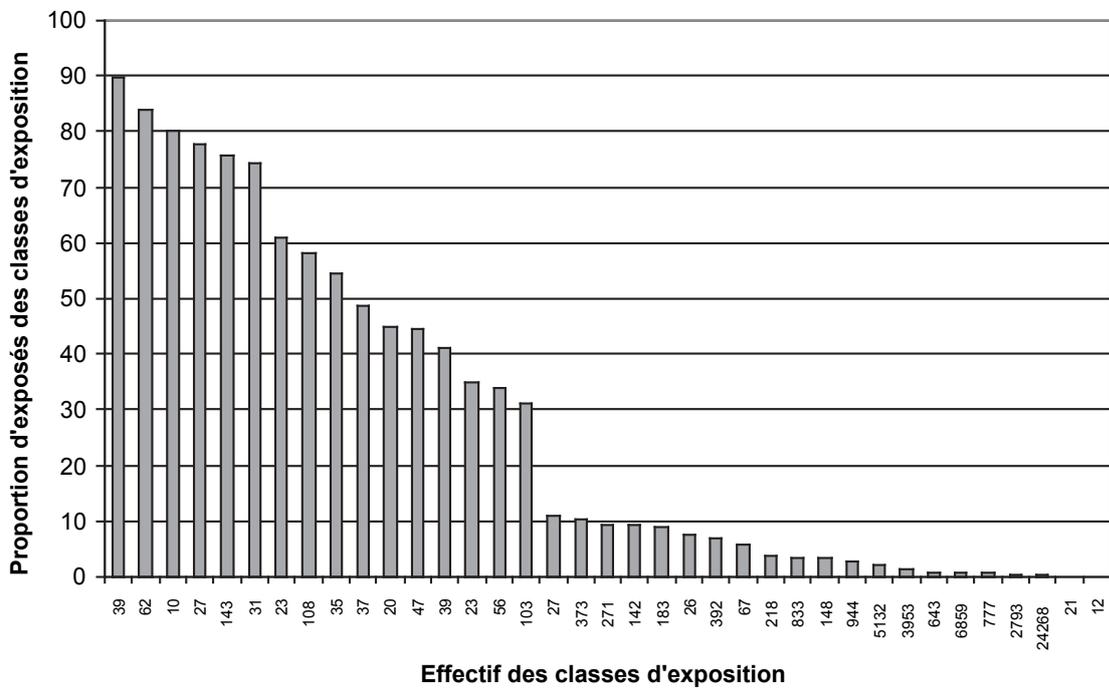
AUTRES OXYDANTS



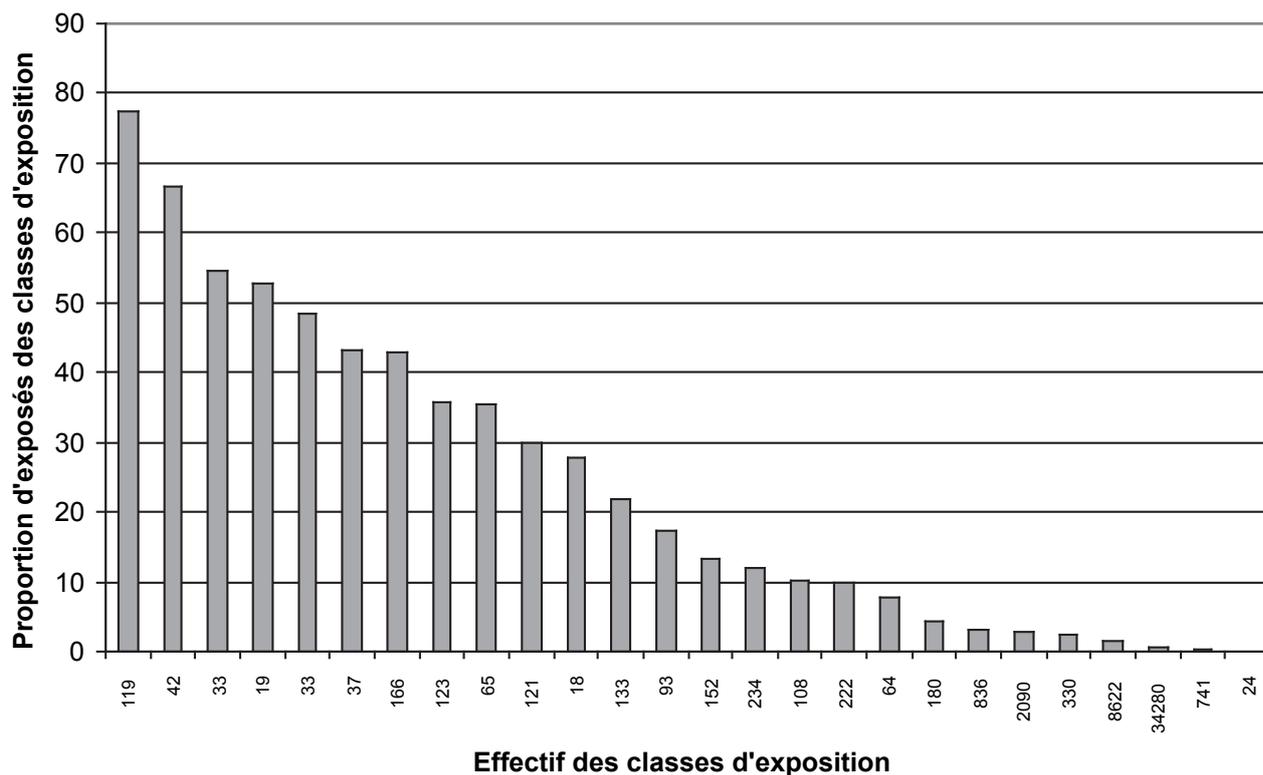
POUSSIÈRES ANIMALES



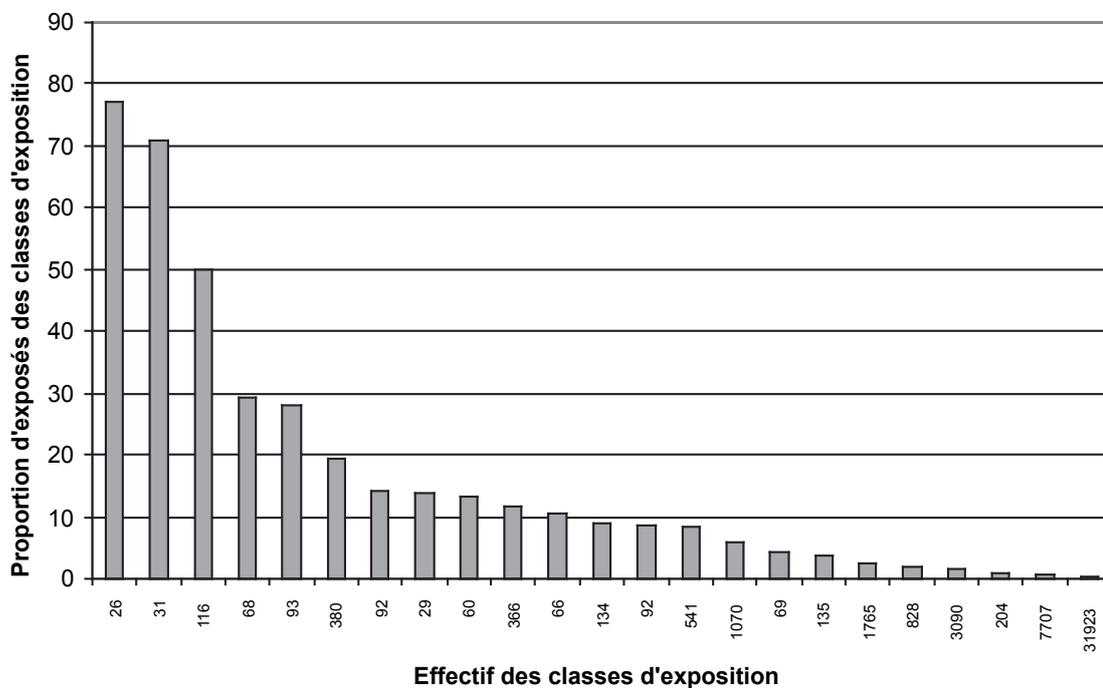
POUSSIÈRES DE BOIS



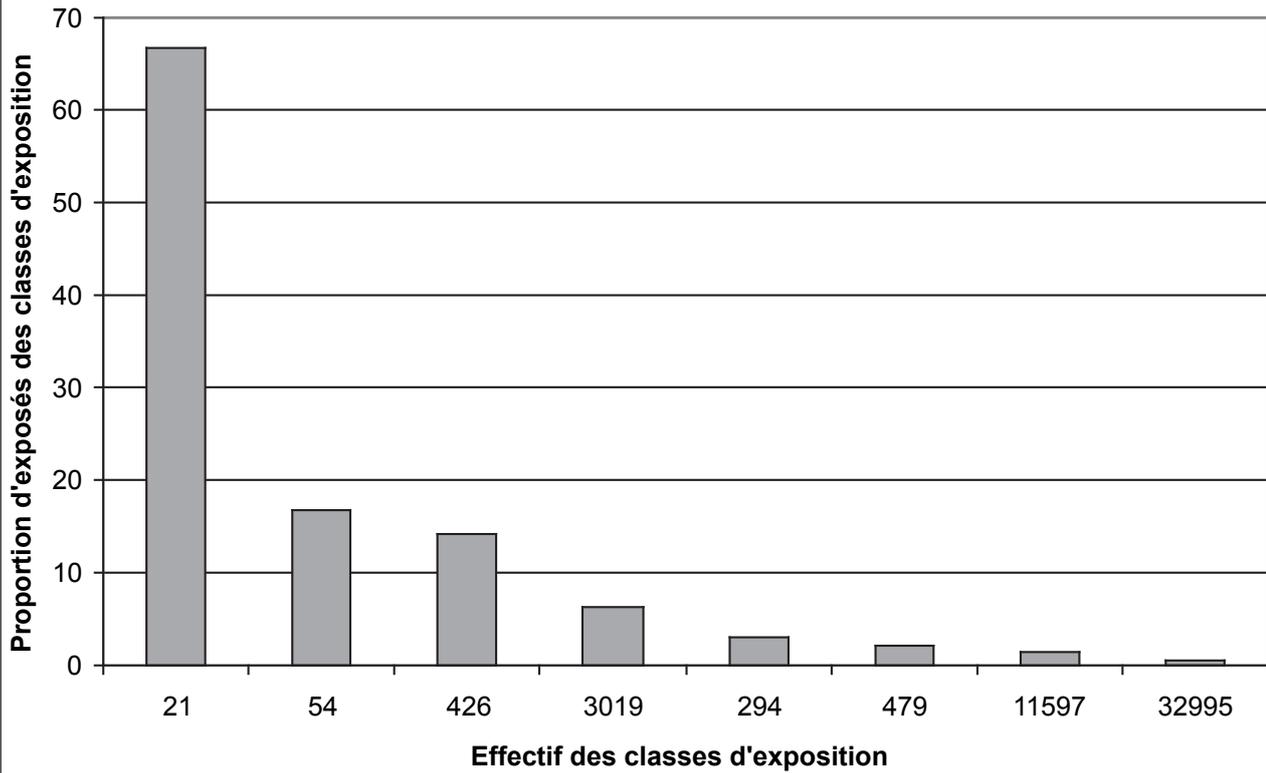
### POUSSIÈRES VÉGÉTALES



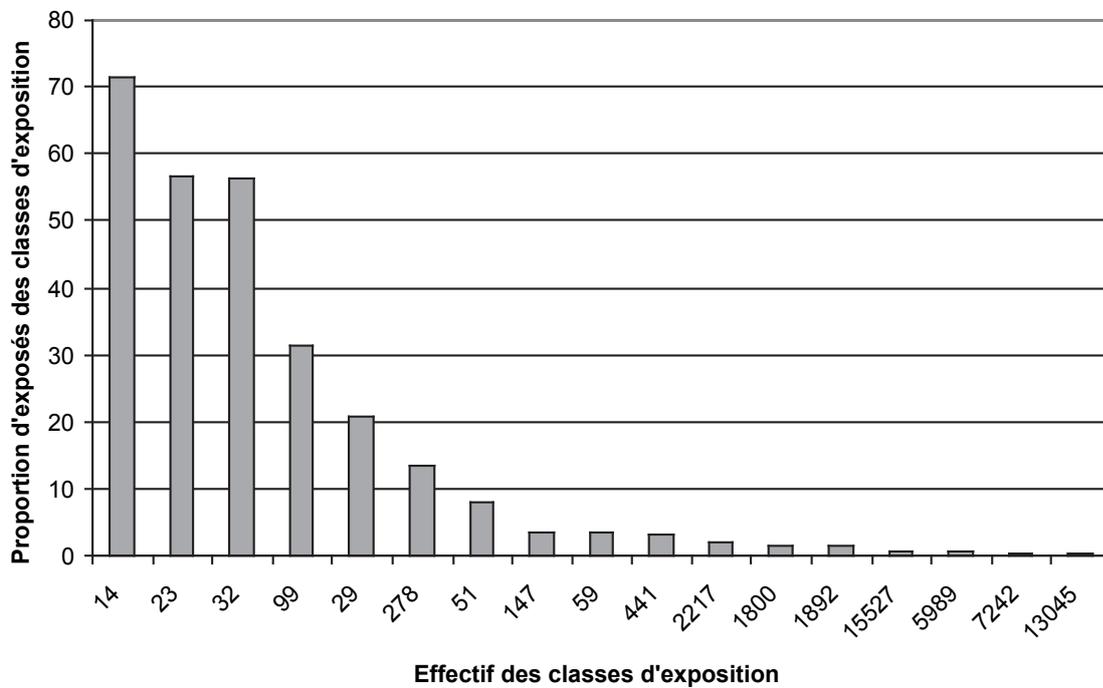
### SILICE CRISTALLINE



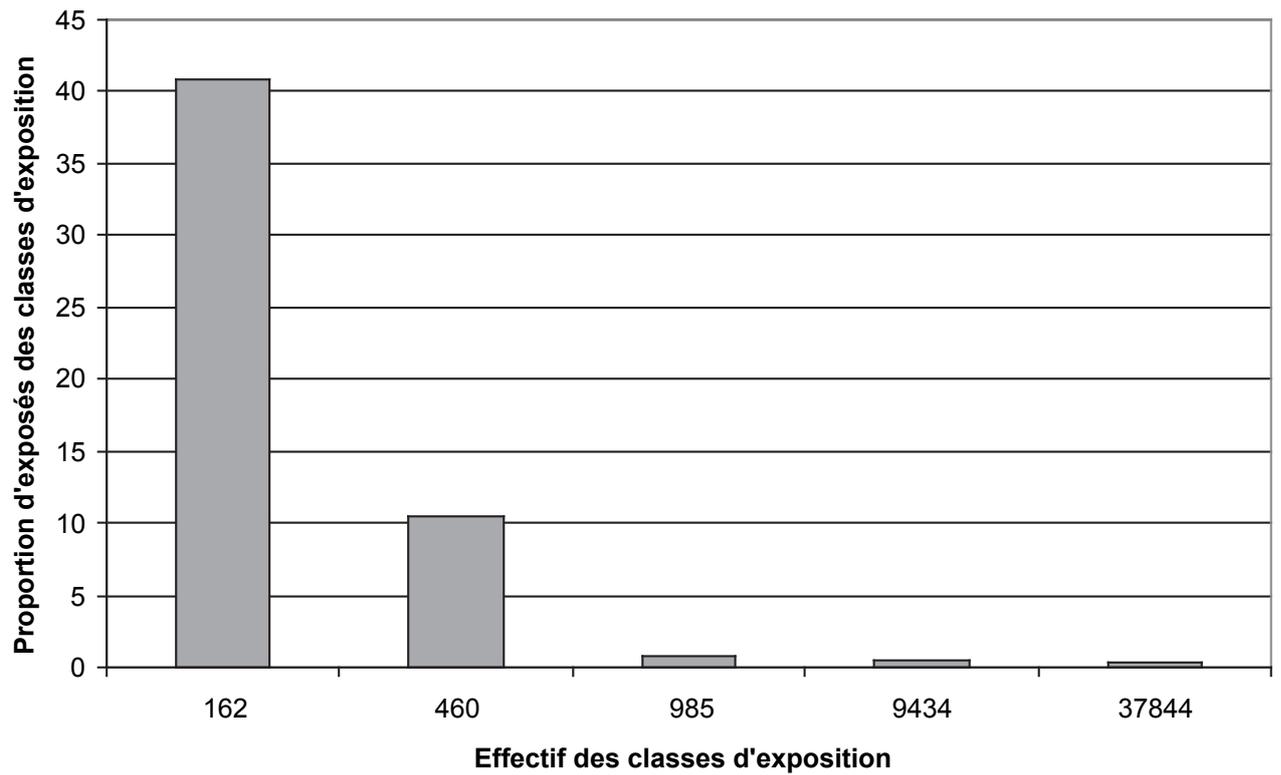
AUTRES POUSSIÈRES MINÉRALES



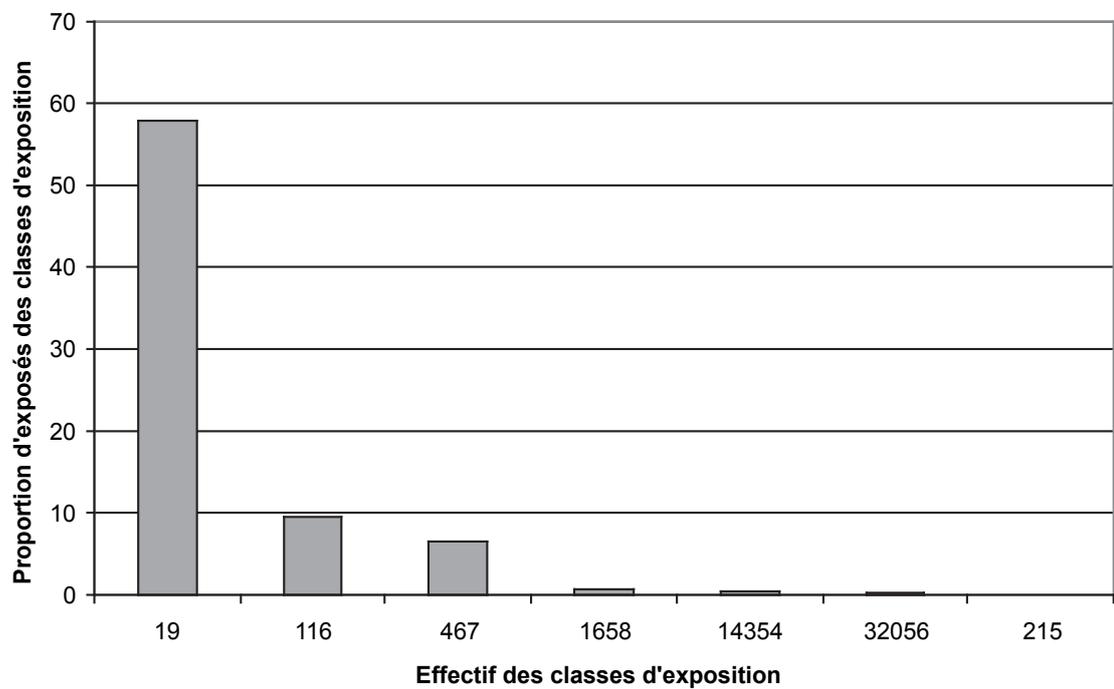
FONGICIDES



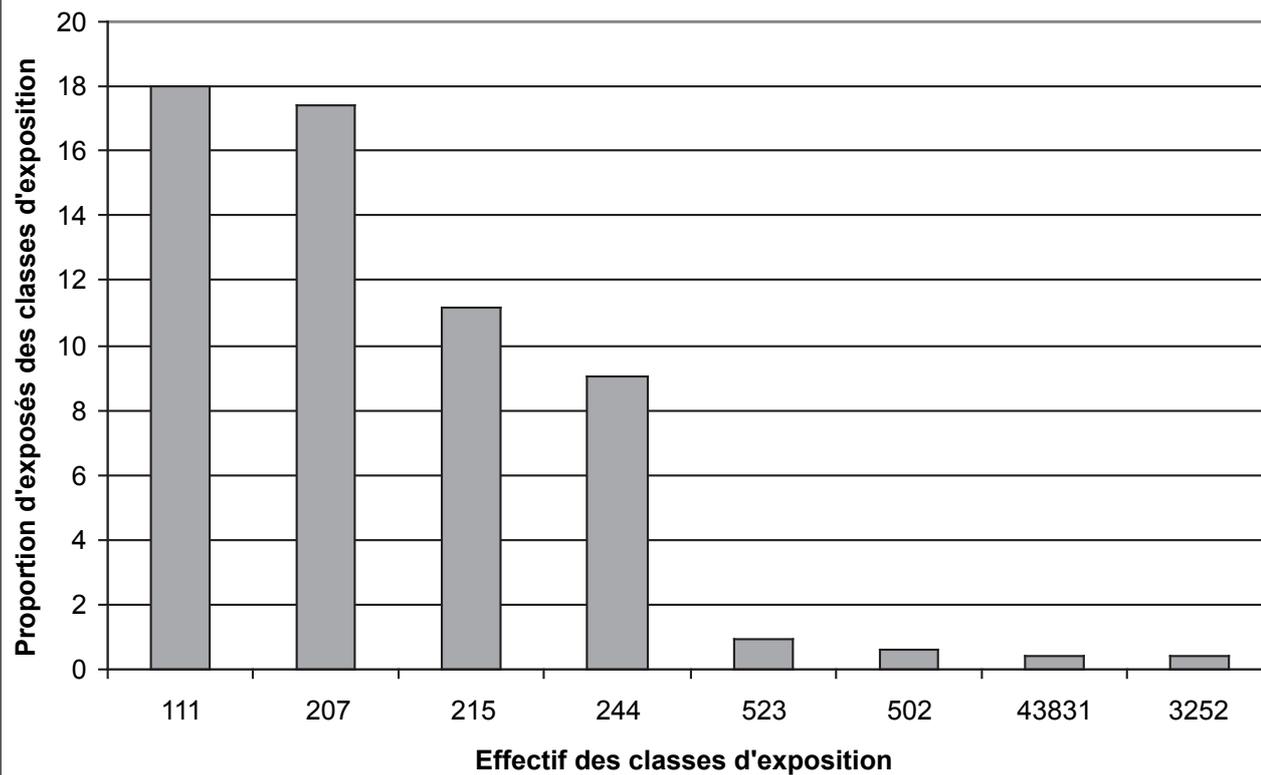
### HERBICIDES



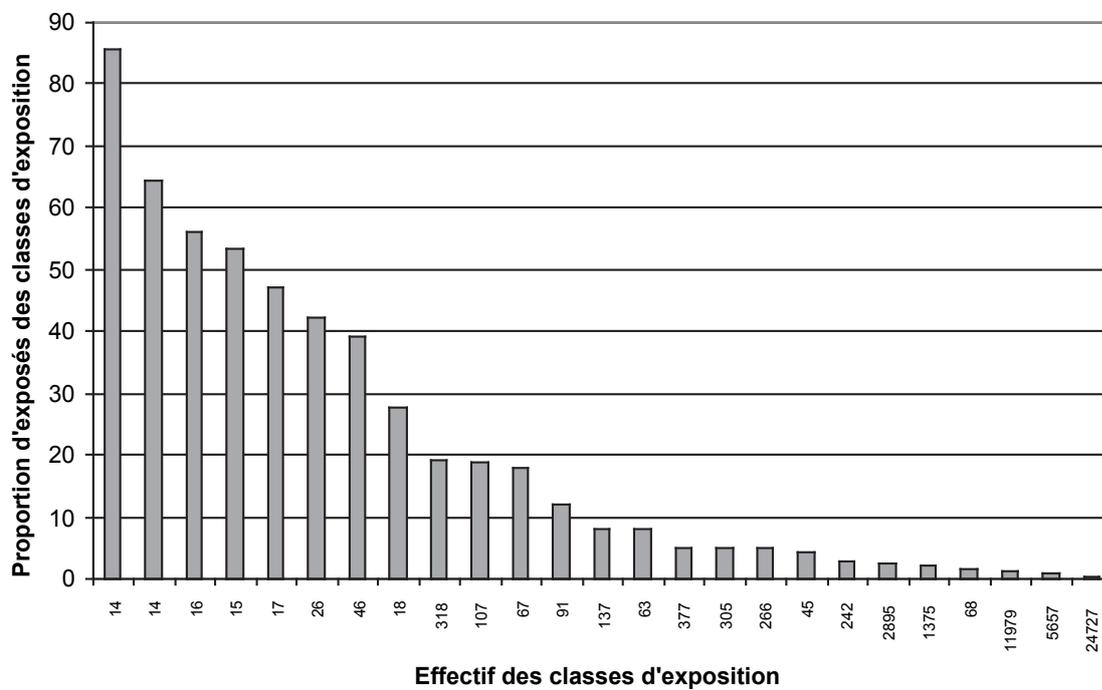
### INSECTICIDES ORGANOPHOSPHORÉS



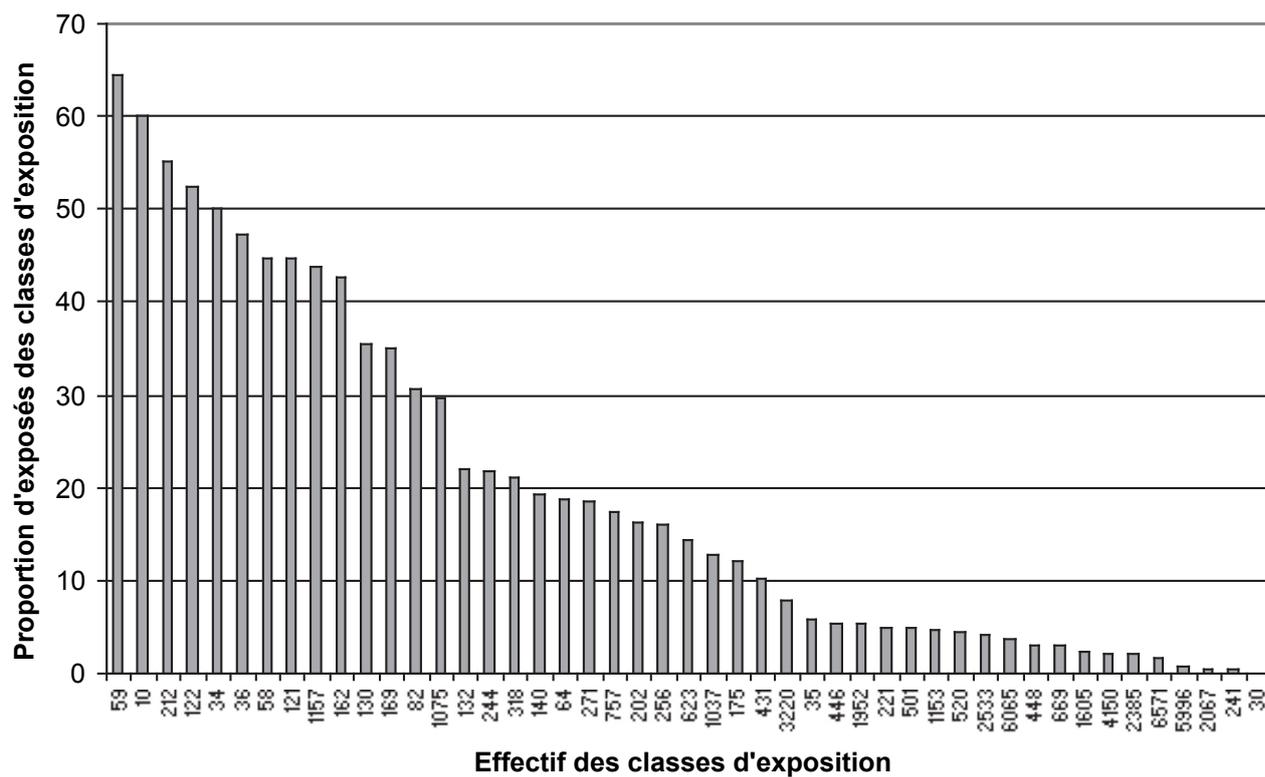
### AUTRES INSECTICIDES



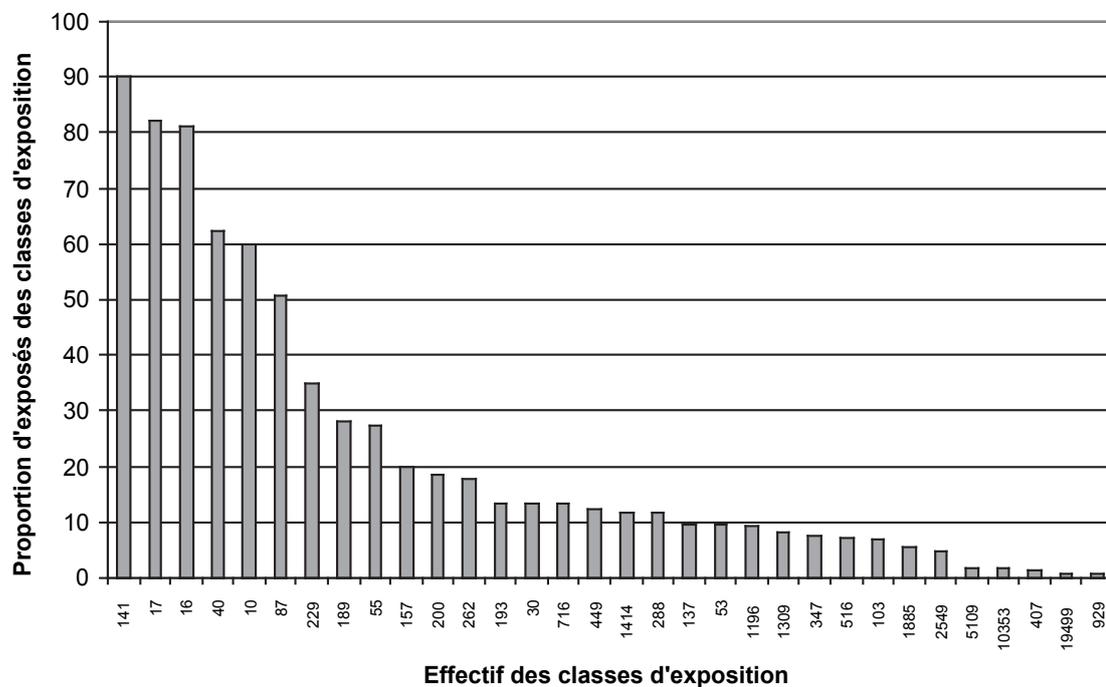
### MÉTHANOL



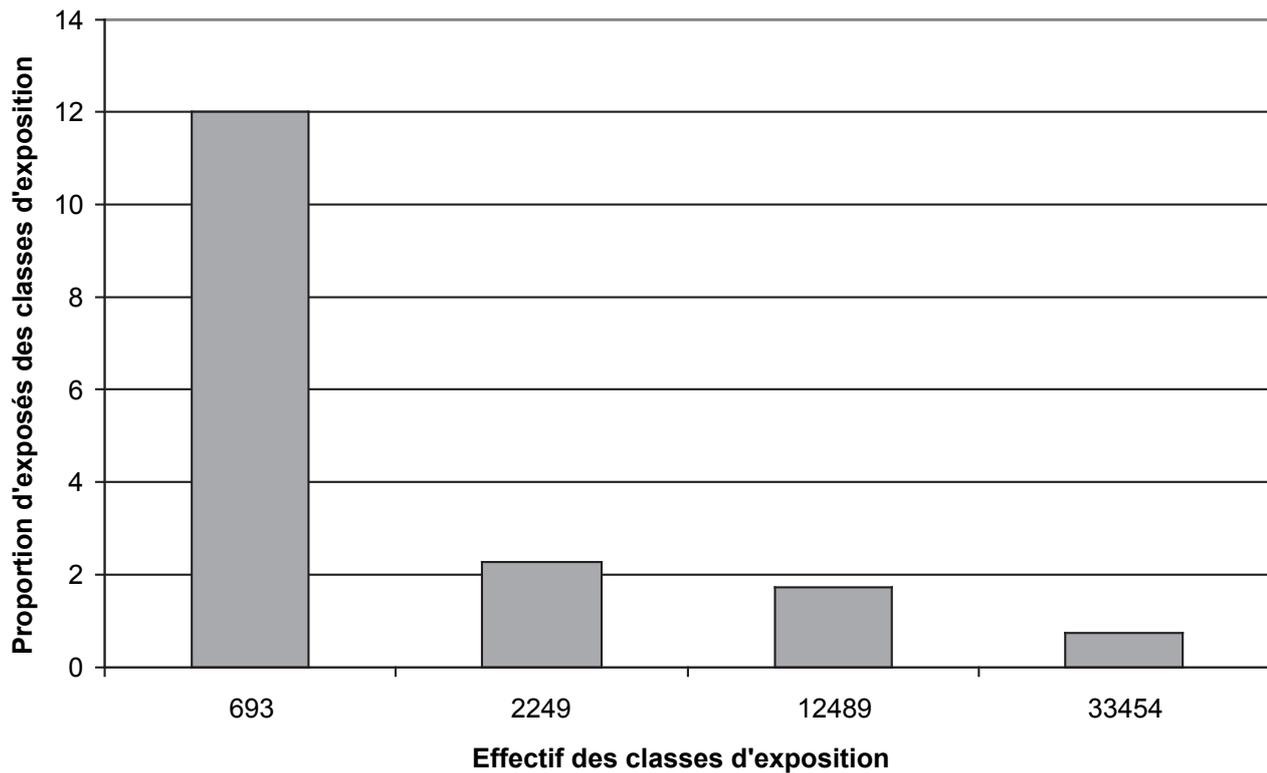
### AUTRES ALCOOLS



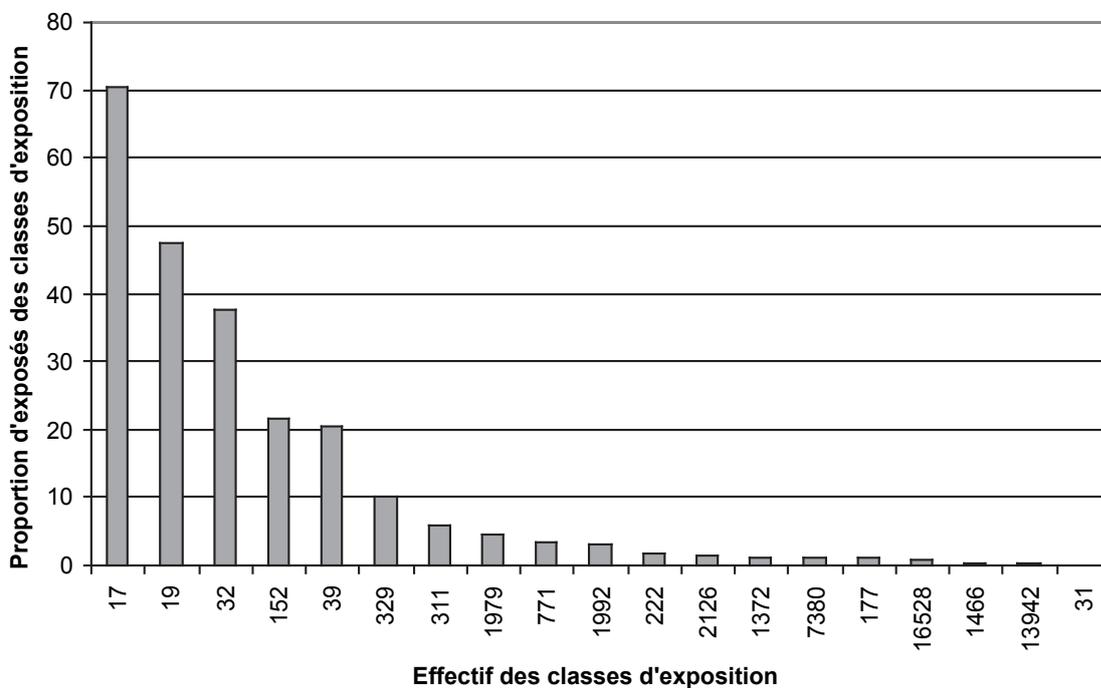
### AUTRES CÉTONES (SAUF NMP)



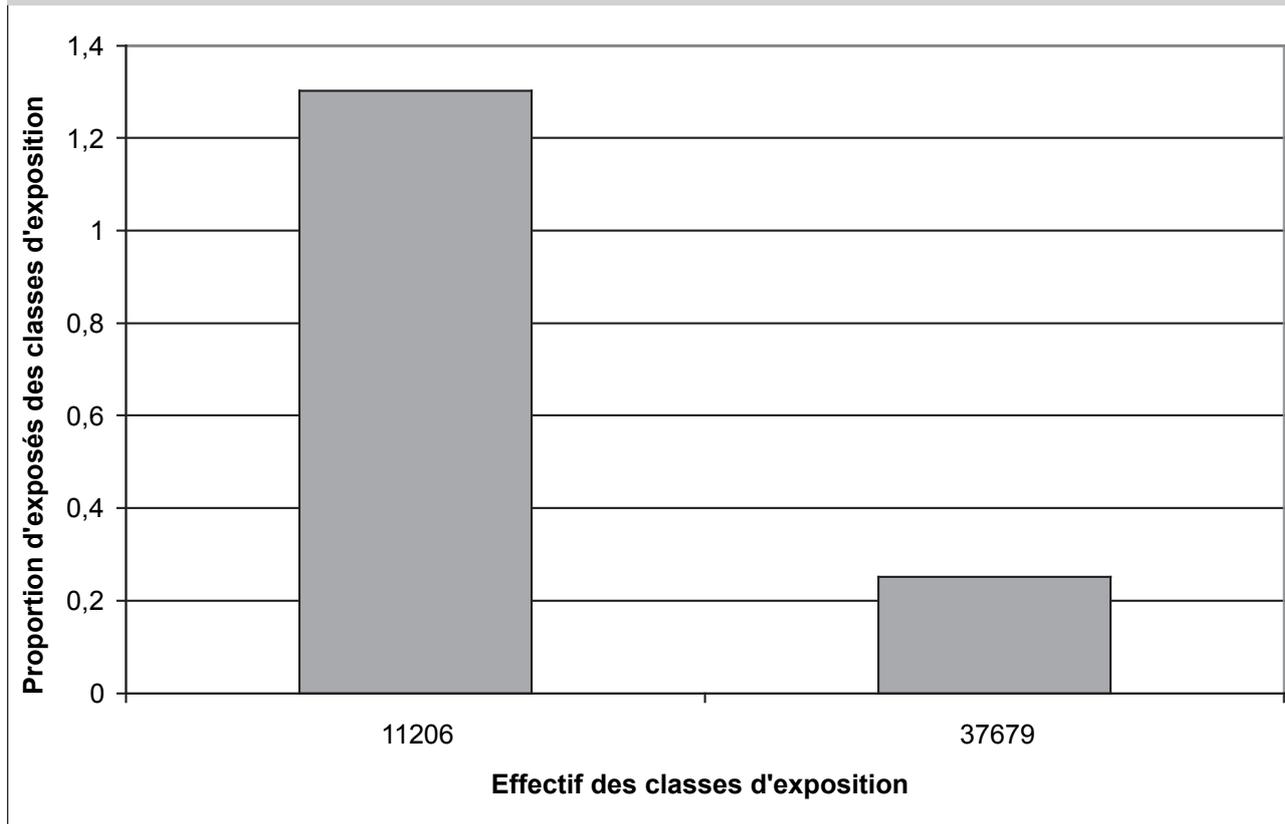
Éthers de glycol (dérivés de l'éthylène glycol)



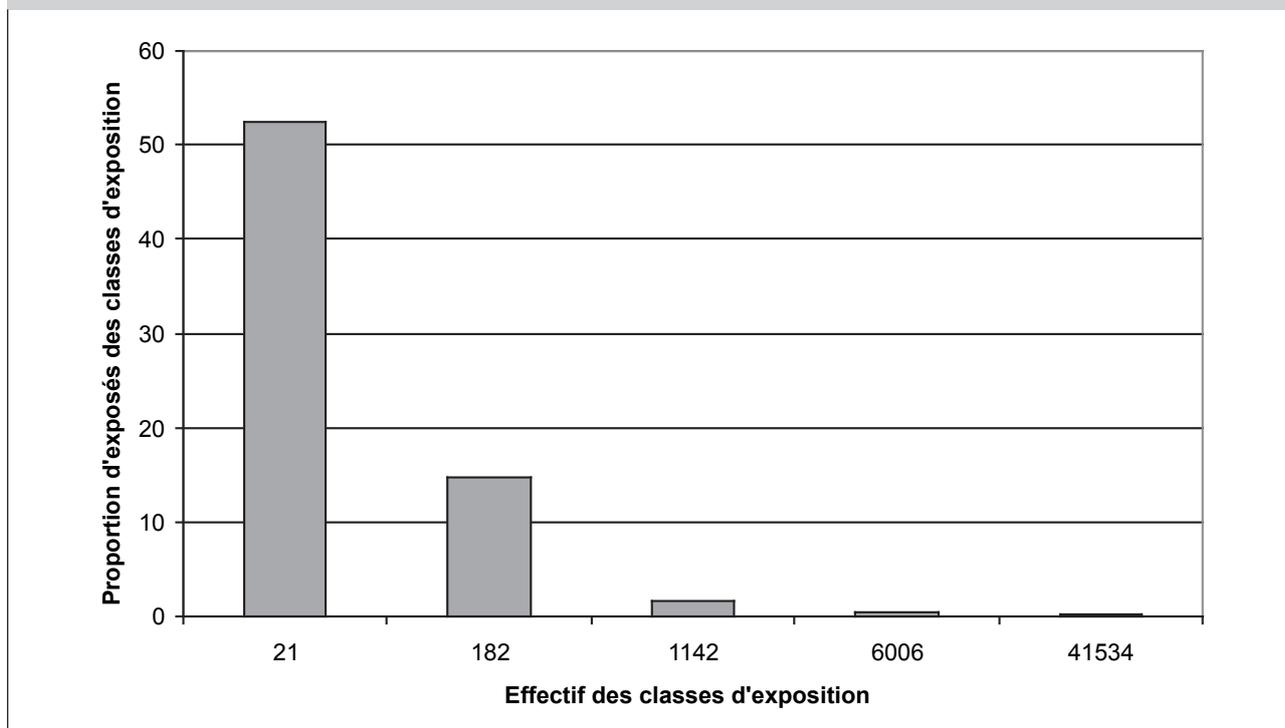
Éthers de glycol (dérivés du propylène glycol)



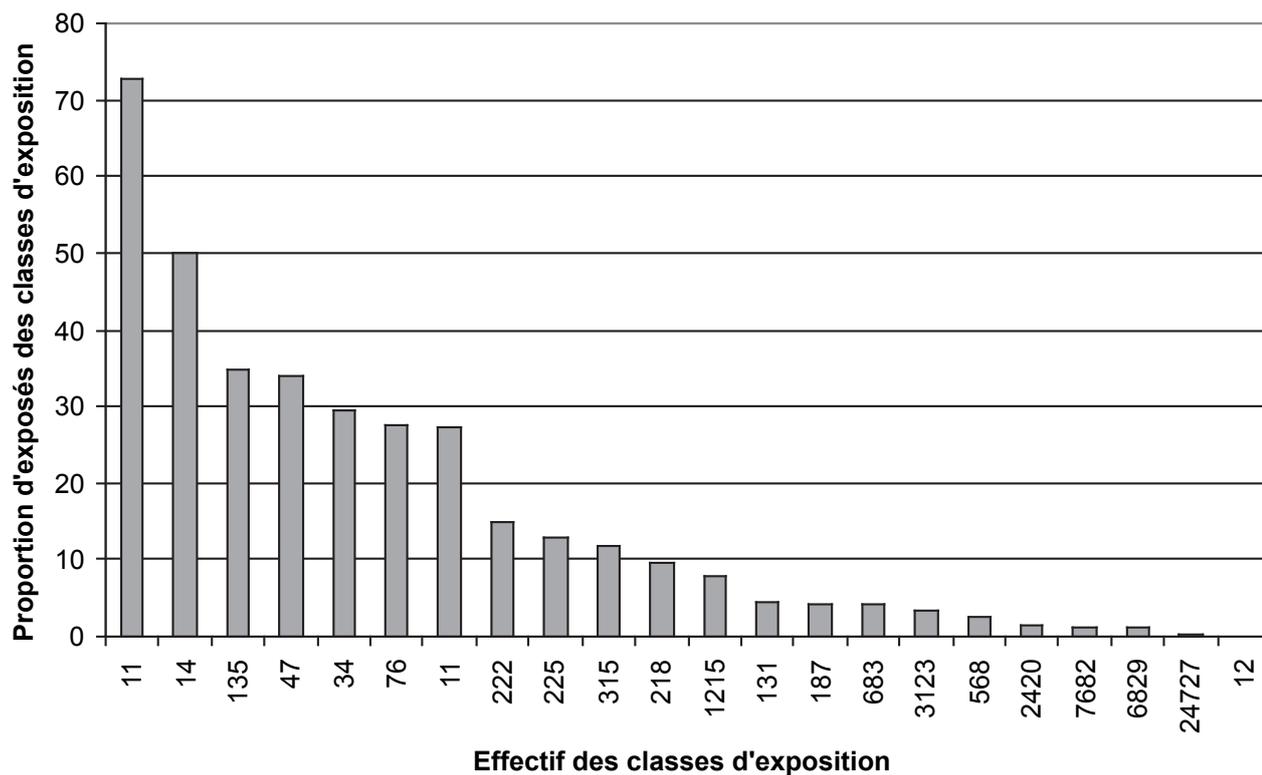
N-HEXANE



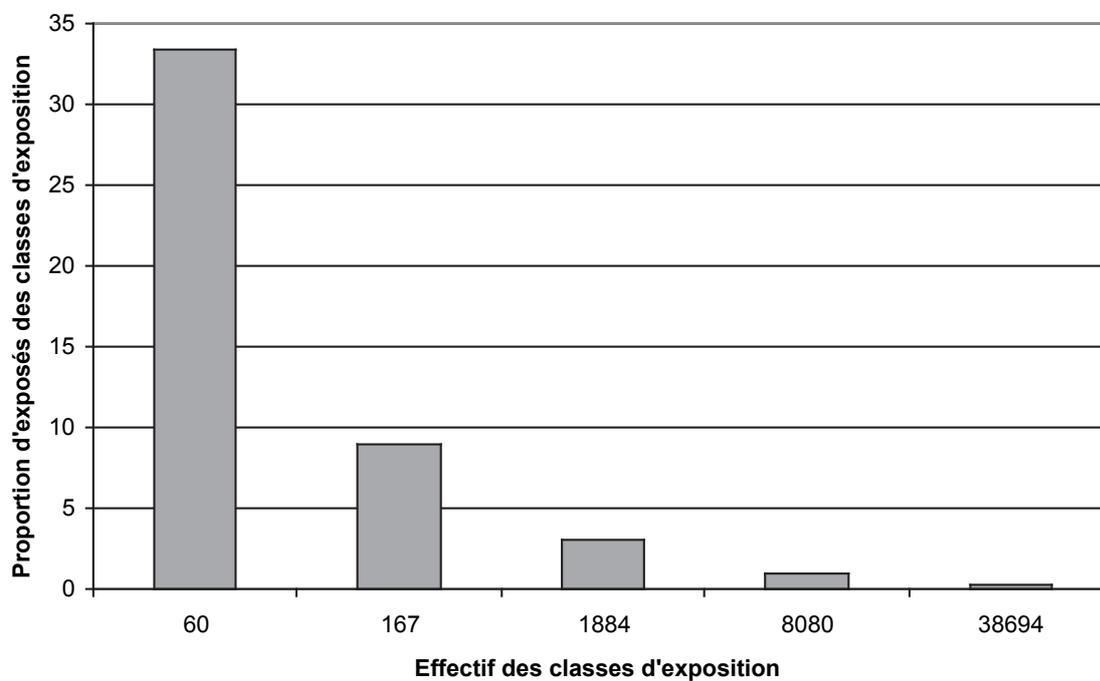
BENZÈNE



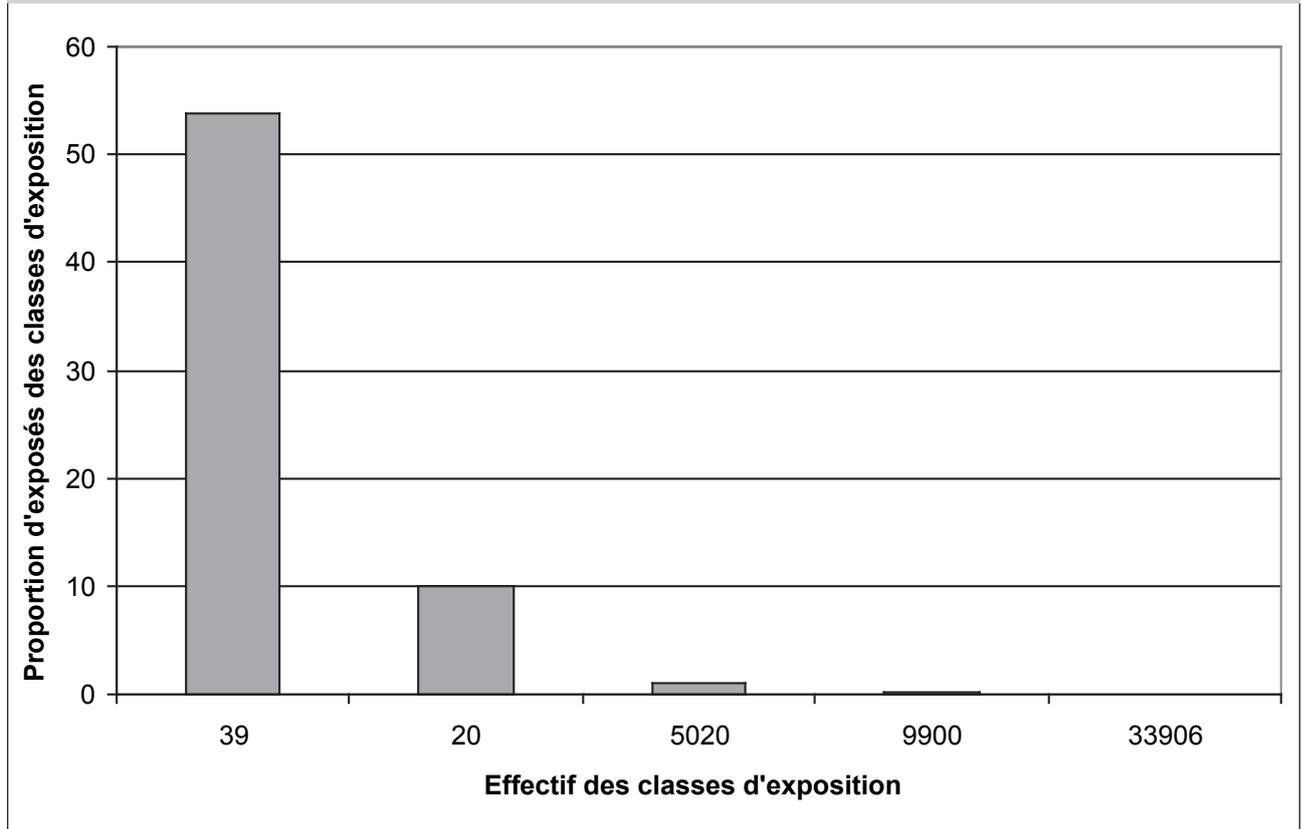
TOLUÈNE



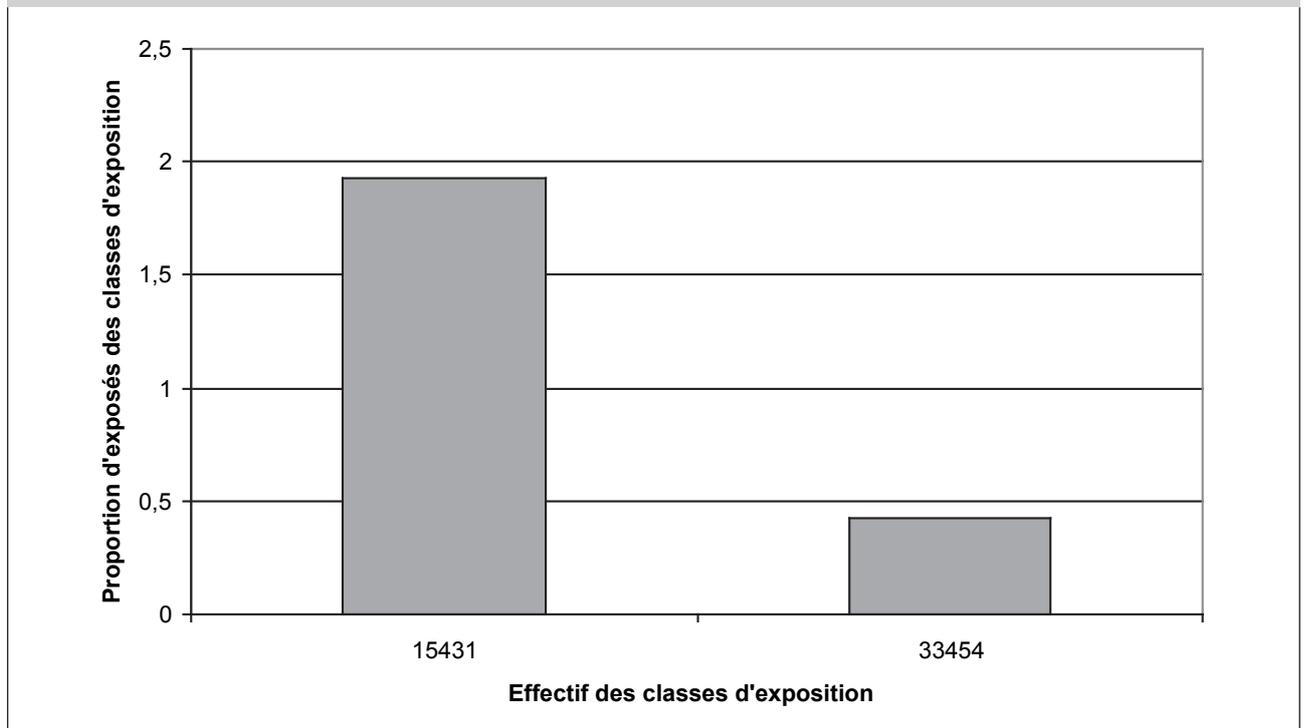
CHLORURE DE MÉTHYLÈNE



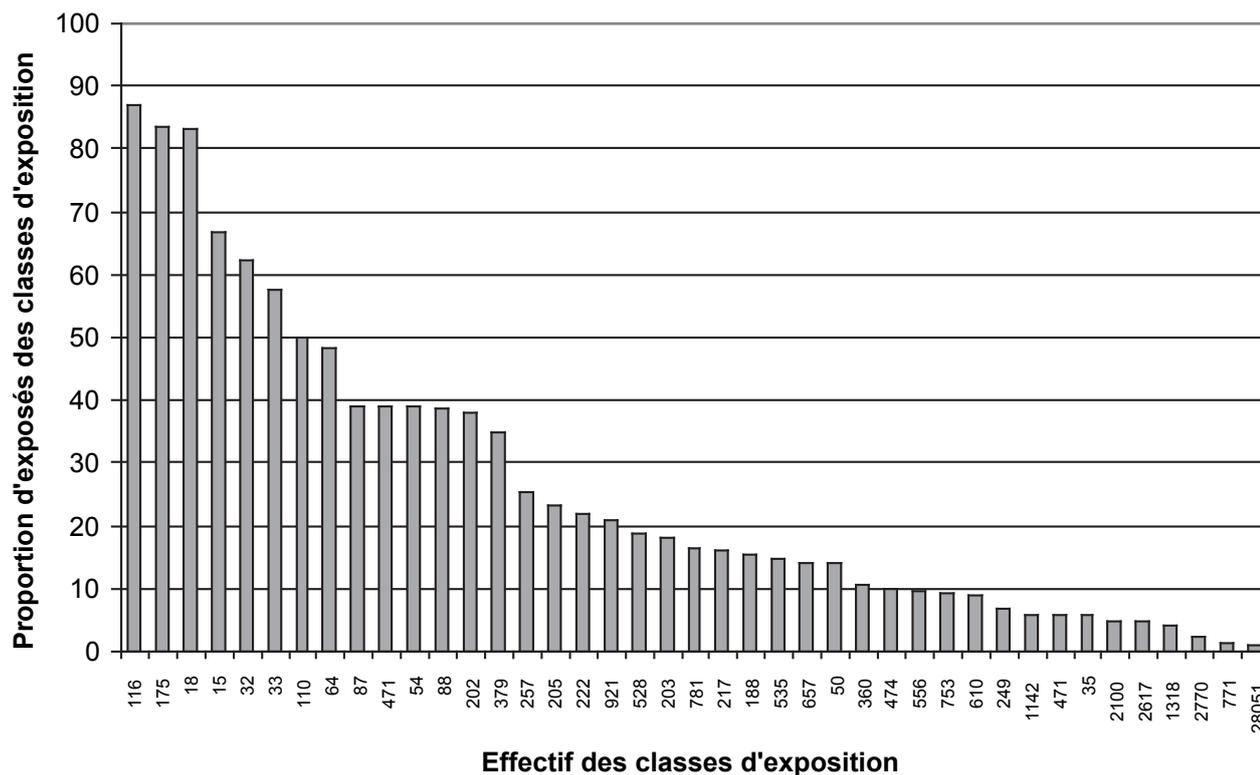
PERCHLOROÉTHYLÈNE



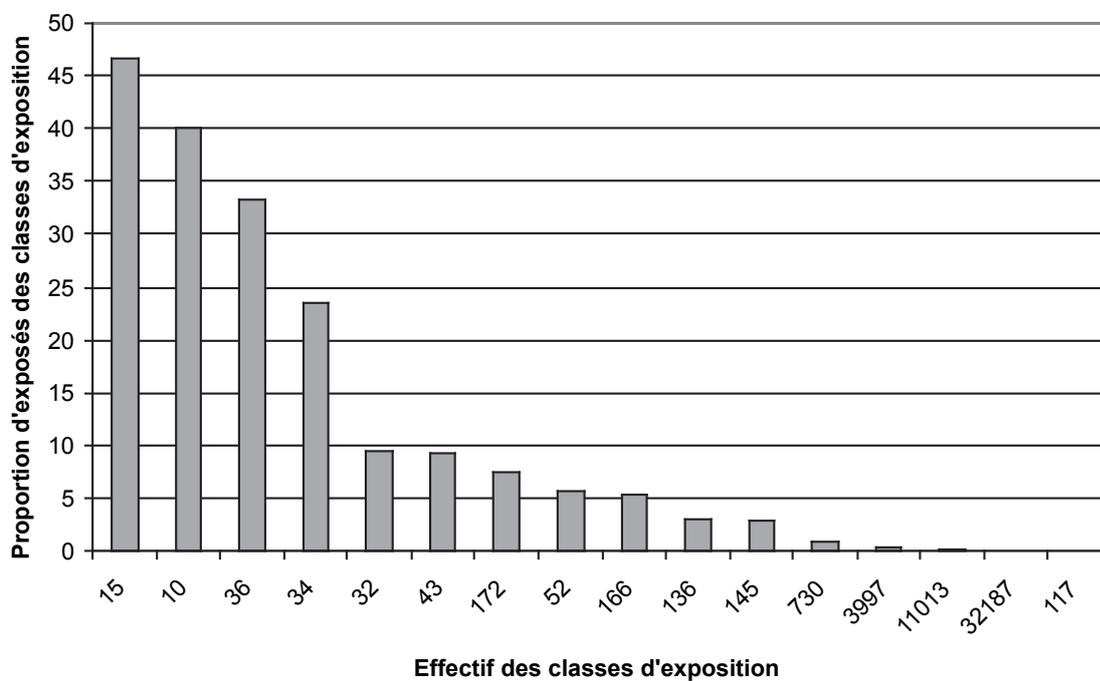
TRICHLOROÉTHYLÈNE



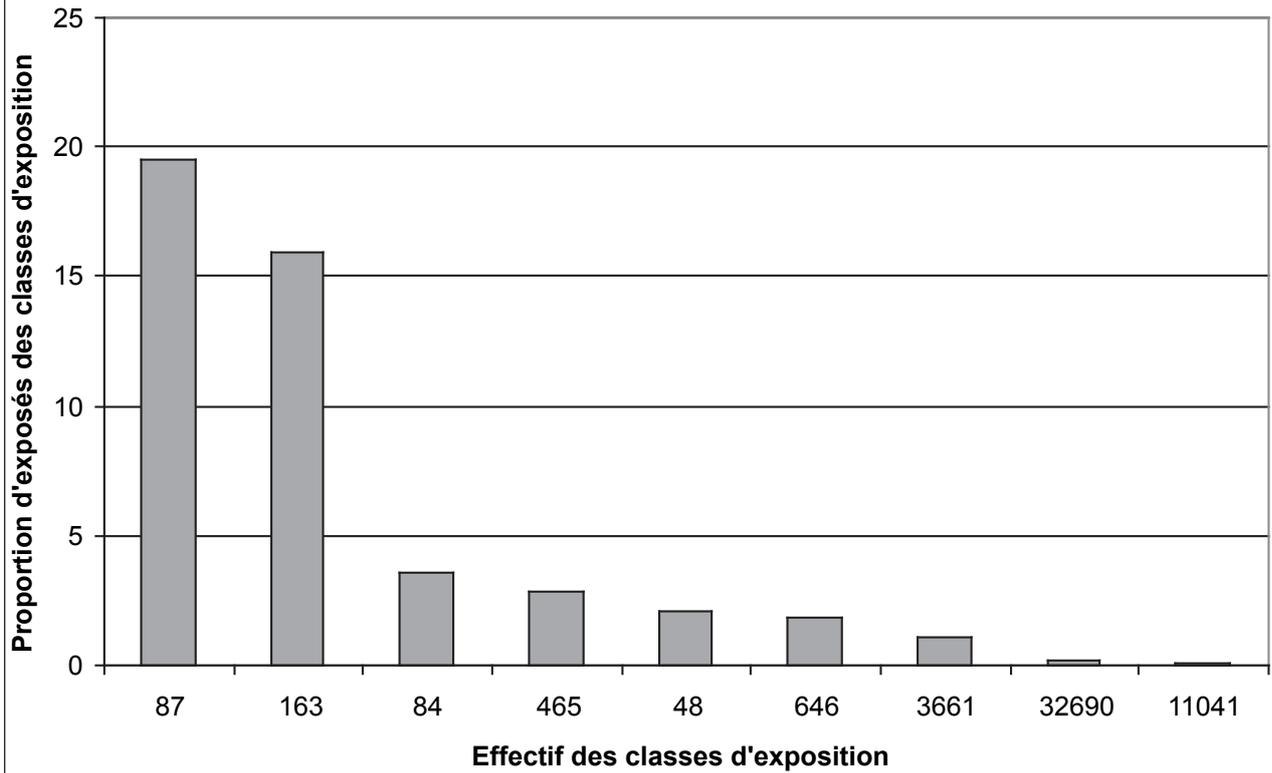
### WHITE SPIRITS, SOLVANTS NAPHTA



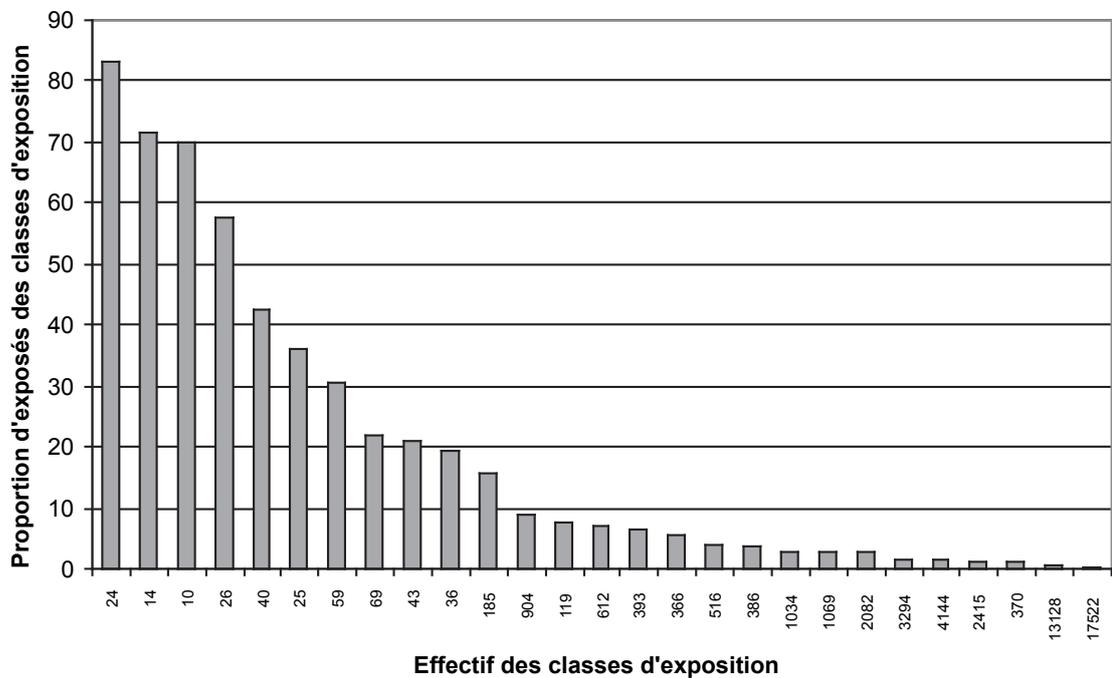
### DIMÉTHYLFORMAMIDE



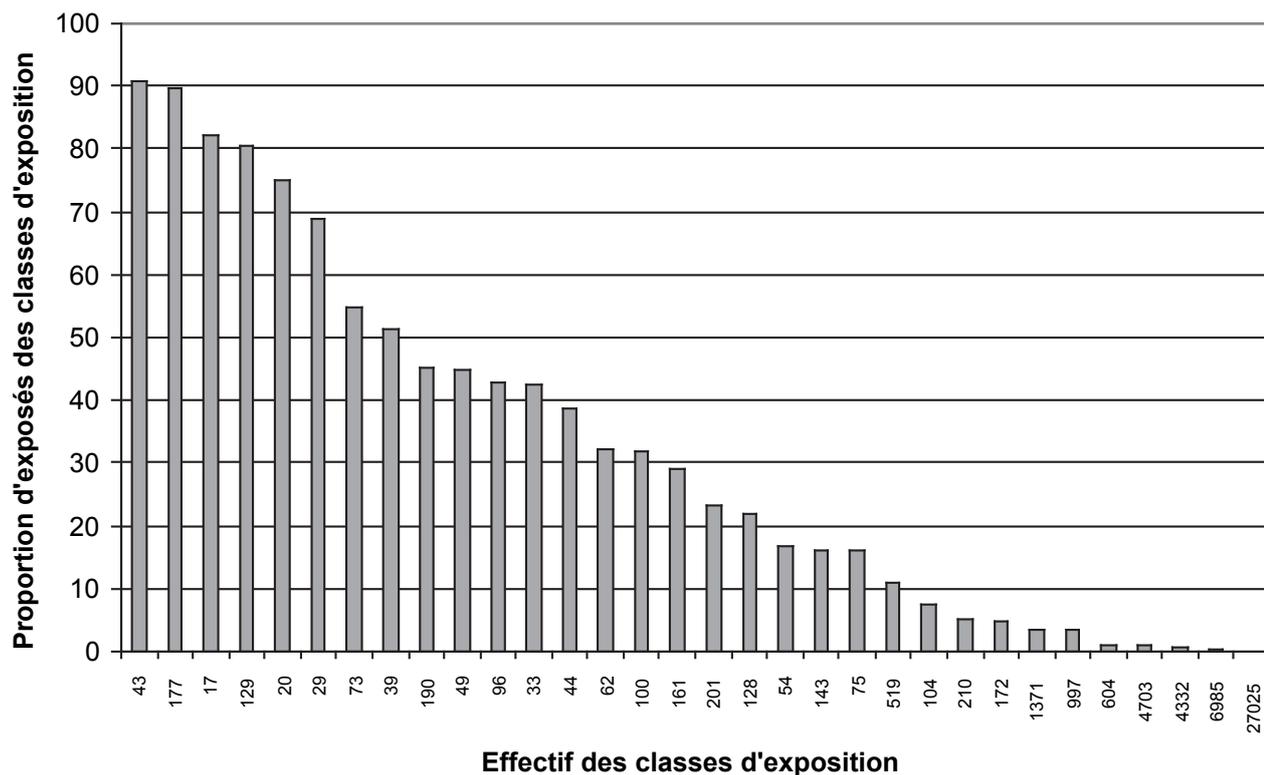
### TÉTRAHYDROFURANE



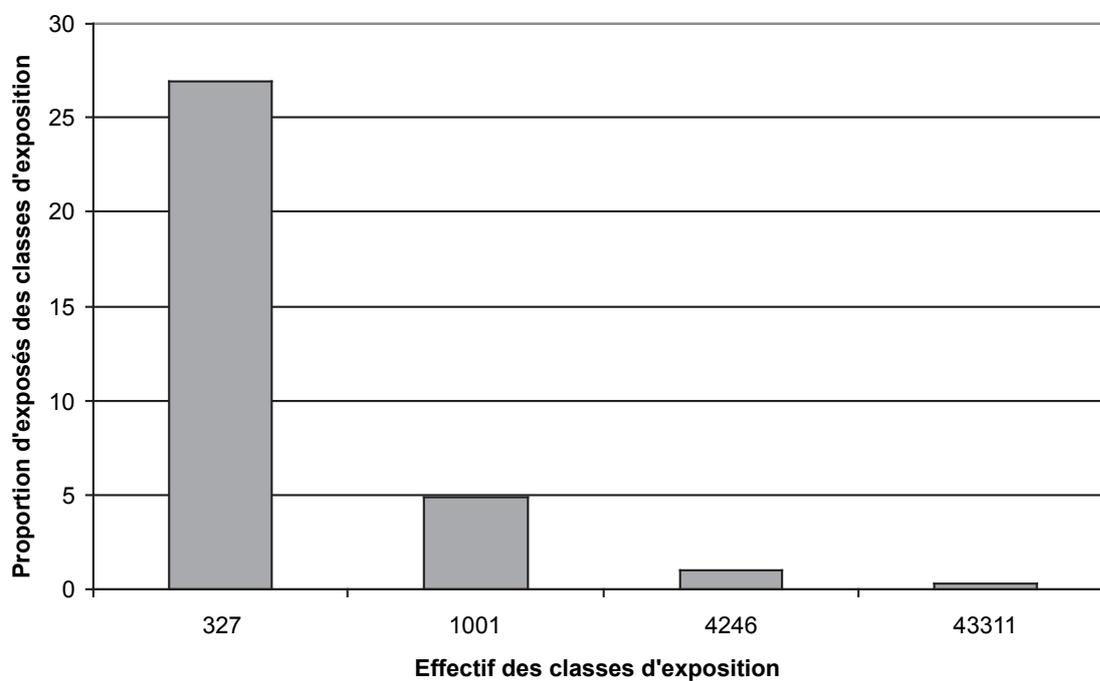
### AUTRES SOLVANTS



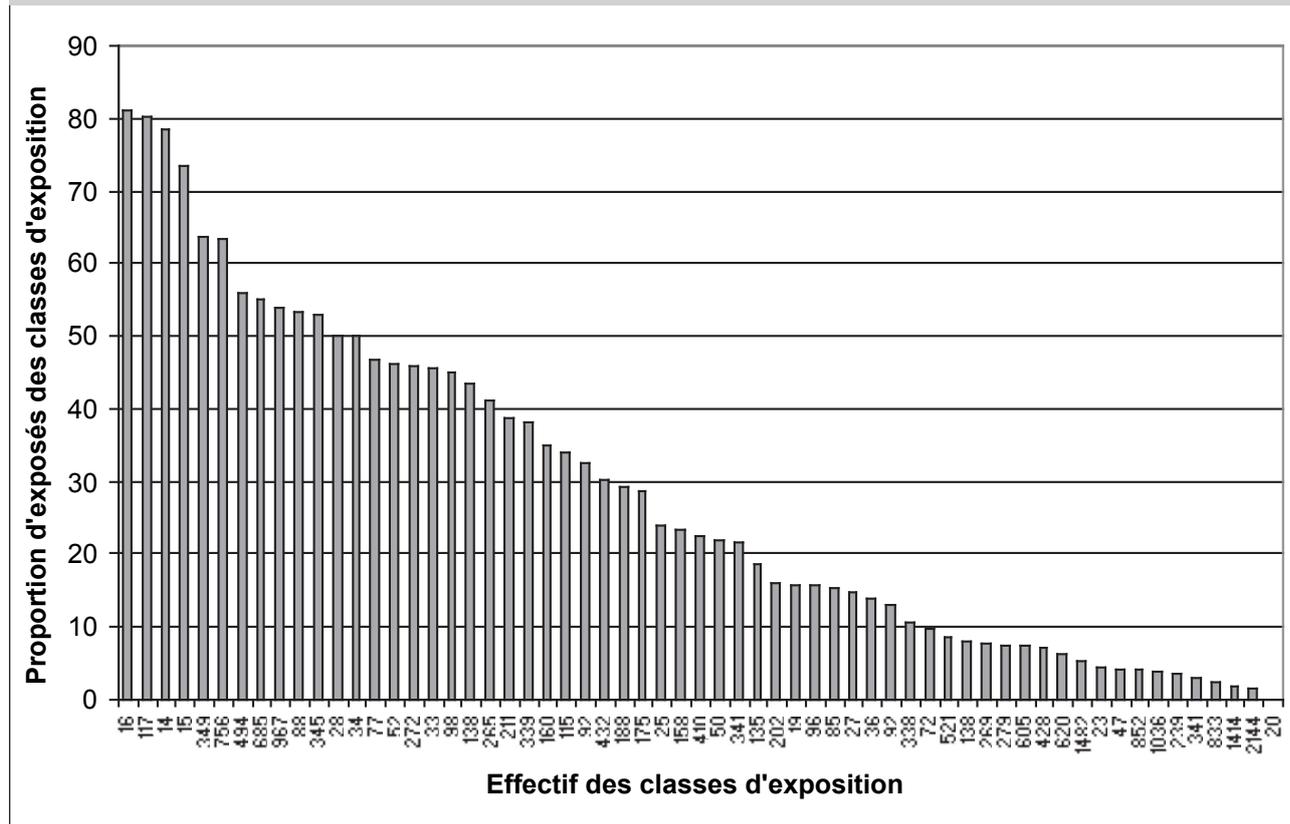
### CIMENT



### GOUDRONS DE HOUILLE

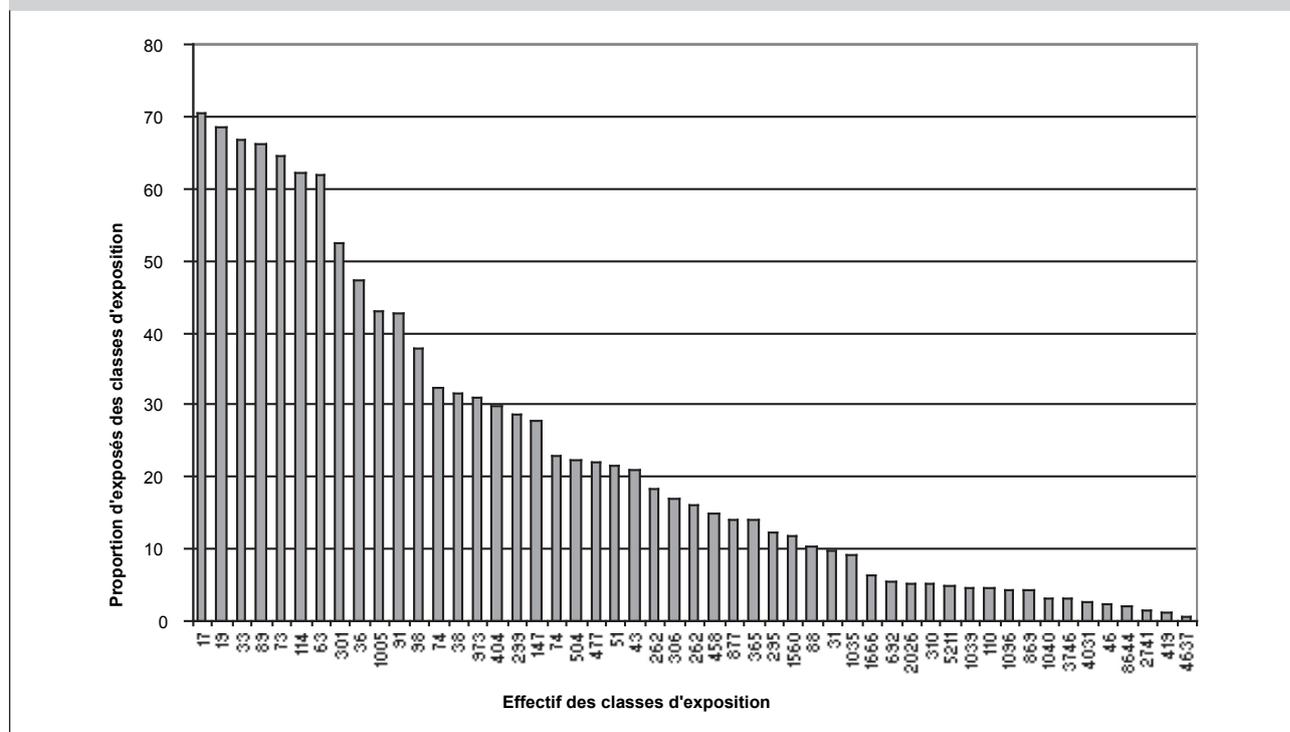


### TENSIO-ACTIFS

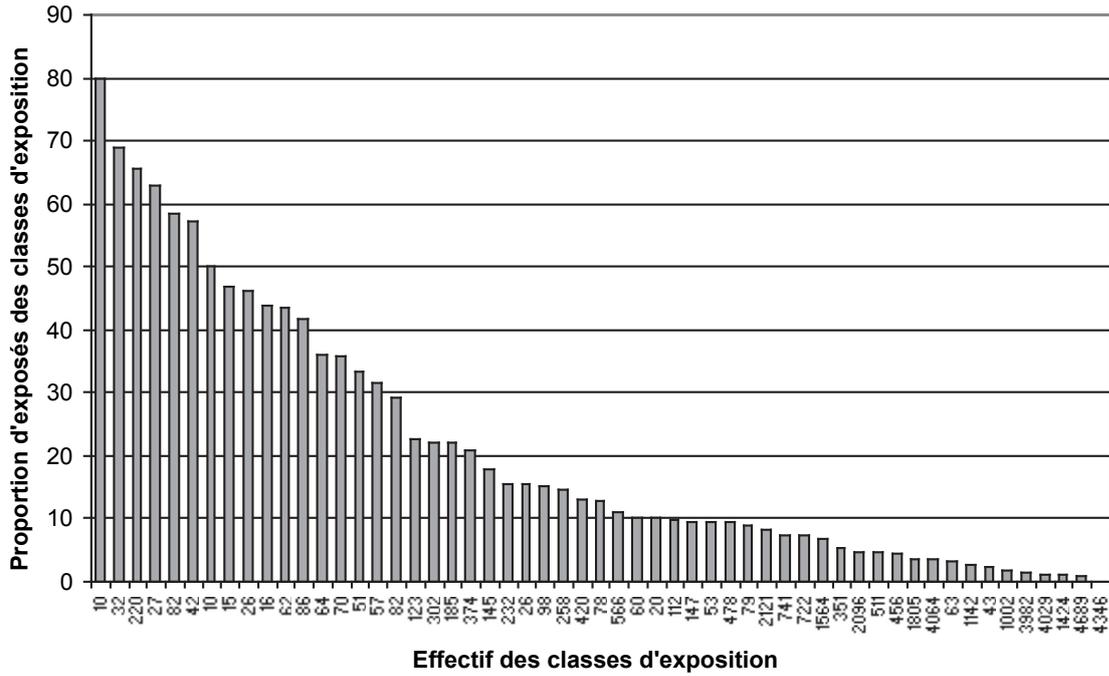


### FAMILLES DE NUISANCES CHIMIQUES

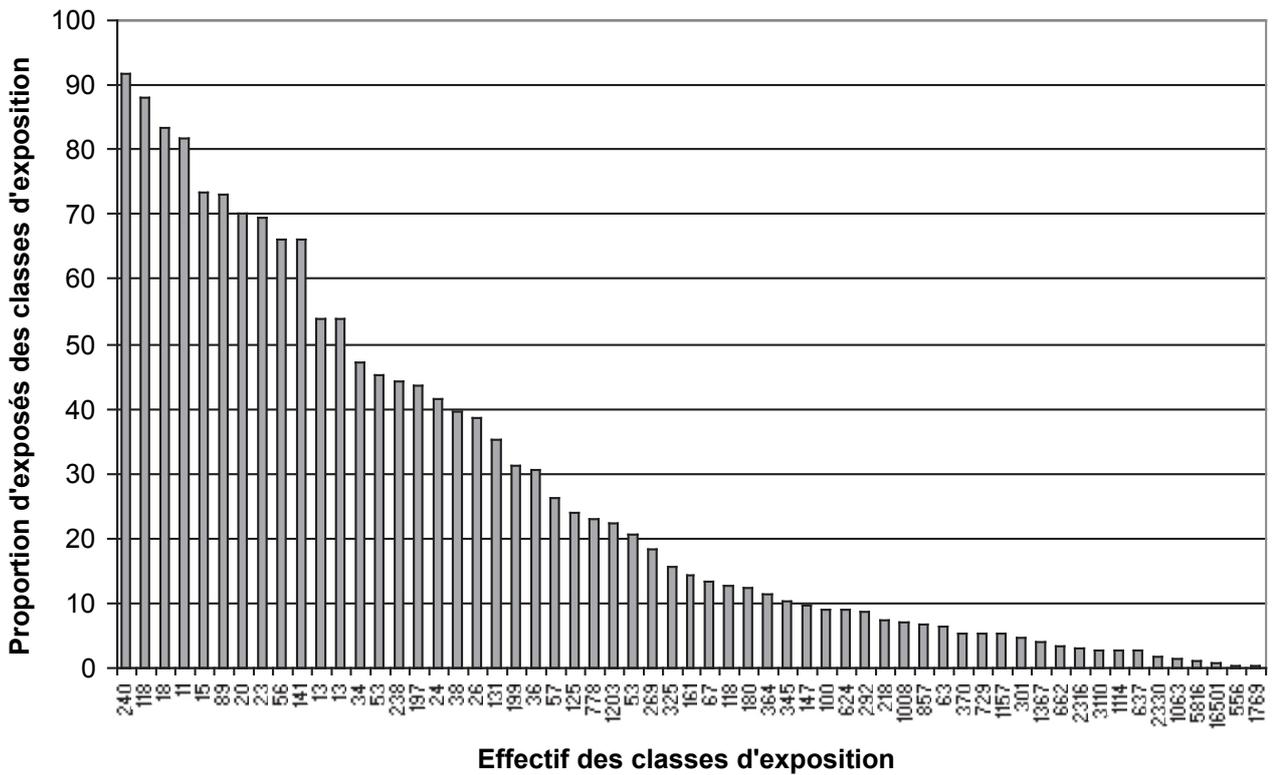
#### ALCOOLS



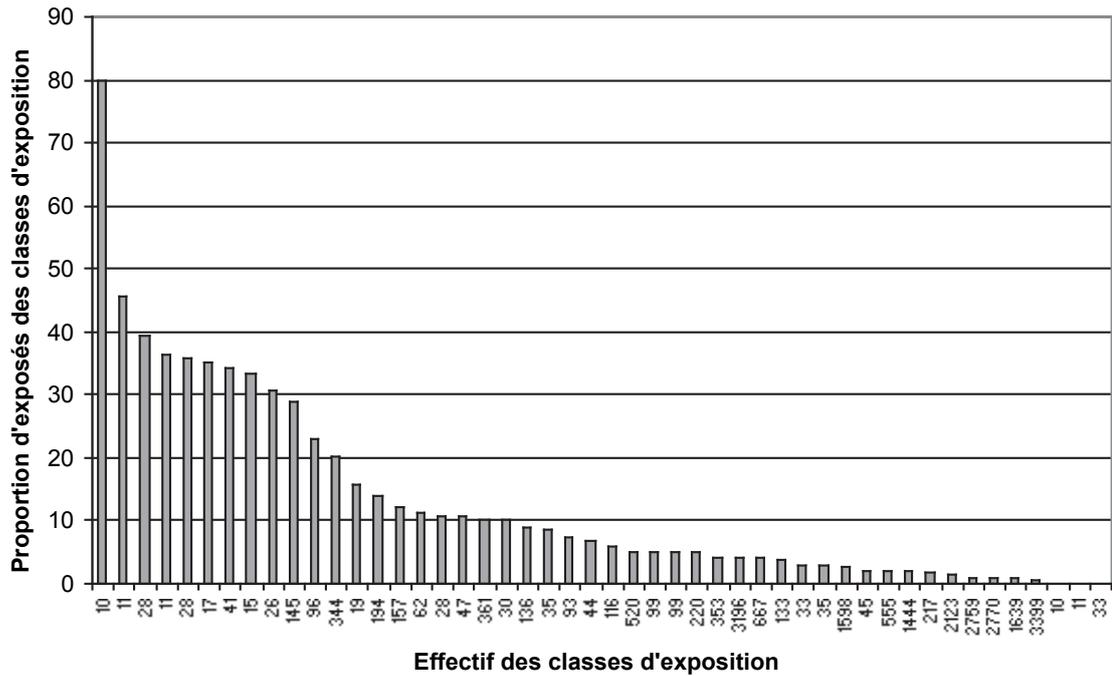
### BASES



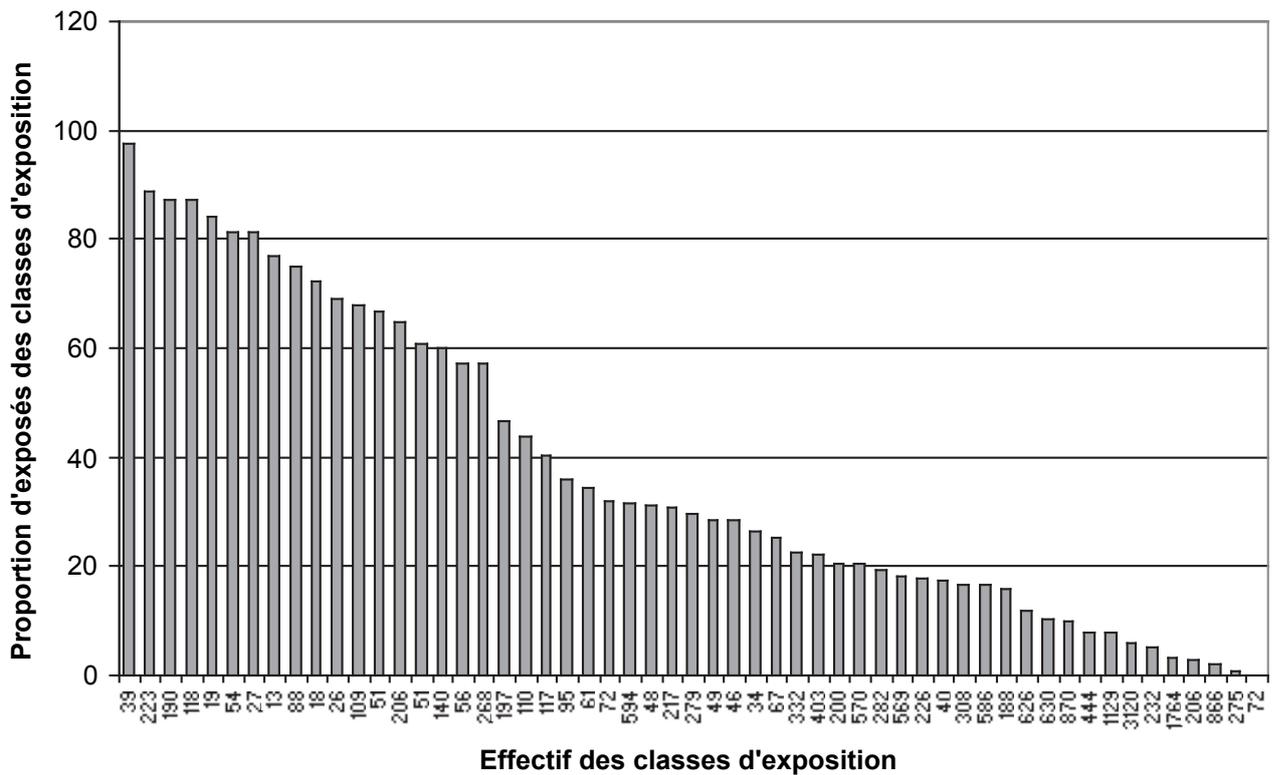
### CARBURANTS



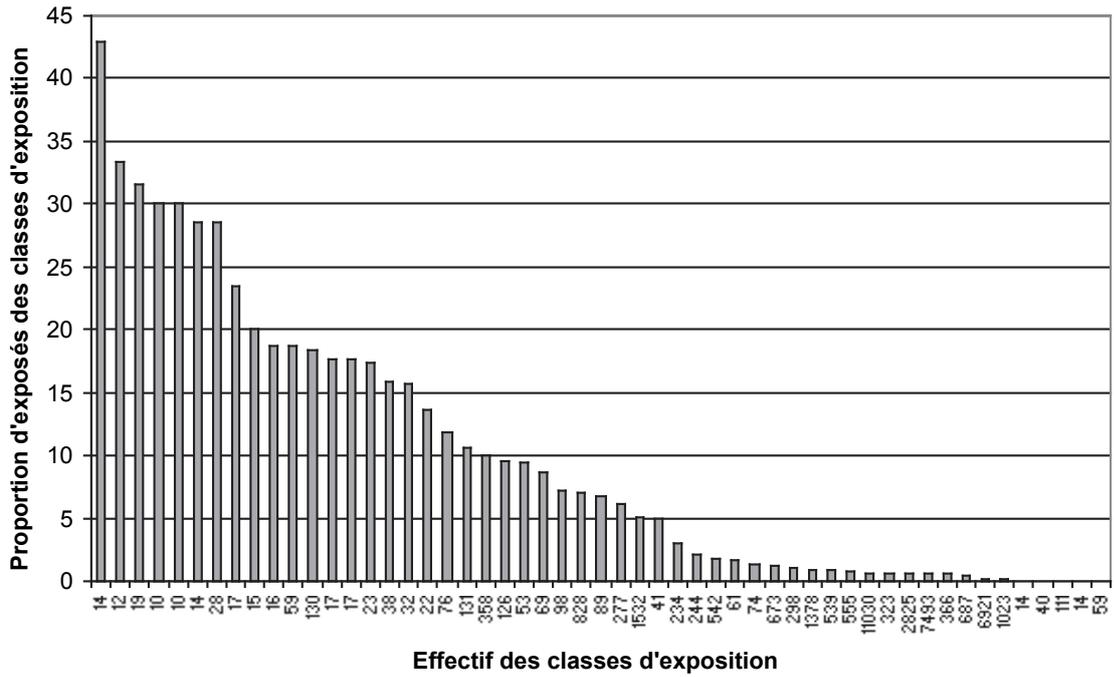
### ÉTHERS DE GLYCOL



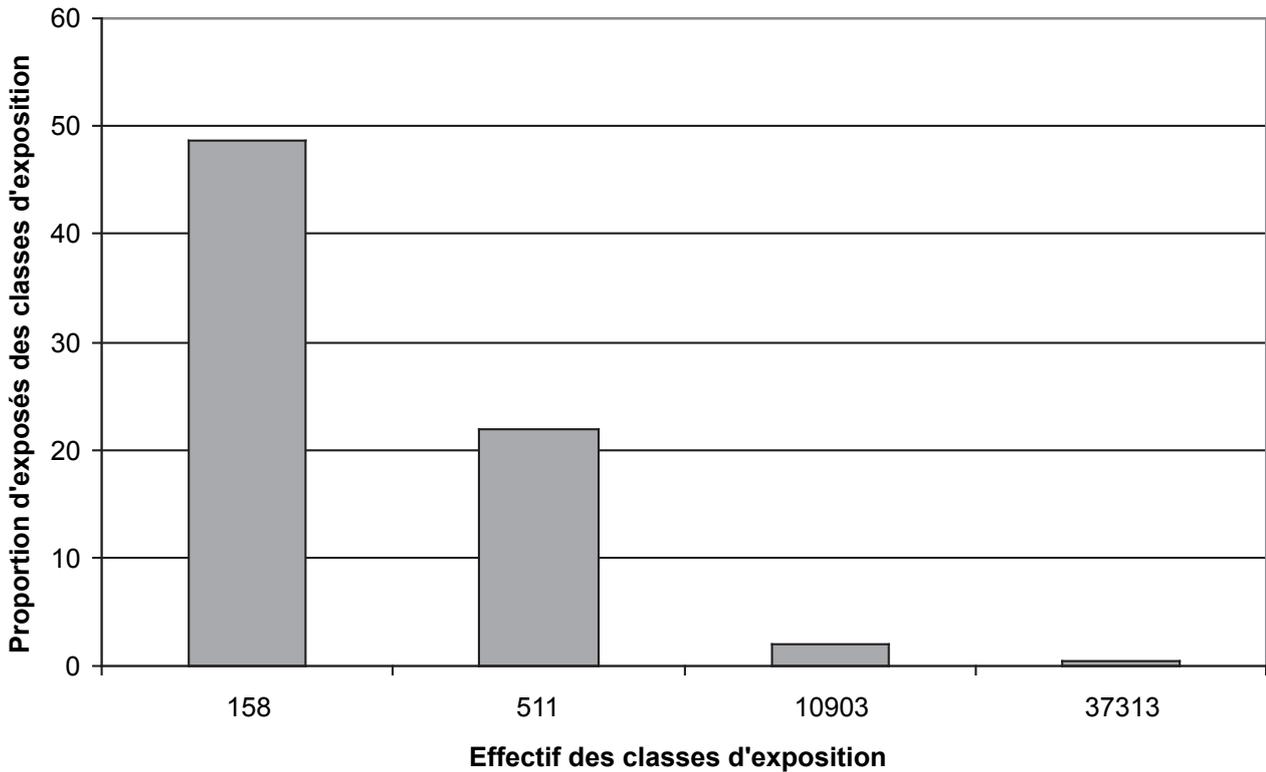
### FLUIDES DE LUBRIFICATION ET DE REFROIDISSEMENT



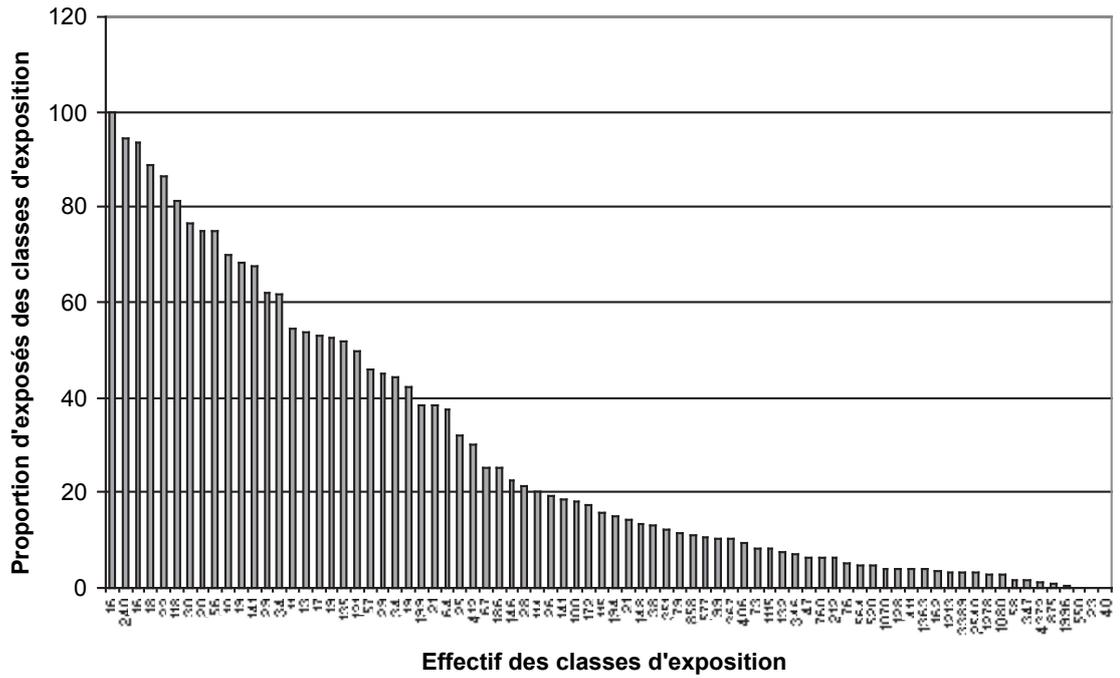
FORMALDÉHYDE ET DÉRIVÉS



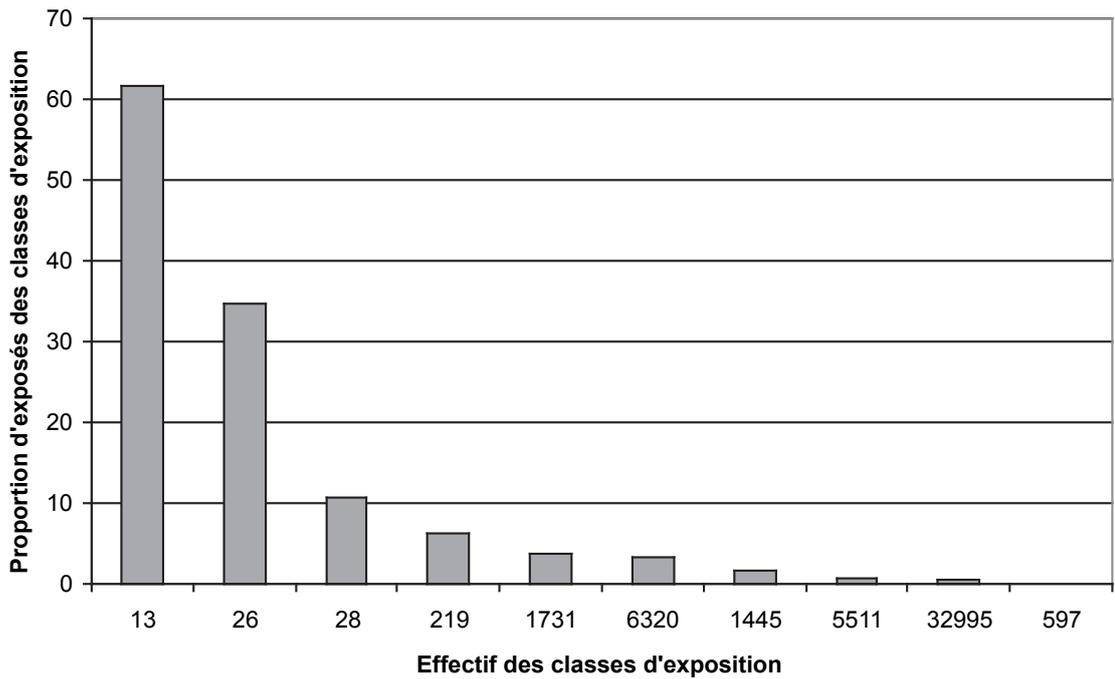
GAZ ET FUMÉES DE MATIÈRES PLASTIQUES/CAOUTCHOUC



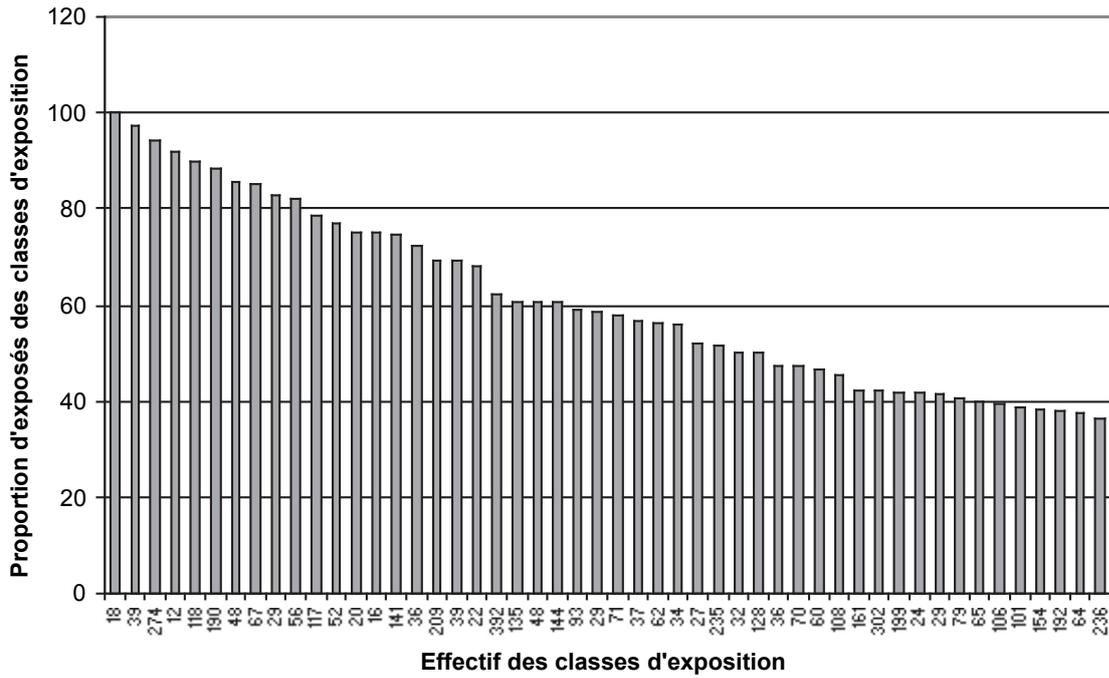
### GAZ D'ÉCHAPPEMENT



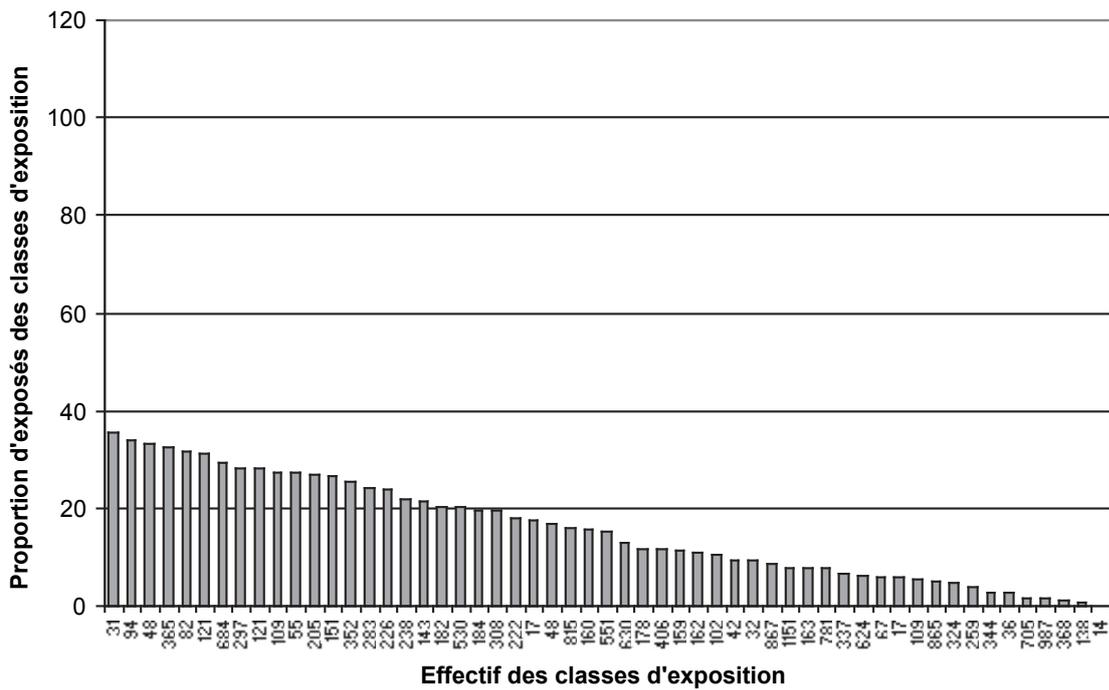
### HYDROCARBURES CHLORÉS



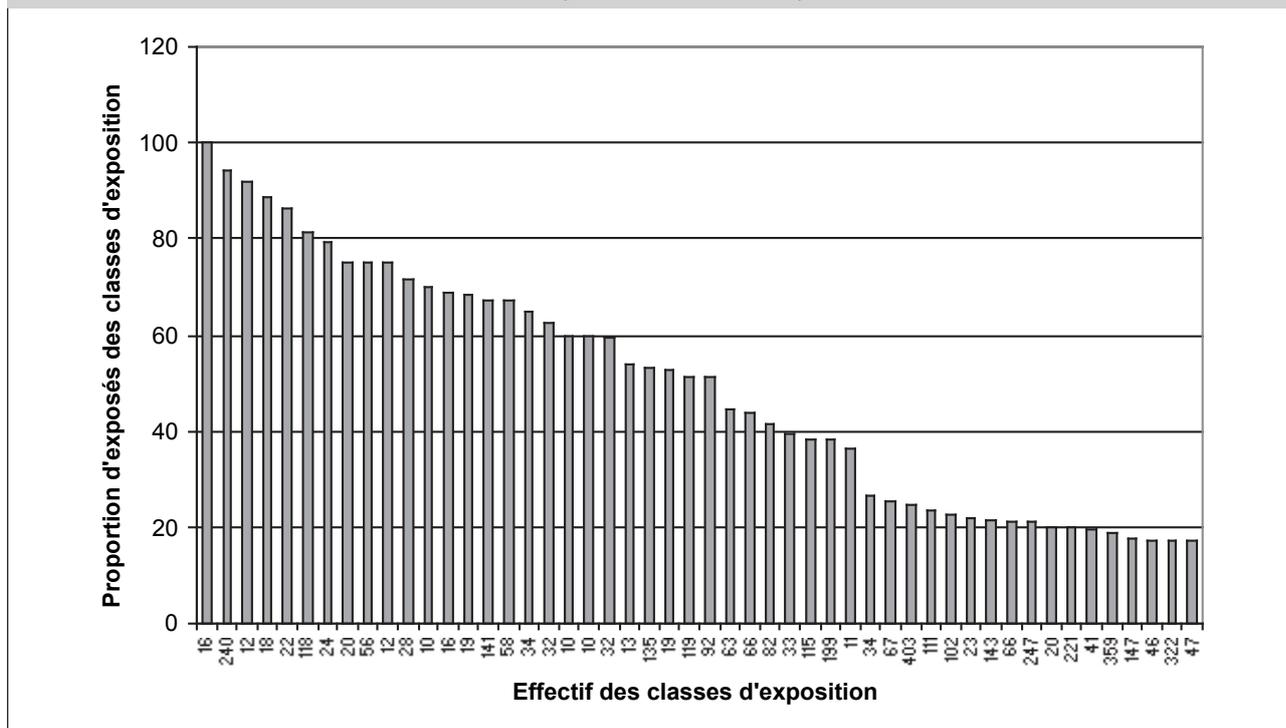
### HAP (DÉFINITION LARGE)



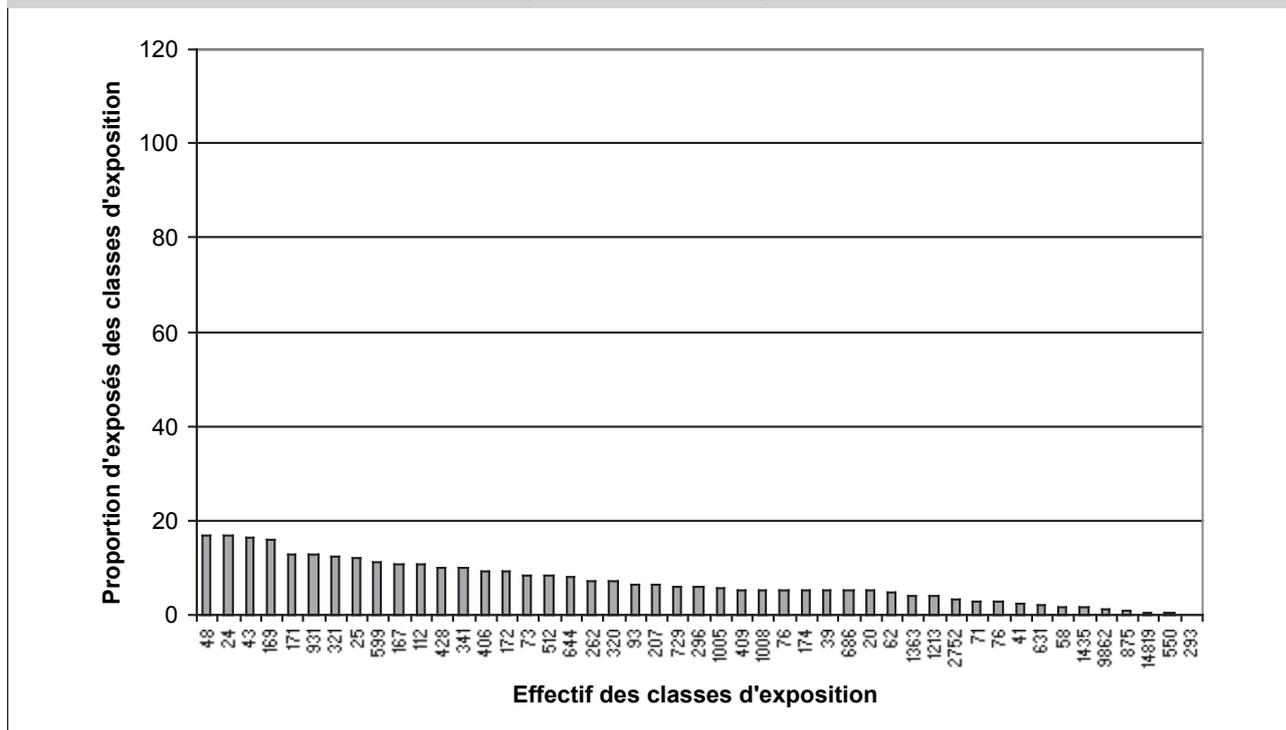
### HAP (DÉFINITION LARGE) – SUITE



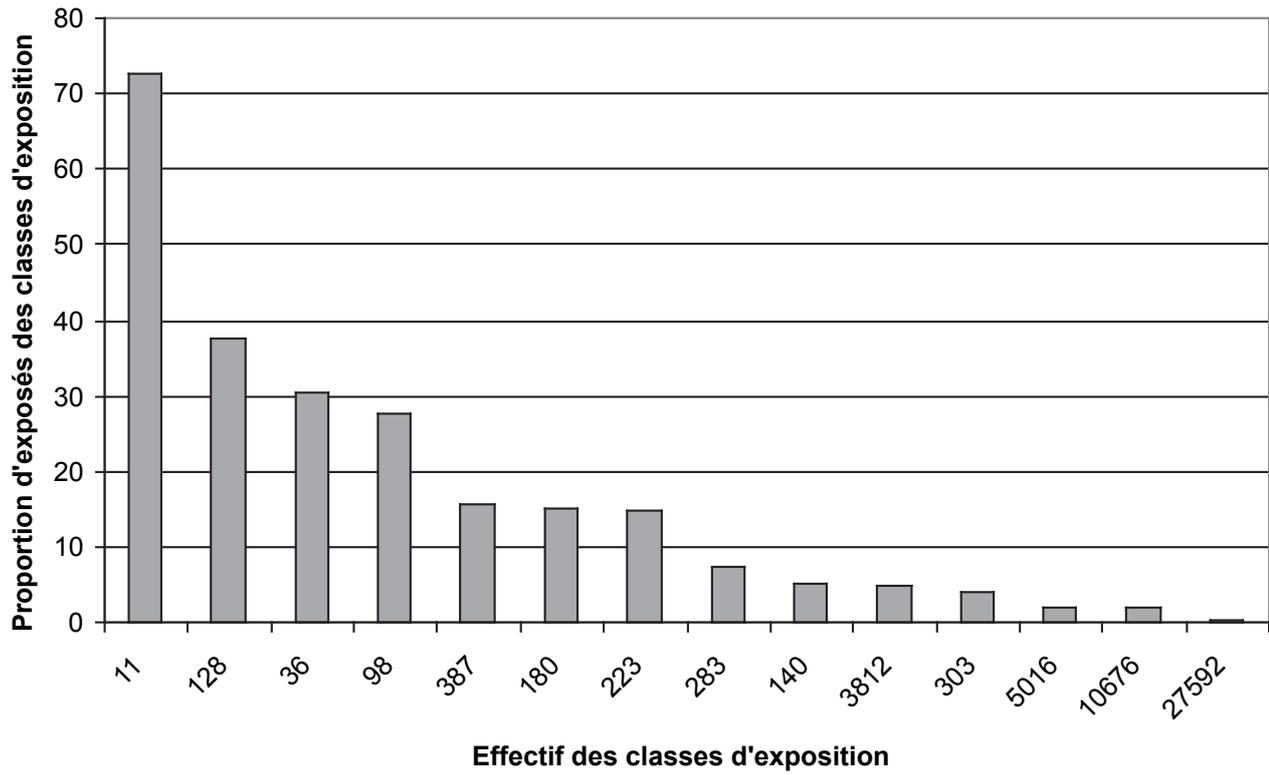
### HAP (DÉFINITION RESTRICTIVE)



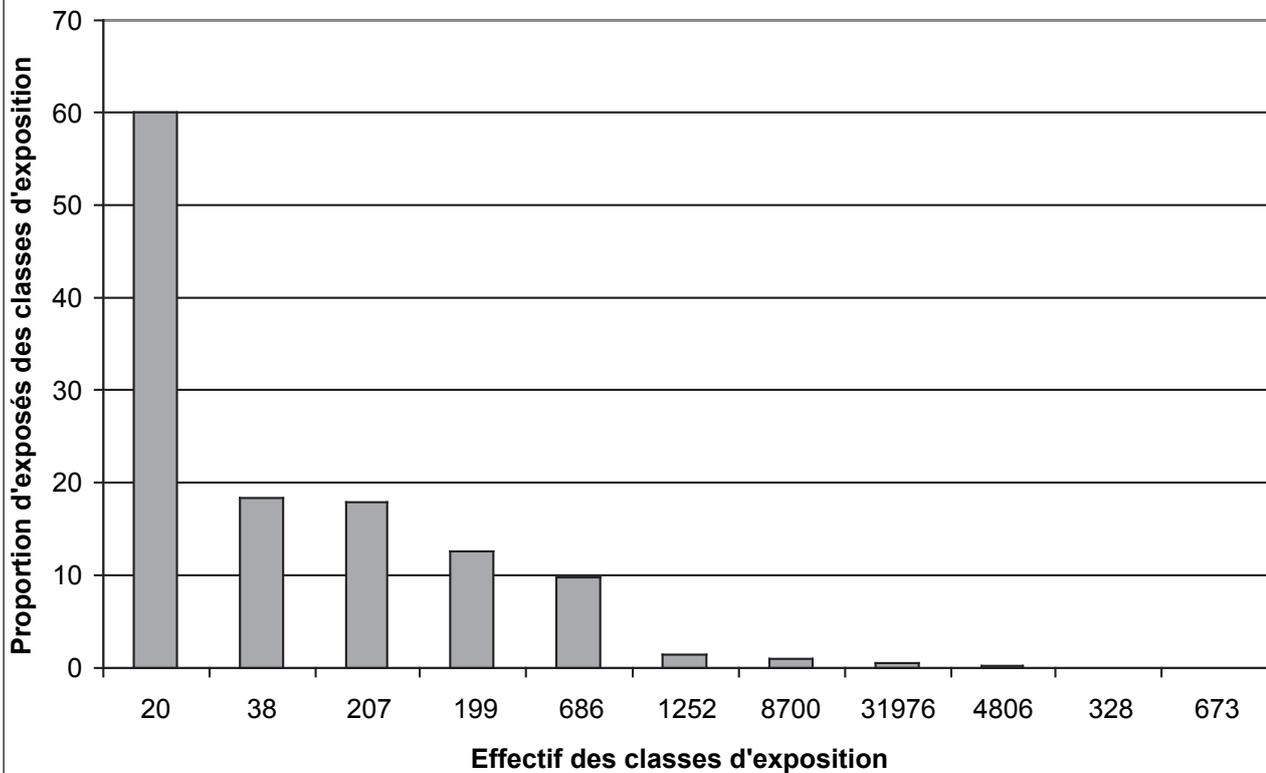
### HAP (DÉFINITION RESTRICTIVE) - SUITE



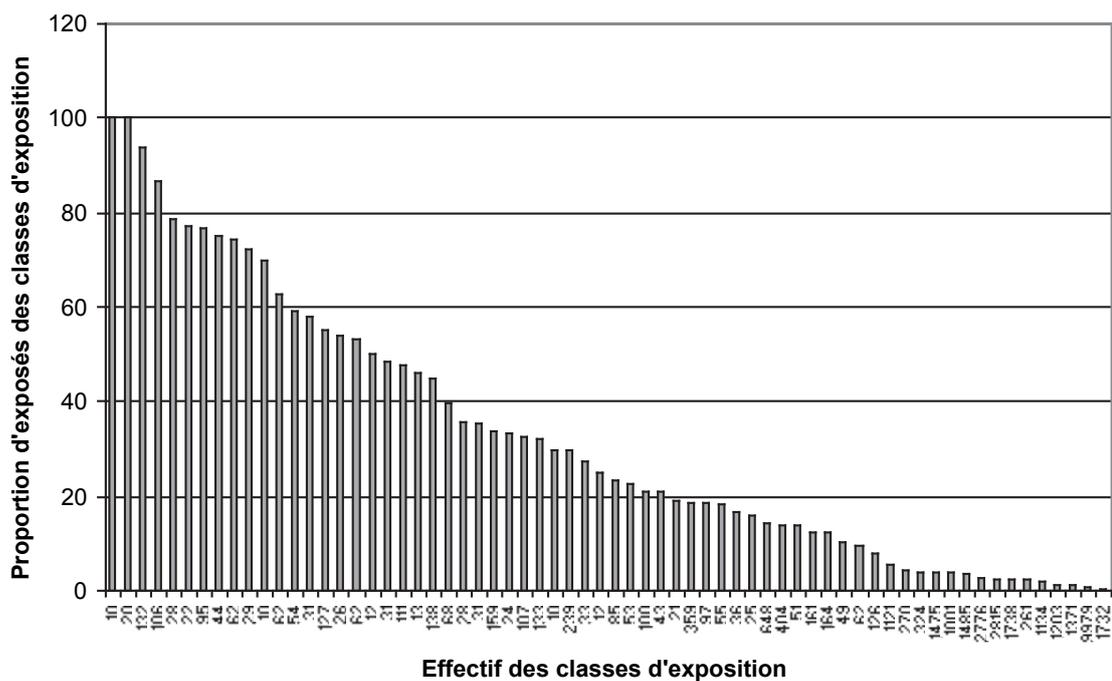
### HYDROCARBURES AROMATIQUES



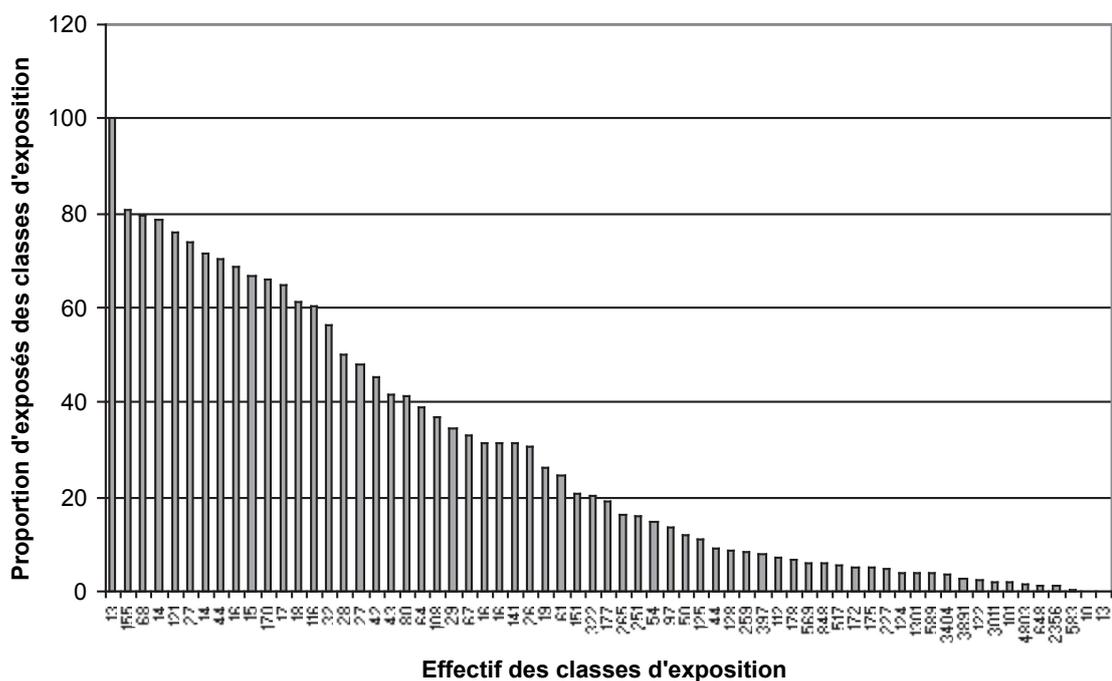
### INSECTICIDES



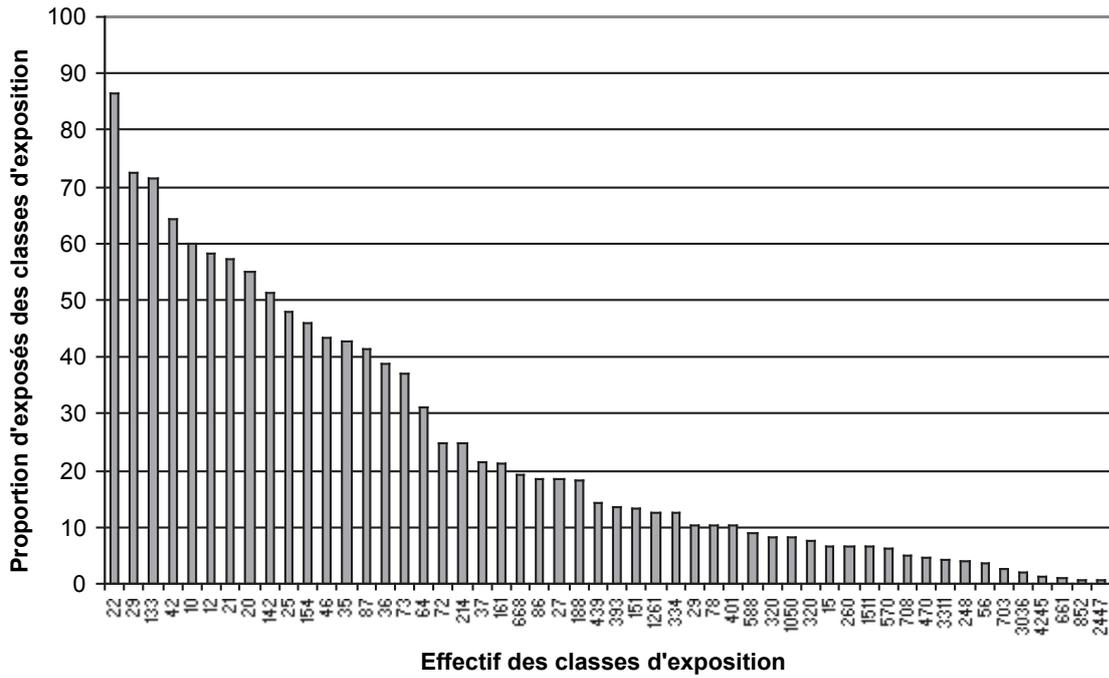
### POUSSIÈRES MINÉRALES



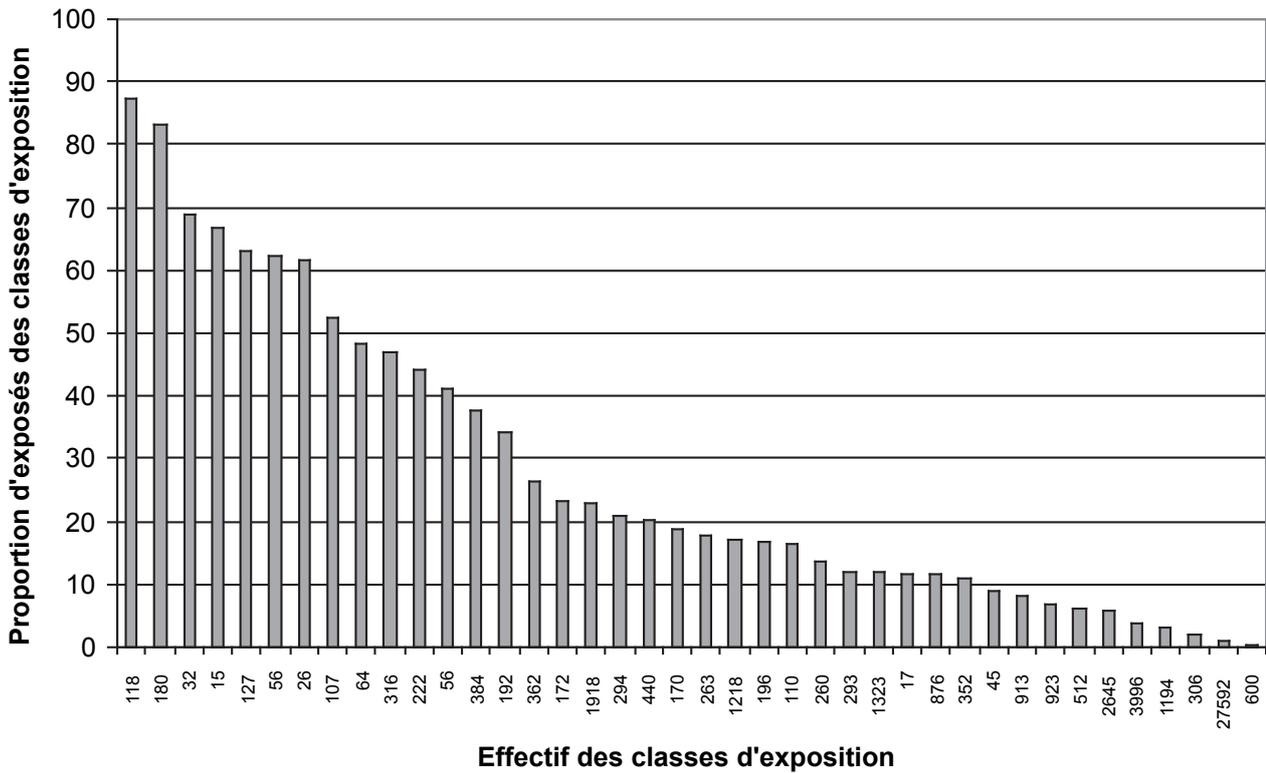
### POUSSIÈRES ORGANIQUES



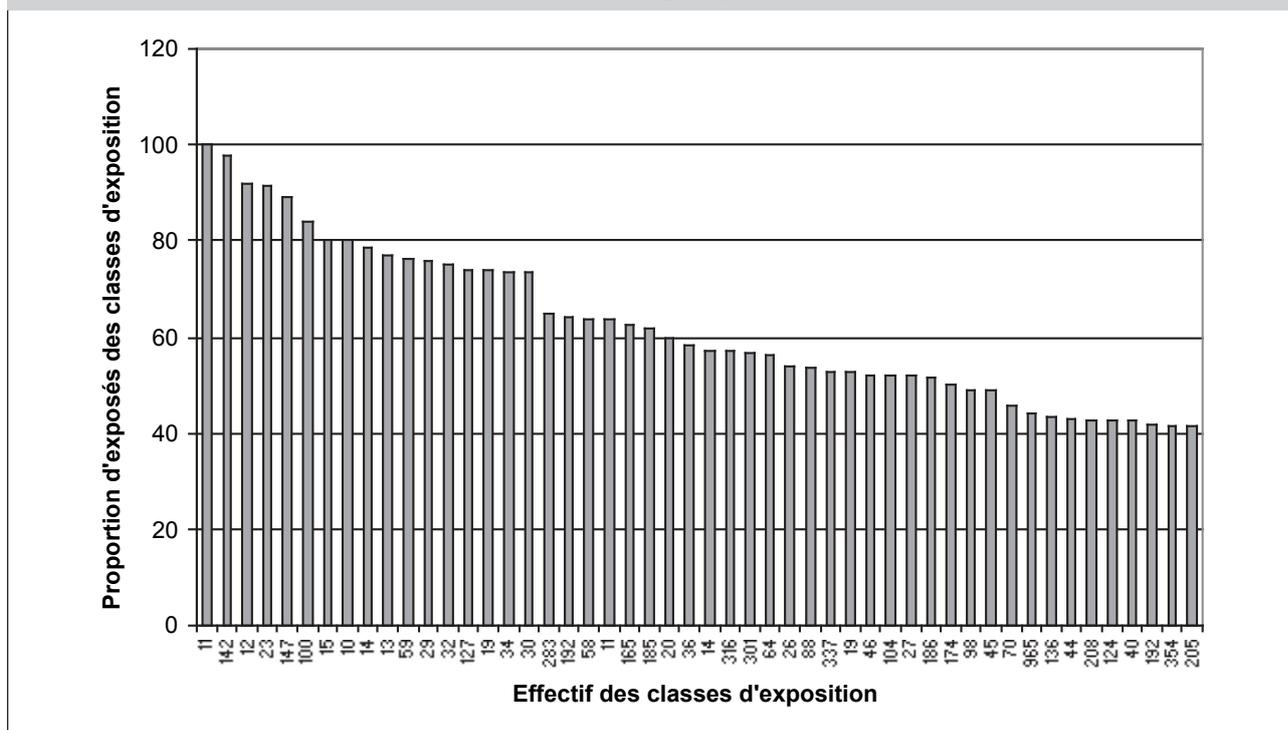
### RÉSINES PLASTIQUES



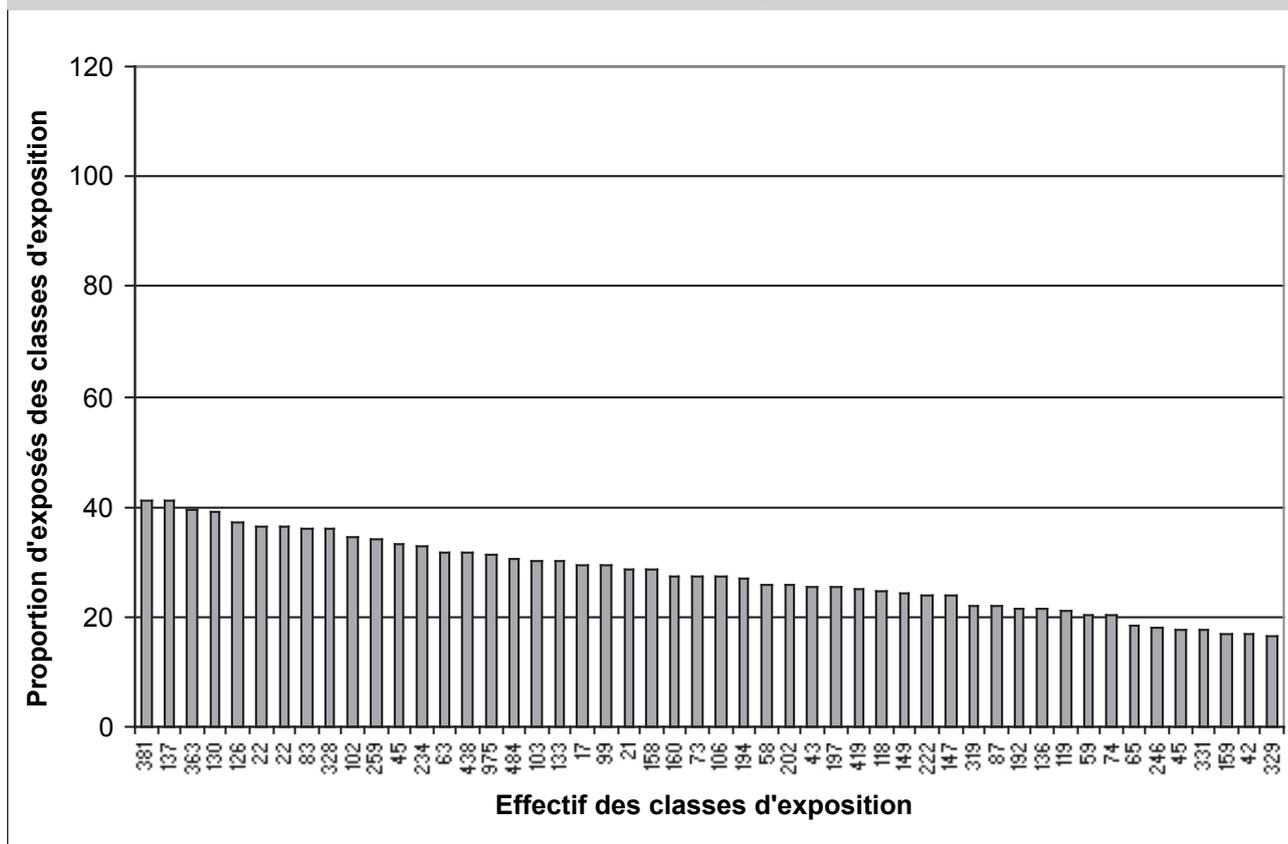
### SOLVANTS PÉTROLIERS

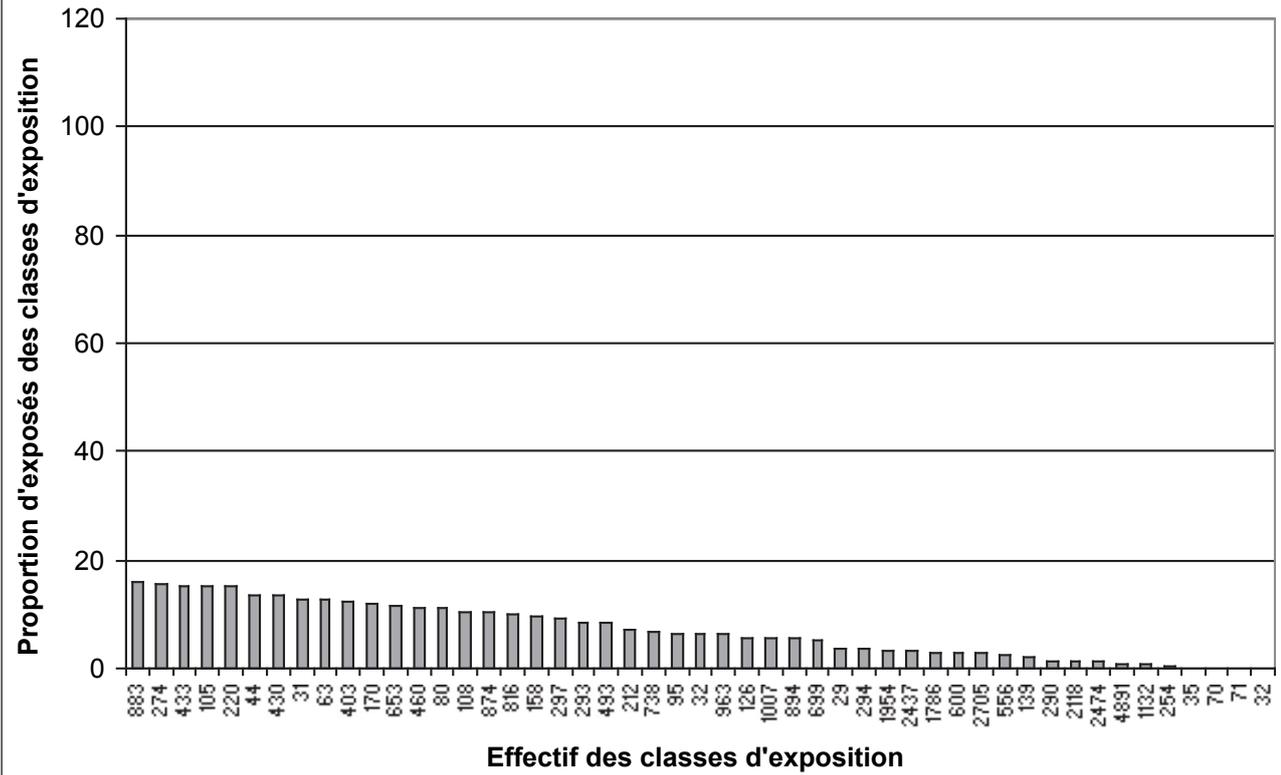


TOUS SOLVANTS



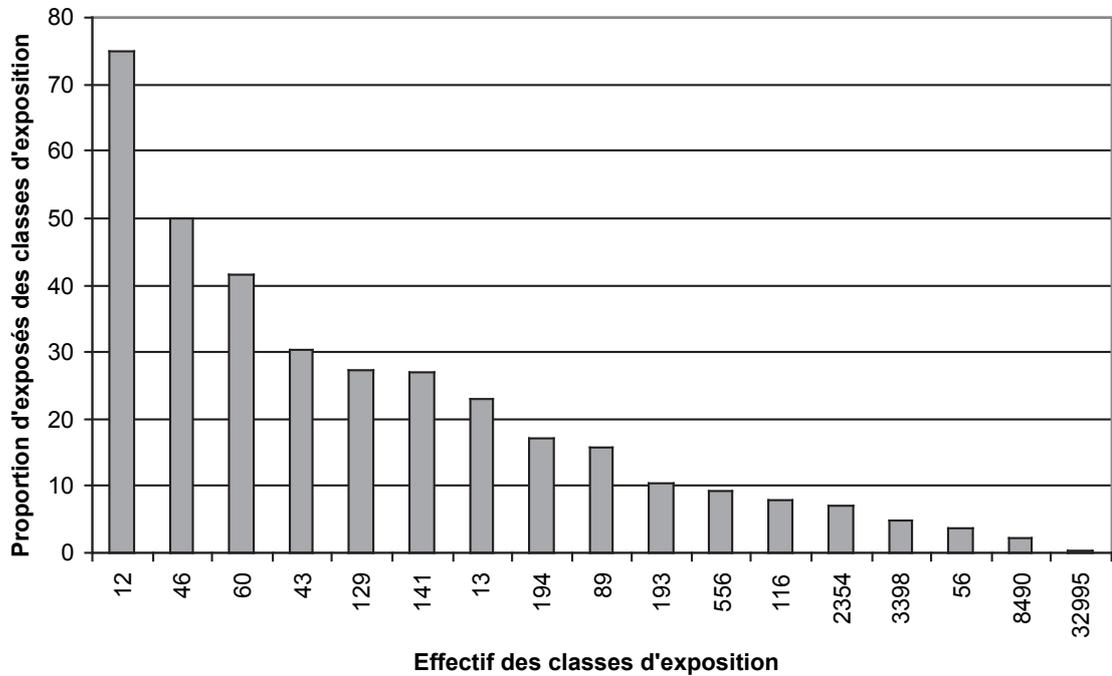
TOUS SOLVANTS – SUITE



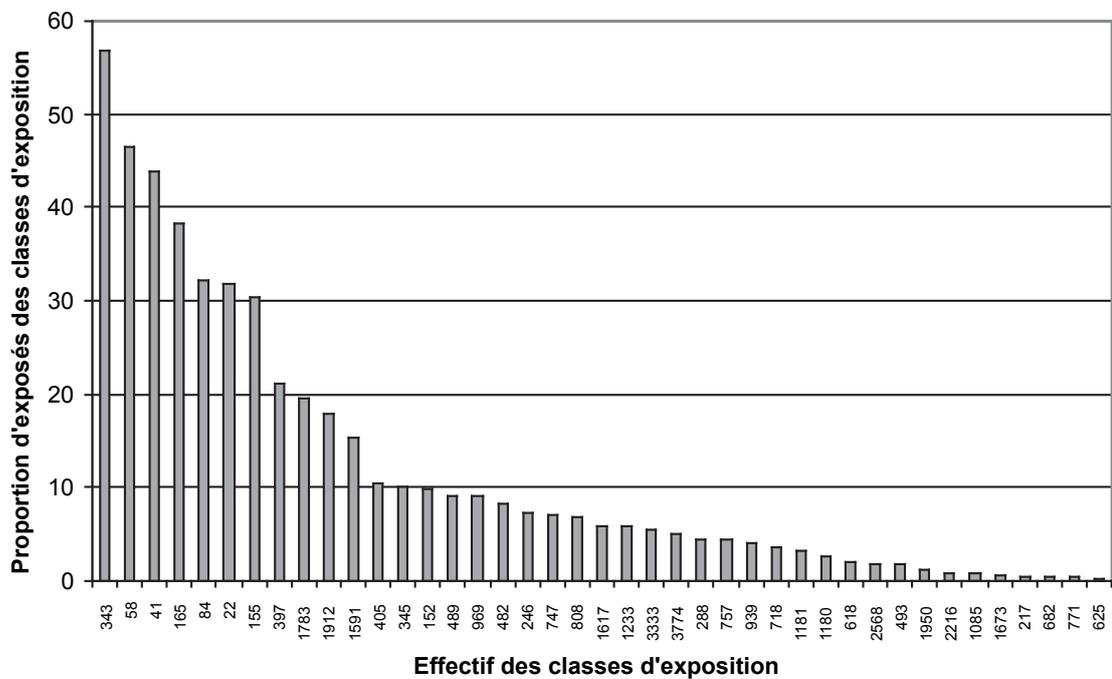


## Annexe 2 - Contraintes physiques

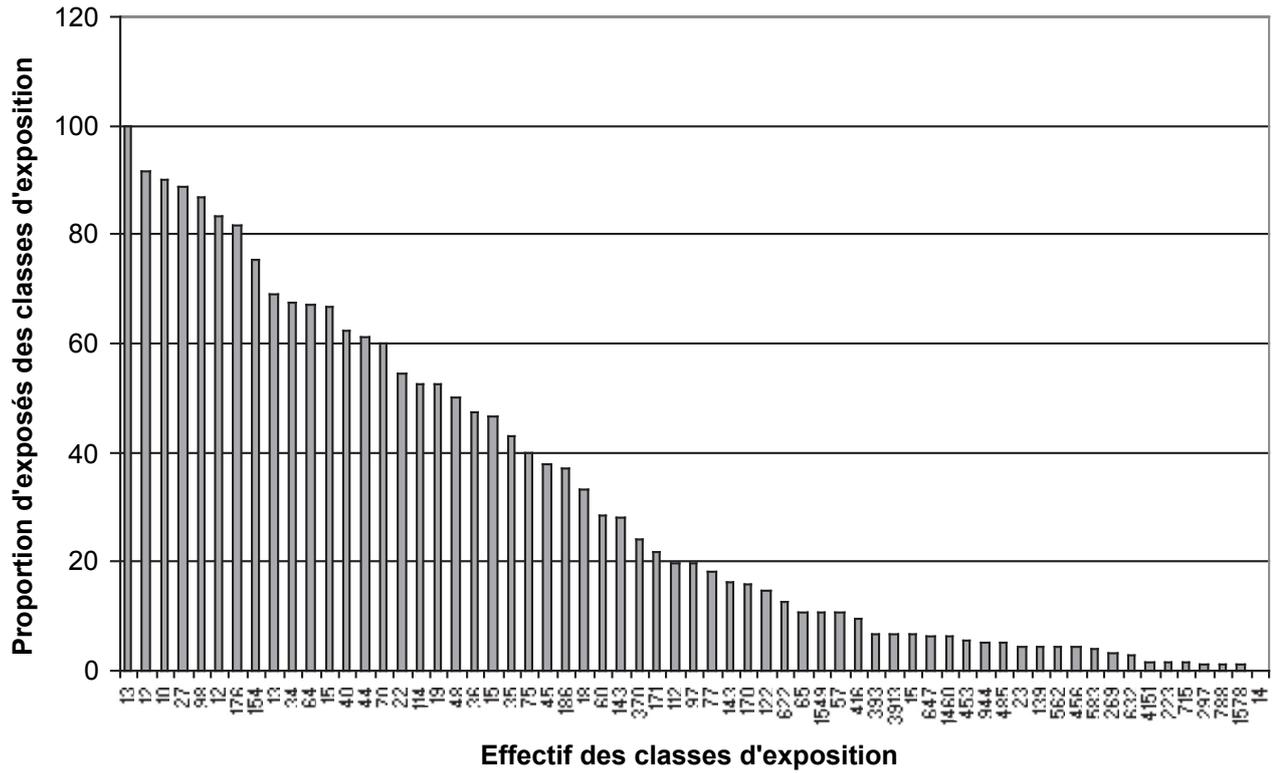
BRUIT >85 DB OU BRUIT COMPORTANT DES CHOCS OU DES IMPULSIONS PLUS DE 20 H/SEMAINE



TRAVAIL À PLUS DE 24 °C

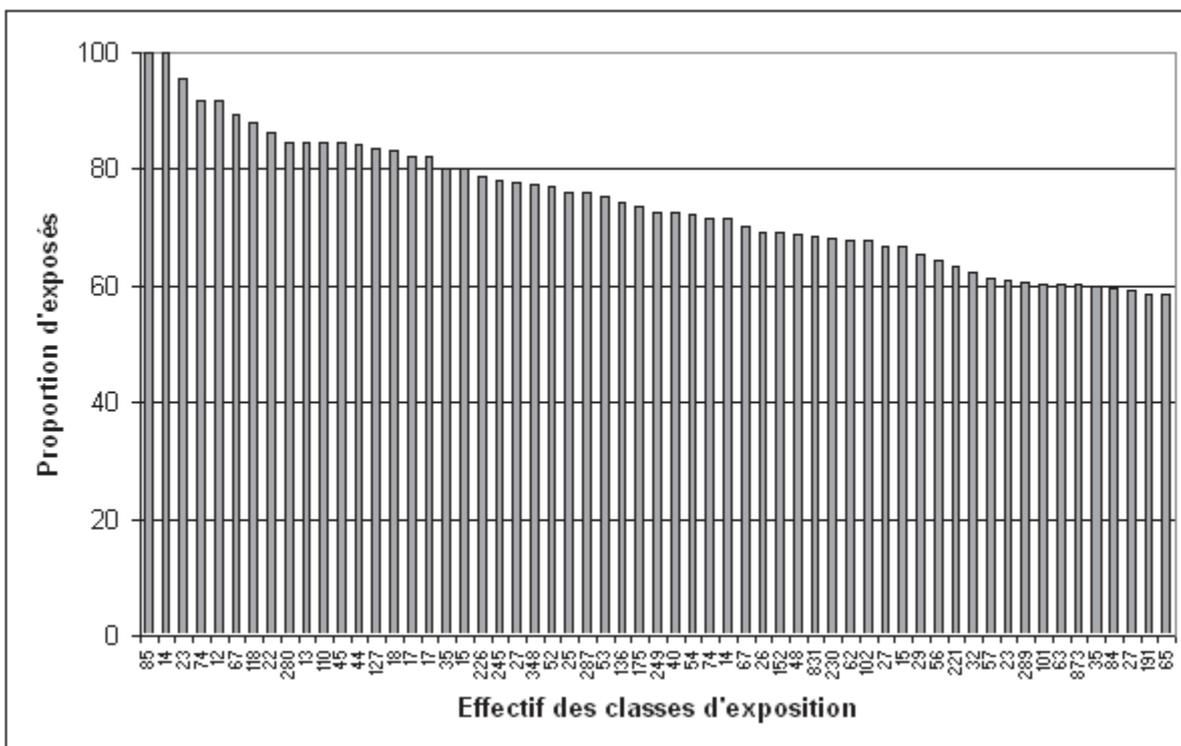


TRAVAIL À MOINS DE 15 °C

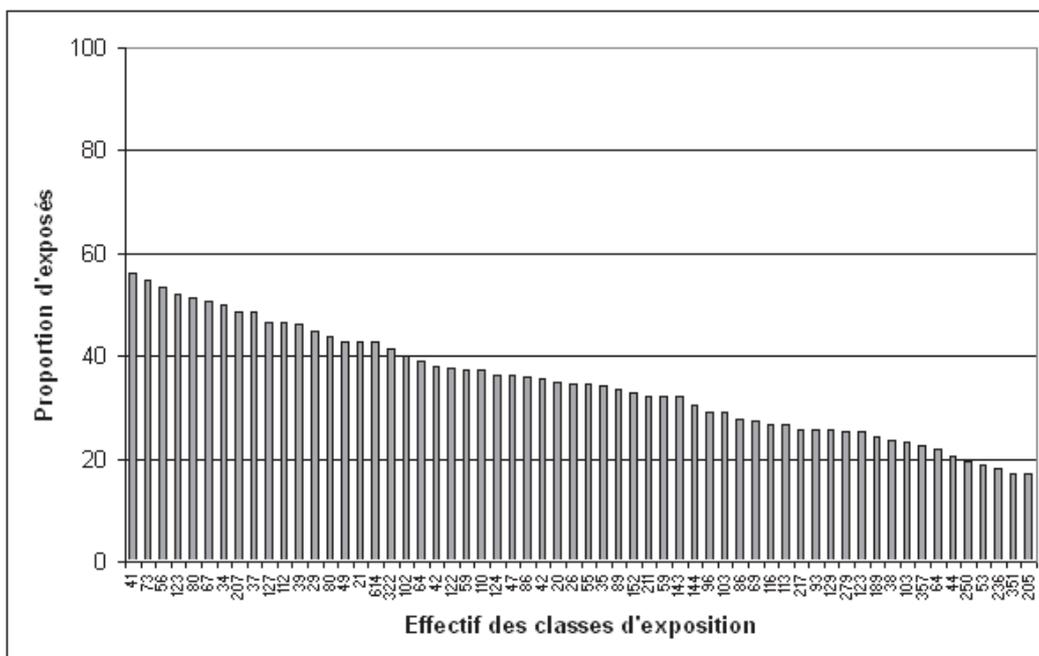


# Annexe 3 - Contraintes organisationnelles

## TRAVAIL EN ÉQUIPES (TRAVAIL POSTÉ)

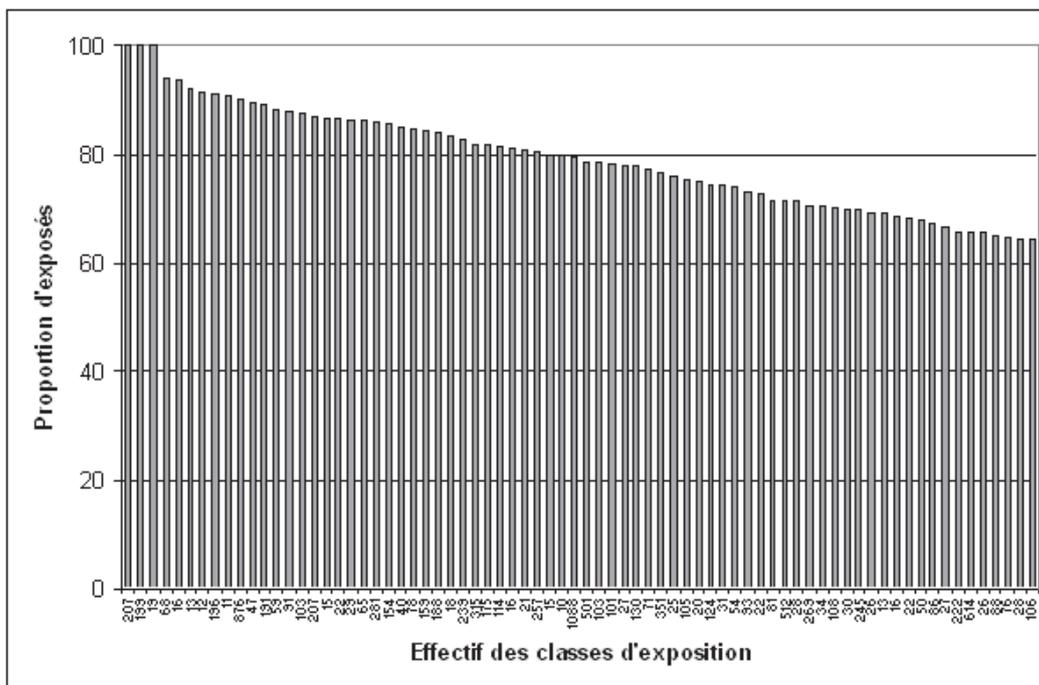


## TRAVAIL EN ÉQUIPES (TRAVAIL POSTÉ) - SUITE

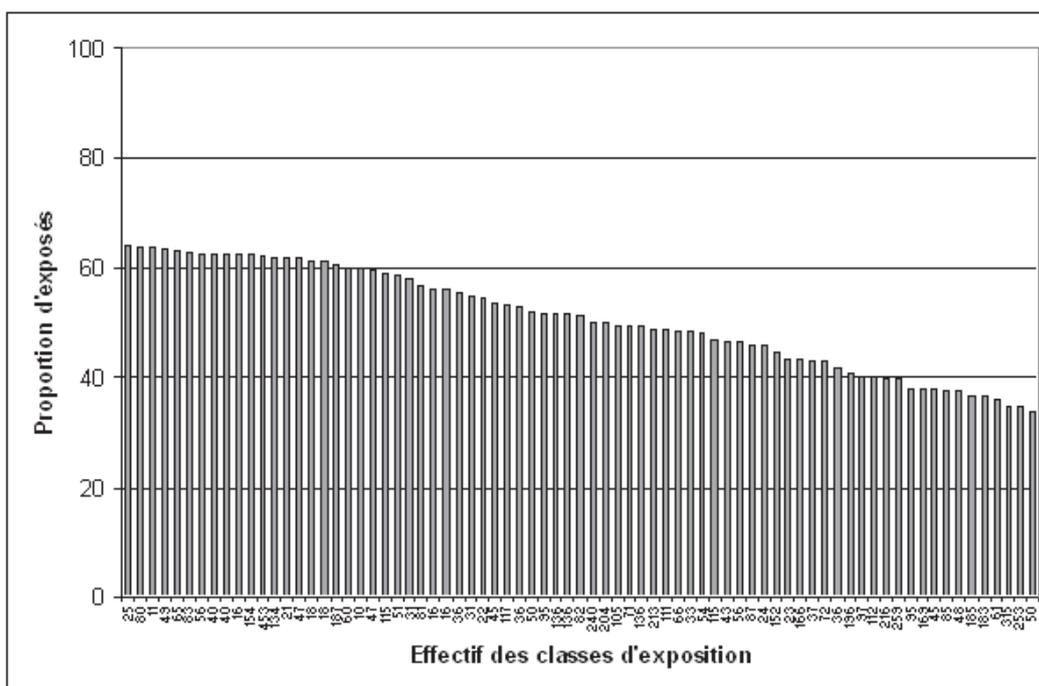




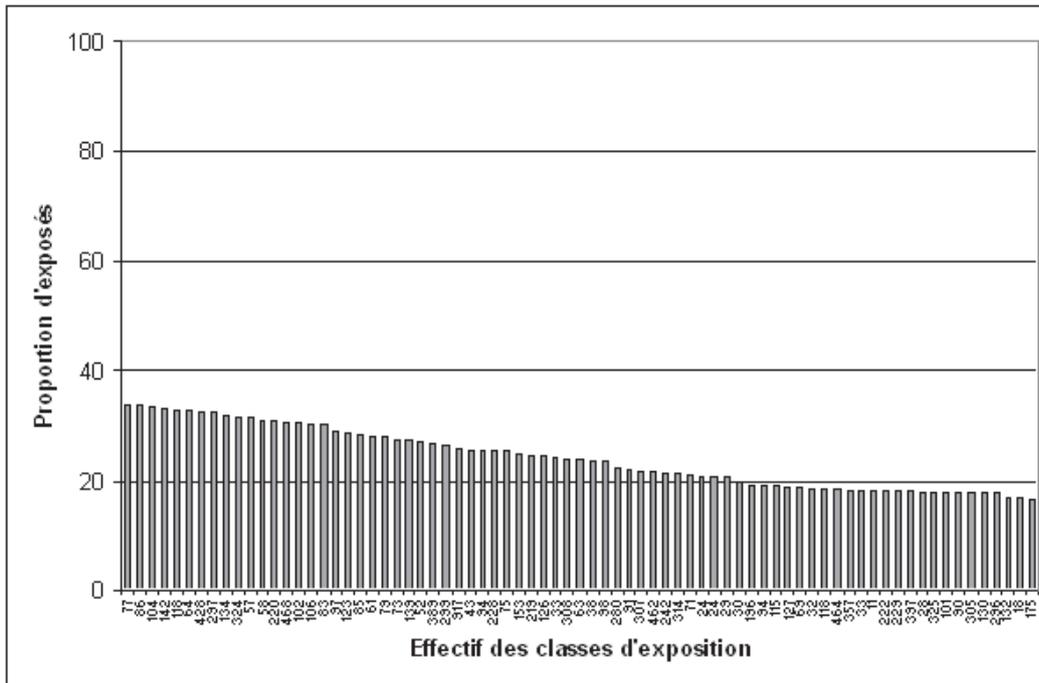
## TRAVAIL LE DIMANCHE OU JOUR FÉRIÉ



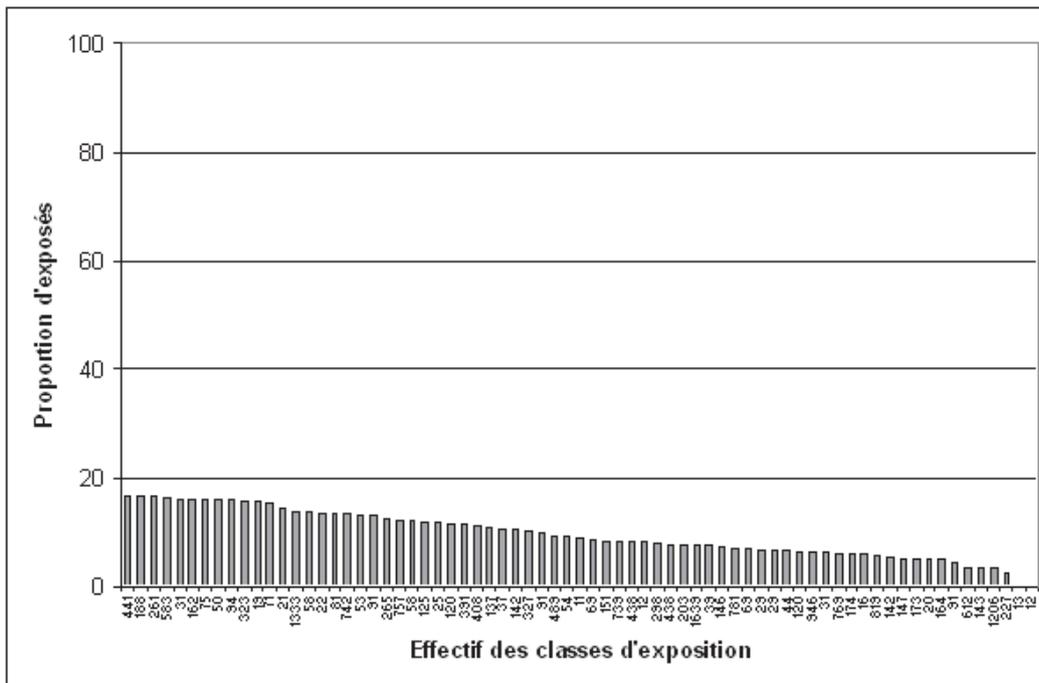
## TRAVAIL LE DIMANCHE OU JOUR FÉRIÉ - SUITE



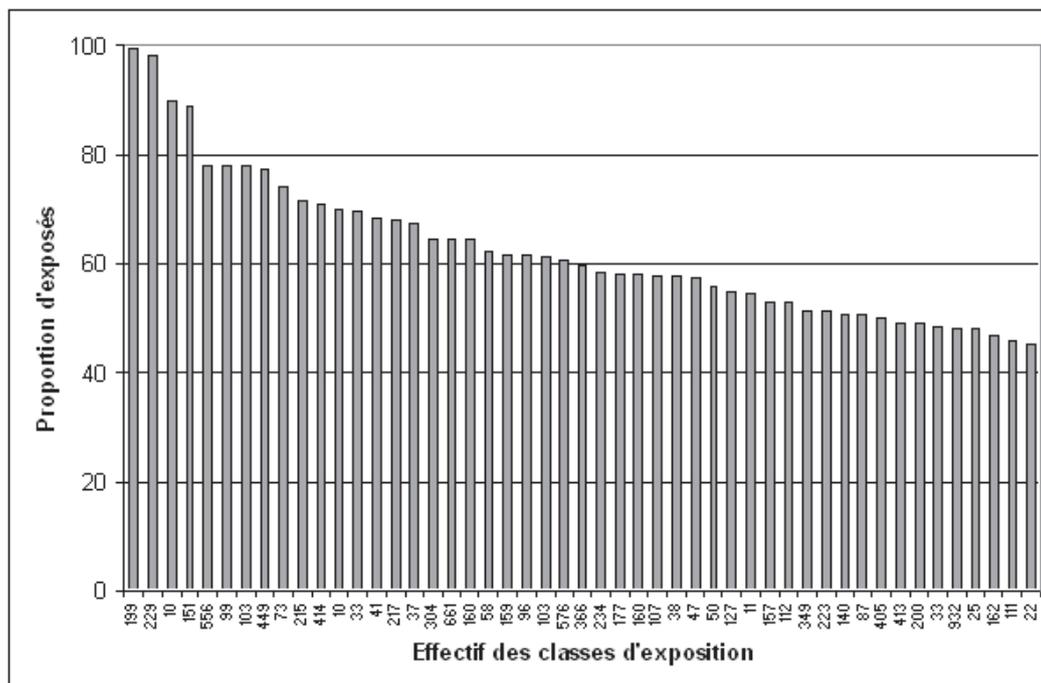
TRAVAIL LE DIMANCHE OU JOUR FÉRIÉ - SUITE



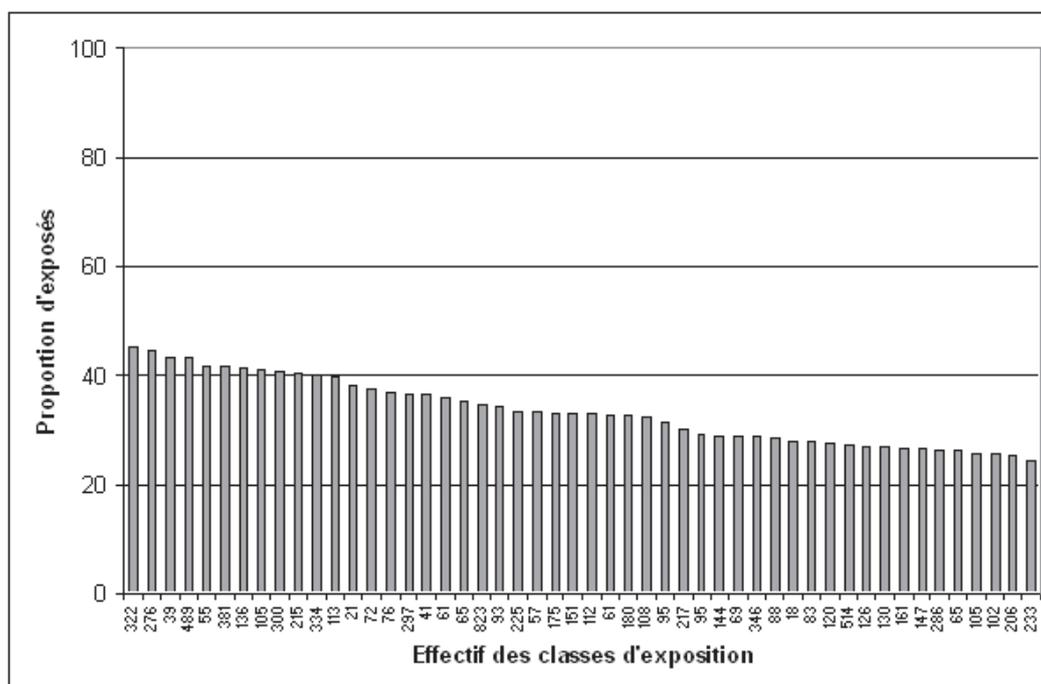
TRAVAIL LE DIMANCHE OU JOUR FÉRIÉ - SUITE



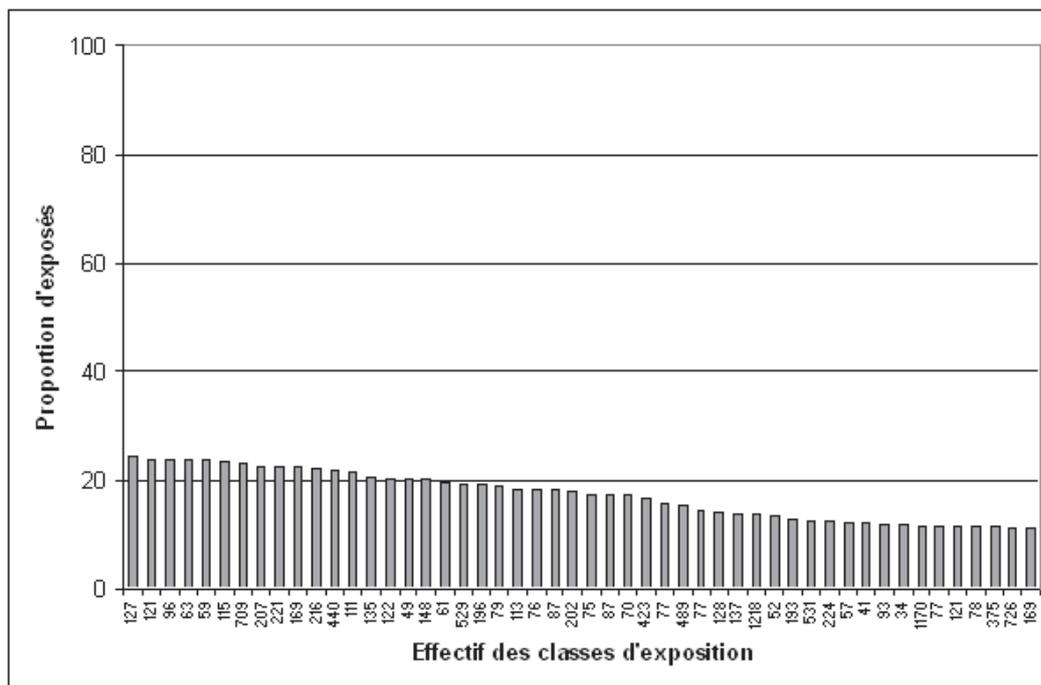
## TRAVAIL DE NUIT



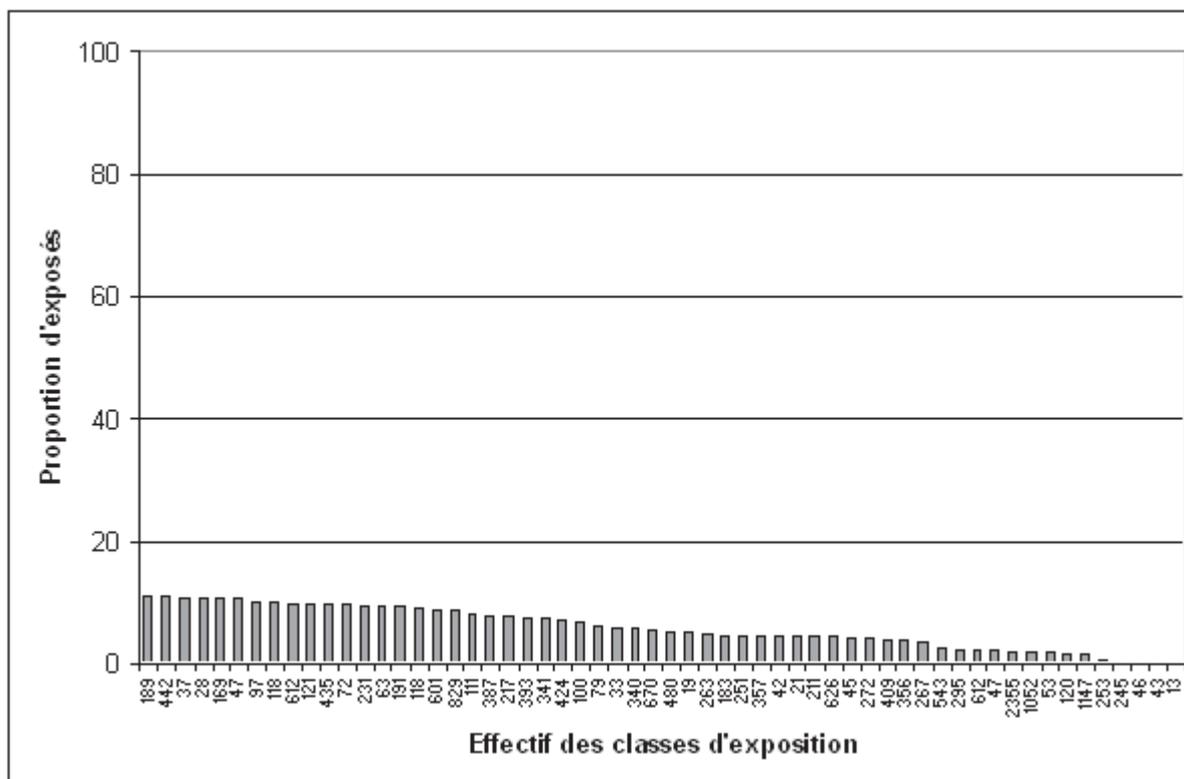
## TRAVAIL DE NUIT - SUITE



TRAVAIL DE NUIT - SUITE

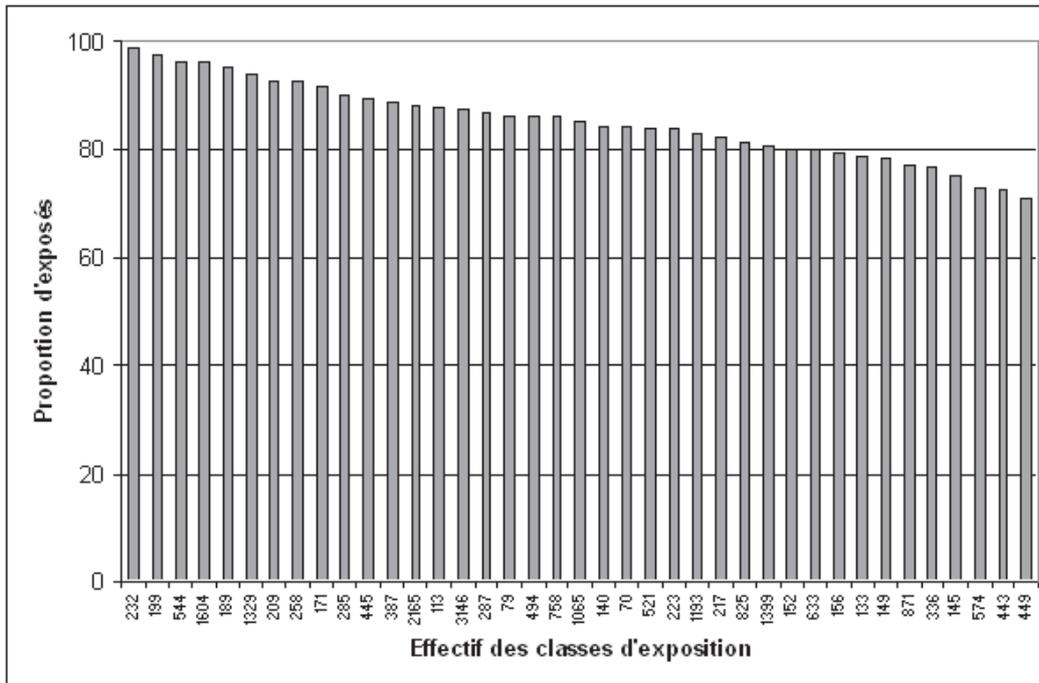


TRAVAIL DE NUIT - SUITE

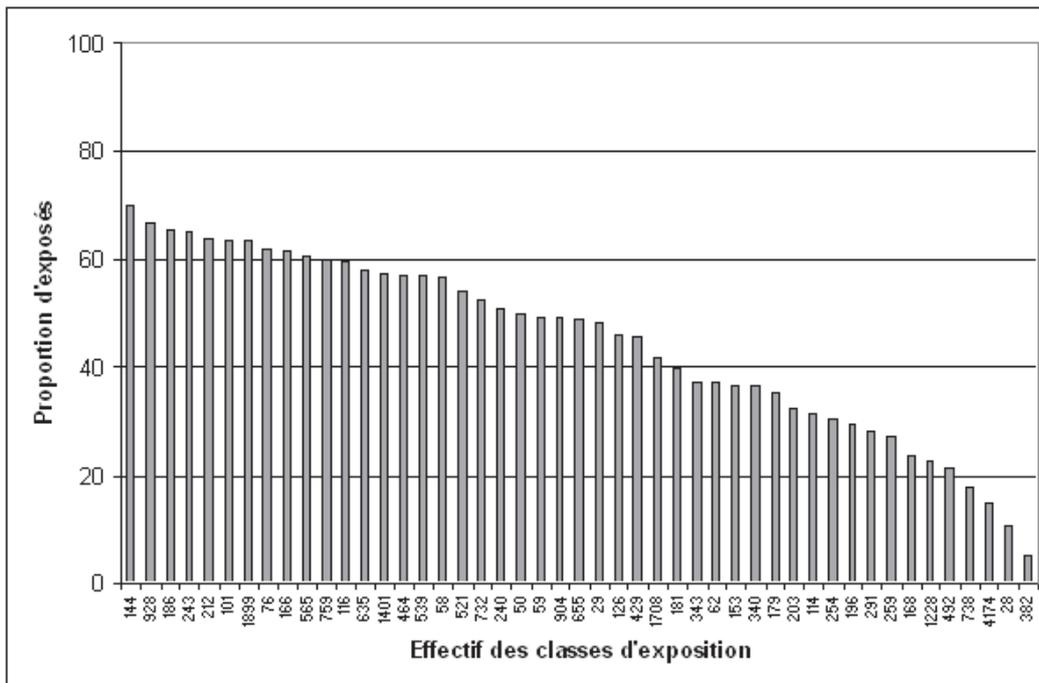




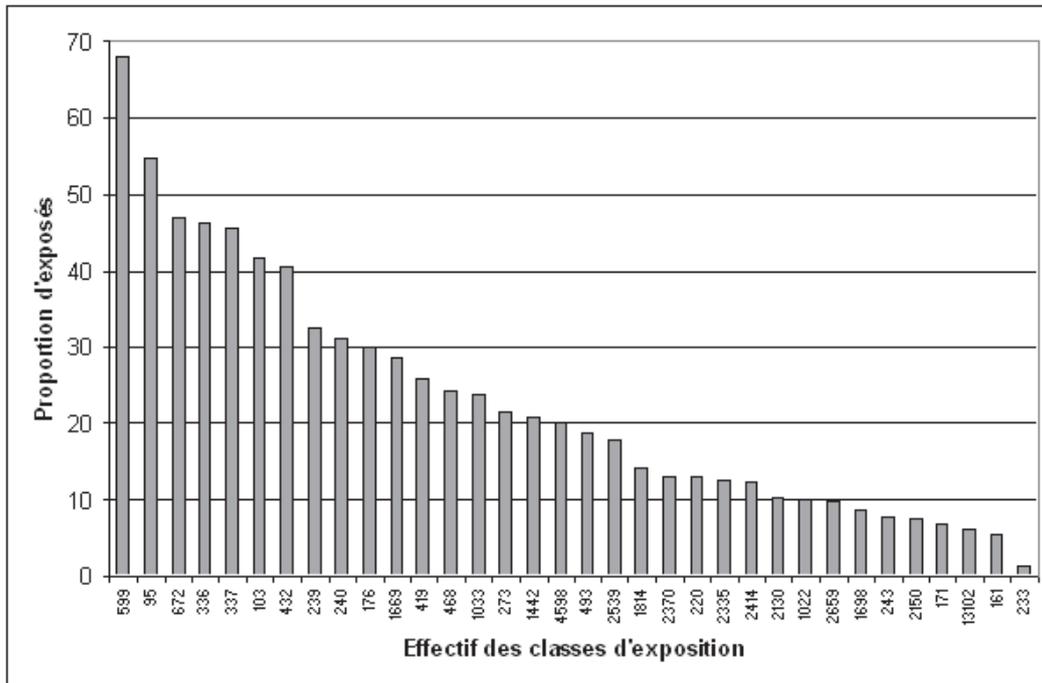
## HORAIRES DÉTERMINÉS PAR L'ENTREPRISE



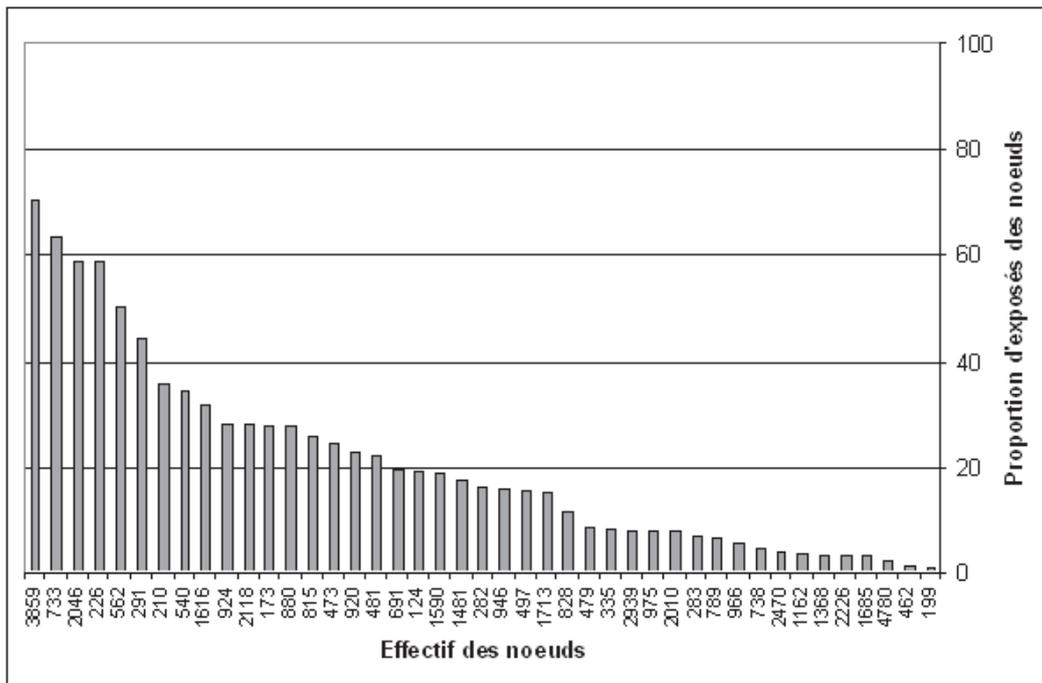
## HORAIRES DÉTERMINÉS PAR L'ENTREPRISE - SUITE



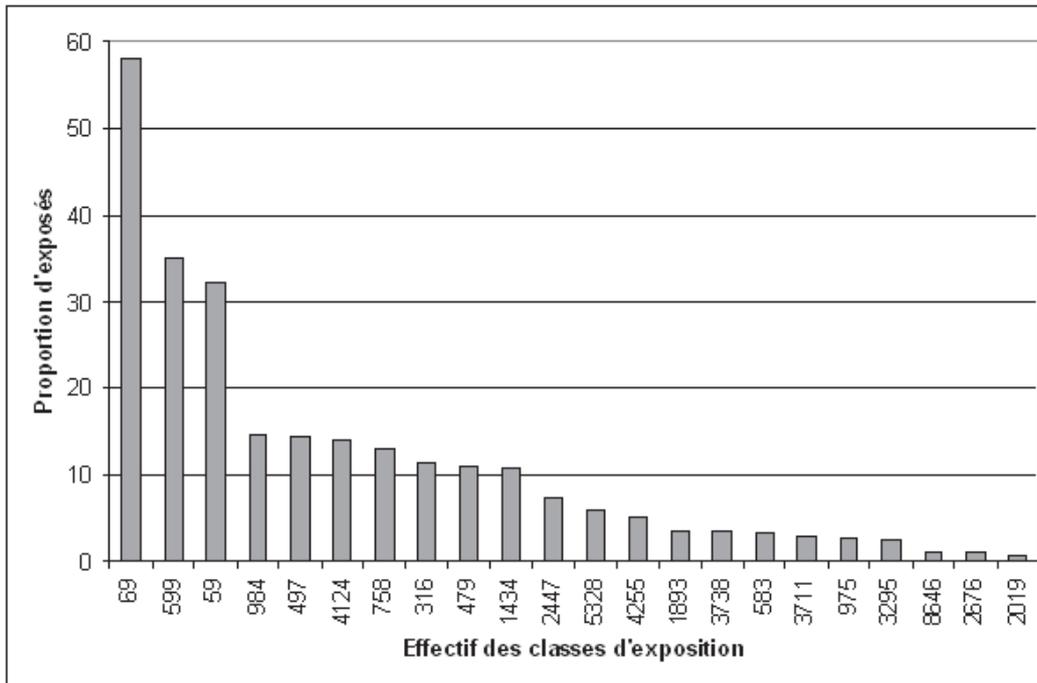
## HORAIRES À LA CARTE



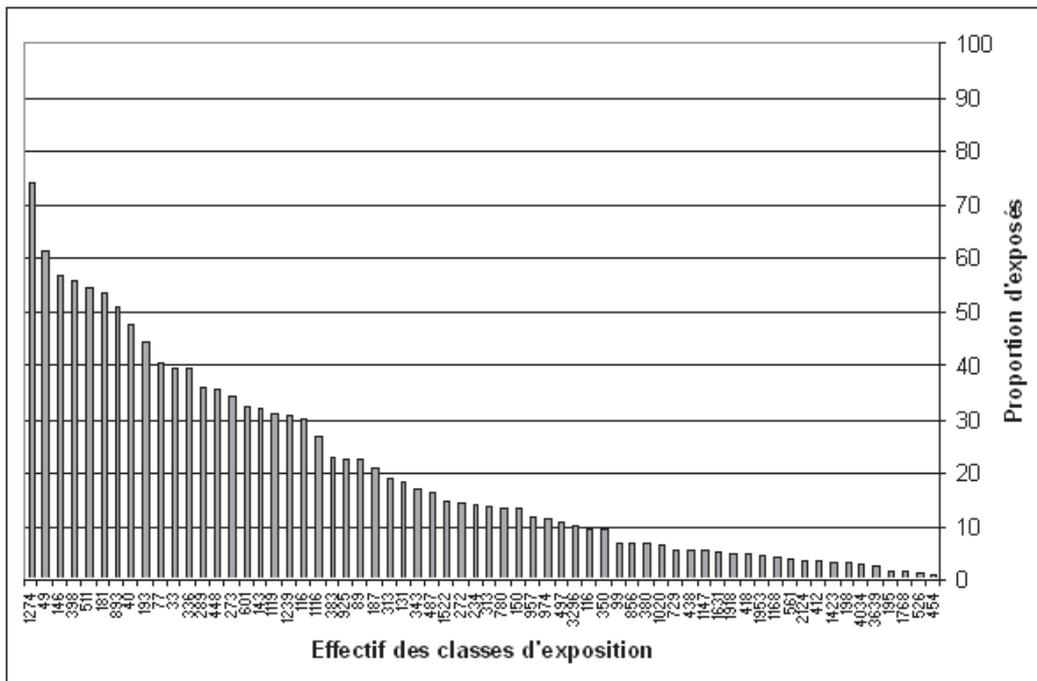
## HORAIRES LIBRES



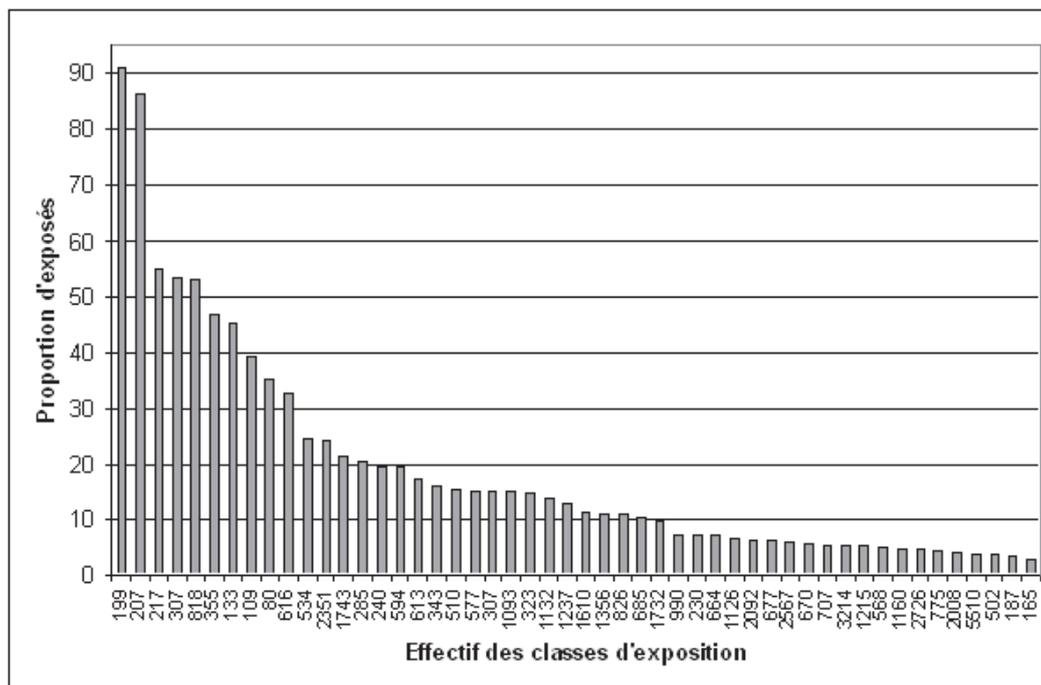
### HORAIRES NON CONNUS POUR LE LENDEMAIN



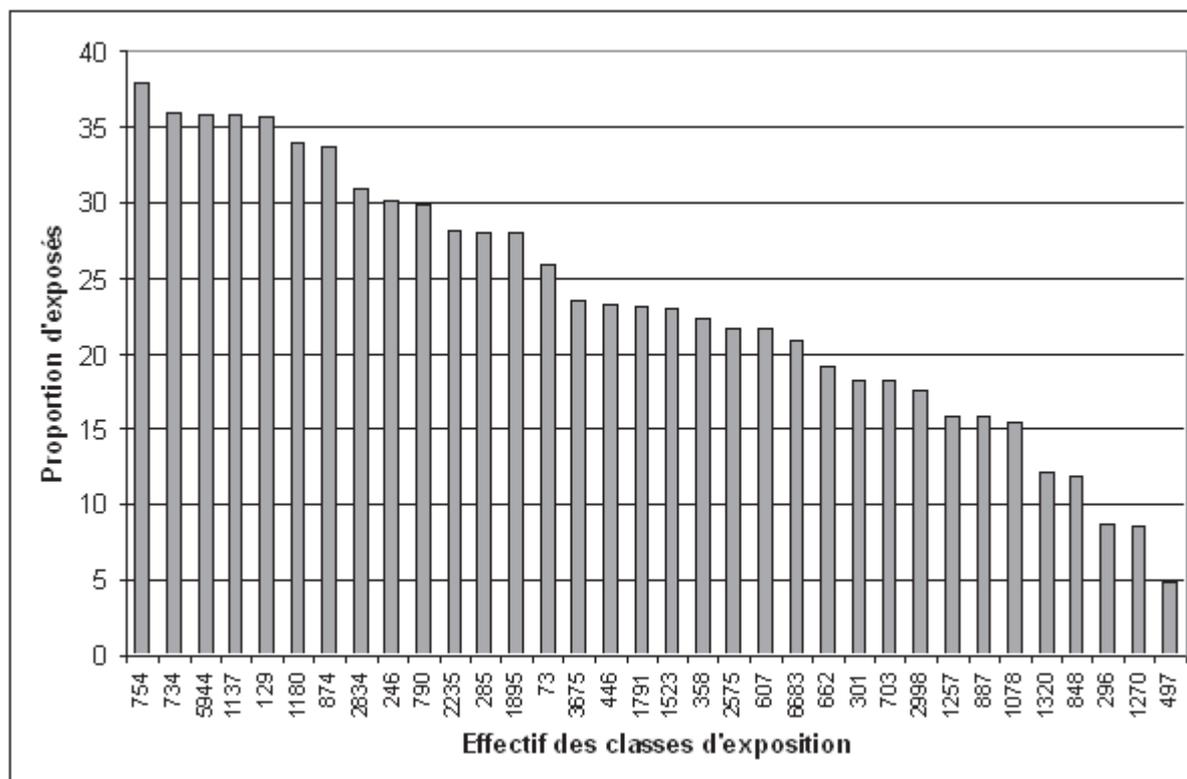
### NE DISPOSENT PAS DE 48H CONSÉCUTIVES DE REPOS



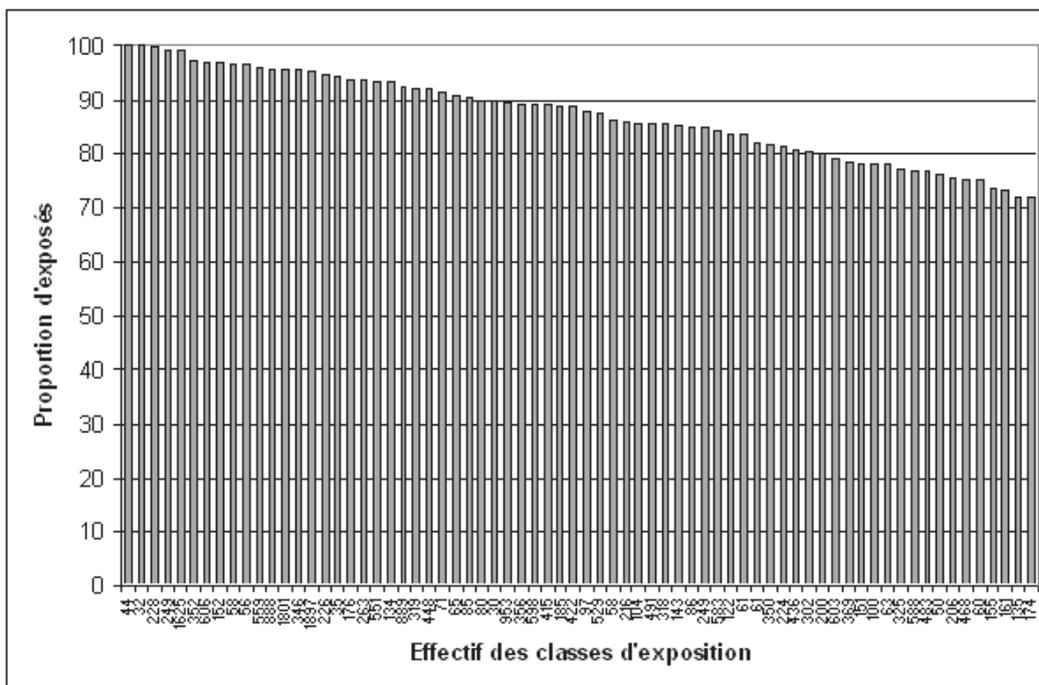
## ASTREINTES



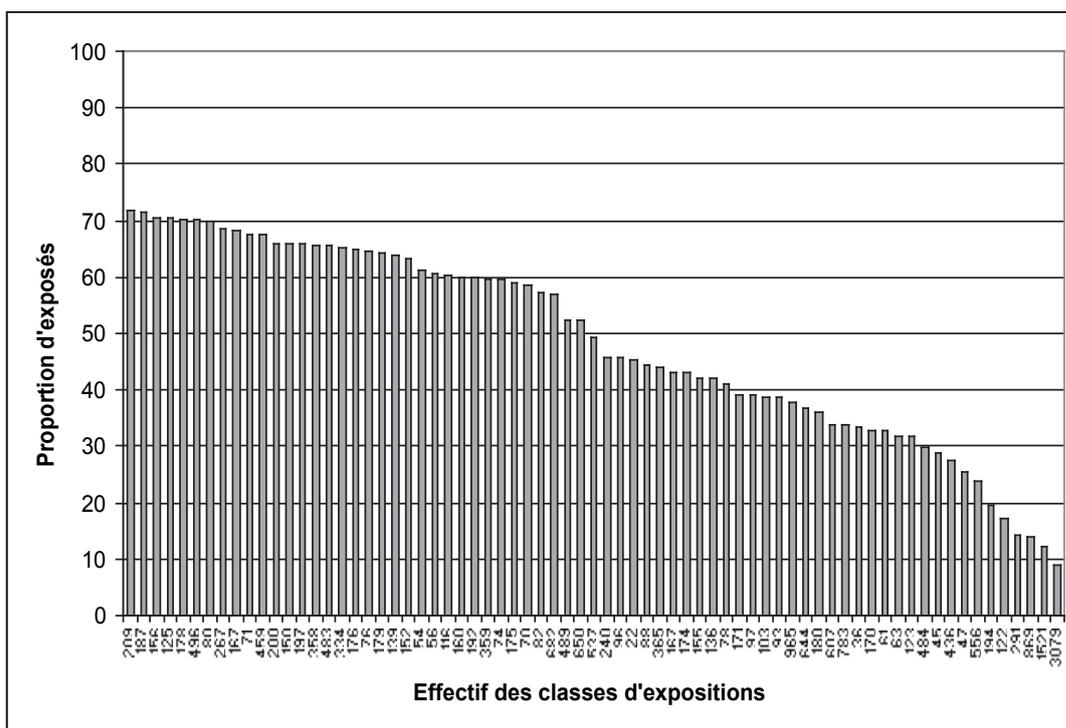
## POLYVALENCE



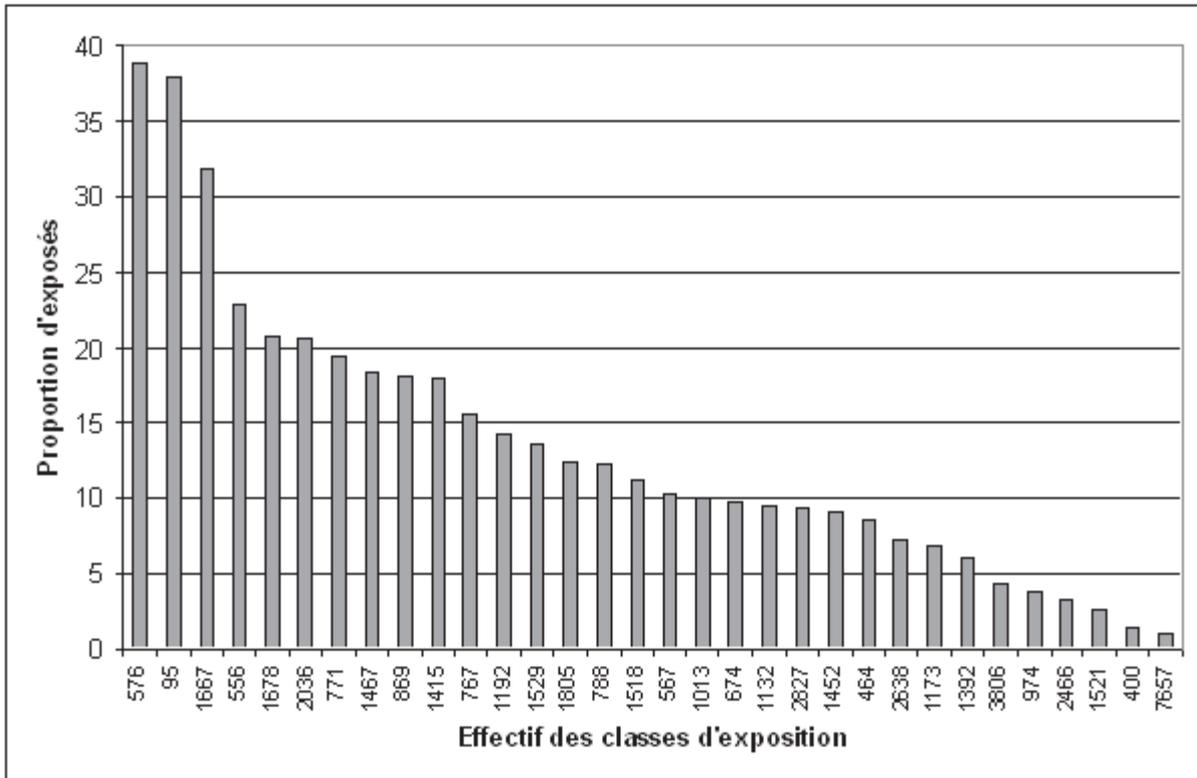
CONTACT AVEC LE PUBLIC



CONTACT AVEC LE PUBLIC - SUITE



TENSIONS AVEC LE PUBLIC (EN PERMANENCE OU RÉGULIÈREMENT)





## Sumex 2

**Réalisation d'une matrice emplois-expositions à partir des données de l'enquête Sumer 2003**

Sumex 2 est un outil de repérage des expositions professionnelles actuelles à partir du secteur d'activité et/ou de la profession, basé sur les données de l'enquête Sumer 2003. Cette enquête a permis de recueillir auprès d'un échantillon d'environ 50 000 salariés français des informations sur les expositions professionnelles. Les données ont été utilisées pour construire une matrice emplois-expositions, à l'aide d'une méthode de segmentation qui permet de d'obtenir des groupes homogènes vis-à-vis de l'exposition, définis par la profession (codée avec la nomenclature des professions et catégories socioprofessionnelles 2003) et le secteur d'activité (codé avec la nomenclature d'activités françaises 2003).

Ce rapport présente la méthode utilisée et les principaux résultats. Une matrice, spécifique de chaque nuisance, a été réalisée pour 71 agents chimiques, 18 familles de nuisances chimiques, 3 nuisances physiques (bruit, froid, chaleur) et 13 contraintes organisationnelles (concernant le temps de travail, le rythme de travail et les contacts avec le public). Pour toute combinaison de codes PCS et NAF, on dispose de la proportion d'exposés à chaque nuisance ou contrainte, ainsi que d'autres indices (durée, intensité) caractérisant l'exposition.

Il est prévu de mettre Sumex 2 en libre accès sur Internet, afin de permettre son utilisation notamment par les médecins du travail et les préventeurs. Un logiciel de consultation est en cours de développement.

*Sumex 2***A job-exposure matrix based on the Sumer 2003 survey**

*Sumex 2 is a tool aimed at identifying current occupational exposures from occupation and/or industry, developed from data collected through the 2003 Sumer survey. This cross-sectional survey described occupational hazards in a sample of about 50,000 French workers. A job-exposure matrix (JEM) was constructed from these data, using a segmentation method to obtain job groups homogeneous with regard to exposure. Occupations and industries were coded using the 2003 French official classifications (Professions et catégories socioprofessionnelles for occupation and Nomenclature d'activités françaises for industry).*

*This report presents the methods used and the main results. An agent specific JEM was constructed for 71 chemicals, 18 chemical groups, 3 physical agents (noise, heat, cold) and 13 organizational constraints (working time, work schedules, contact with the public). For each combination of occupation and industry and for each occupational hazard, the JEM gives the proportion of exposed workers and other exposure indices (duration, intensity).*

*It is planned to make Sumex 2 freely available online via the Internet, to be used by occupational physicians and other prevention professionals. A software is currently being developed to facilitate access to the database.*