

ETUDE EXPOMETRIQUE DU PERSONNEL D'EXPLOITATION D'UN OPERATEUR DE TELEPHONIE MOBILE

Sébastien Chauvin (1), Marie-Laure Gibergues (1), Guillaume Wüthrich (1), Dominique Picard (2), Jean-Philippe Desreumaux (1), Jean-Claude Bouillet (1)

(1) Bouygues Telecom, Direction Fréquences et protection, 20 Quai du Point du jour, 92640 Boulogne-Billancourt

(2) Supélec, Département Electromagnétisme, 3 rue Joliot Curie, 91192 Gif-sur-Yvette Cedex
E-mail : sechauvi@bouyguetelecom.fr

Résumé. Afin de caractériser l'exposition aux champs radiofréquences du personnel d'exploitation de Bouygues Telecom durant le travail, des enregistrements individuels ont été réalisés à l'aide de dosimètres auprès de 22 individus de cette population, puis ont été comparés statistiquement aux enregistrements réalisés auprès de 23 autres travailleurs. Pour ce faire, des méthodes de datamining ont été employées sur 229 indicateurs d'exposition calculés à partir des données récoltées. Dans le cadre de cette étude, il n'a pas été possible de déceler de différence significative d'exposition durant la journée de travail entre le groupe des techniciens d'exploitation et le groupe des autres travailleurs. L'exposition aux champs radiofréquences des techniciens d'exploitation est extrêmement faible, 55% [50% - 61%] du temps inférieur à 0,05V/m. L'exposition totale moyenne d'un technicien d'exploitation est de 0,2V/m [0,2V/m - 0,3V/m].

INTRODUCTION

Du fait des nombreuses sources de rayonnement électromagnétiques, nous sommes depuis longtemps soumis à des champs radiofréquences de toutes sortes, à différentes fréquences et de différents niveaux. Dans son guide de 1998, la Commission internationale pour la protection contre les rayonnements non ionisants (ICNIRP) a fixé des limites d'exposition pour le public et pour les travailleurs [1]. Les limites d'exposition pour le public ont été reprises dans le décret français du 3 mai 2002 [2], les limites travailleurs quant à elles, ont été reprises dans une Directive Européenne [3], non encore transposée en droit français, qui fixe des prescriptions minimales en matière de protection des travailleurs contre les risques pour leur santé et leur sécurité résultant ou susceptibles de résulter d'une exposition à des champs électromagnétiques (de 0Hz à 300GHz) durant leur travail.

Les personnels d'exploitation d'un opérateur de téléphonie mobile sont chargés de la maintenance technique des sites pour en assurer l'exploitation. Ils assurent les interventions curatives dans les meilleurs délais, engagent des actions préventives pour anticiper les éventuelles défaillances techniques du réseau et réalisent des interventions évolutives répondant à des besoins de modifications des équipements radio

(modification des tilts et des azimuts des antennes,...). En phase avec la réglementation actuelle, des actions de prévention des risques, d'information et de formation ont été prises auprès de ces professionnels amenés à intervenir à proximité immédiate des antennes de station de base. Différentes méthodes permettent d'évaluer l'exposition aux champs électromagnétiques radiofréquences ambiants, comme les techniques de simulations numériques, l'emploi de mesures in situ ou l'usage de dosimètres personnels, l'avantage de ces derniers étant la mesure continue de l'exposition au contact de la personne. Les améliorations récentes de ces appareils en termes de sélectivité et de dynamique de mesure renforcent leur intérêt [4] [5] [6]. La sensibilité des appareils est toutefois encore un peu limitée pour le grand public : une étude pilote hongroise [7] a été réalisée avec des dosimètres portés pendant 24 heures par 21 individus et a montré que, 40 à 70% du temps, l'exposition aux champs électromagnétiques radiofréquences est inférieure à 0,05 V/m (seuil de détection de l'appareil). Pour sa part, une étude pilote française [8] réalisée auprès du grand public rapporte que 95% des mesures sont en dessous de ce même seuil.

L'objectif de cette étude est de mesurer en continu, l'exposition d'une population constituée de personnels d'exploitation d'une part, et de la comparer à l'exposition du reste de la population, cela durant la journée de travail. Seuls les contributeurs suivants sont analysés : bande FM, bande TV3, bande TV4-5, GSM900 downlink, GSM1800 downlink, UMTS downlink, WiFi ; les émissions uplink sont exclues.

MATERIEL ET METHODES

Populations étudiées

La population des «techniciens d'exploitation» est composée de 23 individus personnels de maintenance de la région Centre Alpes. La population des « autres travailleurs » est composée de 22 individus franciliens, majeurs, recrutés par une Junior Entreprise, et exerçant soit un emploi saisonnier soit un stage en entreprise durant les périodes d'enregistrements. A partir de fiches d'information quotidiennes et de certains critères, les individus des

deux populations sont divisés en plusieurs groupes (Tableau I).

Tableau I – Critères de regroupement.

Autres travailleurs			Techniciens d'exploitation		
	sous groupes	nombre individus		sous groupes	nombre individus
lieu de résidence	parisiens	7	% temps voiture	•36%	12
	proche banlieue	8		<36%	11
	zone rurale	7	% temps intervention	•37%	12
type de travail	job d'été	10		<37%	11
moyen de transport	bureau	12	% temps fixe	•22%	12
	voiture	13		<22%	11
	train	8			
	métro	10			
	bus	3			

Données d'exposition

Les individus ont porté en moyenne pendant 3 journées de travail deux dosimètres simultanément :

- Le dosimètre *RadMan* de la société *Narda*, mesure et enregistre le niveau d'exposition total, intégrant indifféremment toutes les contributions présentes dans la bande 1MHz - 40GHz. Cet équipement est adapté à la mesure des champs compris entre 25% et 125% de la norme en champ. L'intervalle de stockage a été fixé à 30 secondes, permettant ainsi un enregistrement optimal sur une période de 13 heures consécutives.

- Le dosimètre *DSP 120* de la société *Antennessa*, mesure et enregistre les niveaux d'exposition dans 12 bandes de fréquences pré-réglées au niveau de l'appareil. Cet équipement est adapté à la mesure des champs compris entre 0.08% et 12.31% de la norme public en champ. La période de mesure a été fixée à 5 secondes, la durée du cycle de mesure à 597 minutes (10 heures). Une caractérisation en laboratoire de ces dosimètres a été réalisée.

Métrie

L'ensemble des données d'exposition représente pour chaque jour de mesure un total d'environ 75000 valeurs, réduites à 229 indicateurs d'exposition qui caractérisent l'exposition dans chacune des 7 bandes de fréquences analysées en plus de l'exposition totale. L'information recueillie représente au total une matrice M1 de n = 135 lignes (3 jours x 22 autres travailleurs + 23 techniciens d'exploitation) et p = 229 colonnes (229 indicateurs d'exposition) ; Pour le grand public, une matrice M2 de n = 66 lignes (3 jours x 22 individus) et p = 229 colonnes (229 indicateurs d'exposition) ; Pour les techniciens d'exploitation, une matrice M3 de n = 69 lignes (3 jours x 23 individus) et p = 229 colonnes (229 indicateurs d'exposition). La construction des 229 indicateurs d'exposition est présentée Tableau II. L'ensemble des calculs statistiques a été réalisé avec le logiciel « R » version 2.4.0 par un statisticien.

Tableau II – Les 229 indicateurs d'exposition.

indicateurs de base	DSP		Radman
	7 bandes	Puissance totale	3 mesures (MinE, MaxE, avgE)
Minimum	14 (*)	2	6
Premier quartile	14 (*)	2	6
Médiane (deuxième quartile)	14 (*)	2	6
Troisième quartile	14 (*)	2	6
Moyenne	14 (*)	2	6
Maximum	14 (*)	2	6
Écart type	14 (*)	2	6
%temps où l'exposition est strictement supérieure à son minimum, à son premier quartile, à sa médiane, à son troisième quartile	28	4	12
troisième quartile de la variation	7	1	0
maximum de la variation	7	1	0
variation du % de valeurs strictement supérieures au troisième quartile	7	1	0
contribution dans Ptotale	7	0	0
Total	175		54

(*) L'indicateur de base et la variation de l'indicateur de base sont calculés pour les 7 bandes.

Méthodes statistiques

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une méthode pour étudier dans leur ensemble les données multidimensionnelles (recherche d'un ensemble réduit de variables non-corrélées ou représentation des données à l'aide de nuage de points dans un espace géométrique). Des recherches de regroupements peuvent être appliquées dans cet espace à l'aide des méthodes des « k moyenne » ou par « arbre de classification ».

Afin de rechercher d'éventuels sous groupes parmi les individus « techniciens d'exploitation » et « autres travailleurs », une première analyse a été réalisée en étudiant la distribution des n jours pour chaque indicateur pris individuellement. Les indicateurs pertinents sont ceux présentant une densité comportant clairement deux modes, le premier mode correspond à une exposition plus faible et le second à une exposition relativement plus forte. Pour admettre la présence de plusieurs classes d'exposition deux conditions doivent être respectées : si un jour de mesure d'un individu appartient à l'un des groupes, alors les autres jours de mesures du même individu doivent appartenir à ce groupe. Si une différence est observée, elle doit être explicable à partir des fiches quotidiennes (critères de regroupement).

Une seconde analyse a été réalisée sur les matrices M2 et M3. Une Analyse en Composantes Principales cherche à réduire les dimensions des matrices en ne conservant que les jeux d'indicateurs pertinents, ceux permettant de conserver une information la plus globale possible et à favoriser les regroupements ultérieurs (tableau VII). Dans la mesure du possible,

au moins un indicateur par bande de fréquences est conservé de manière à conserver une description globale de l'environnement électromagnétique. Cette même ACP permet de projeter les données sur le plan principal. Dans le cas où la distribution des points suivant l'une des deux composantes principales n'est pas uniforme, une recherche de cluster par « arbre de classification » et par la méthode des « k-moyenne » est réalisée. Ces clusters sont alors rapprochés des regroupements suggérés par les fiches quotidiennes (critères de regroupement)

Concernant la recherche de différence d'exposition entre les individus « techniciens d'exploitation » et les individus « autres travailleurs », une première analyse a été réalisée en donnant à des algorithmes statistiques de recherche de clusters (arbre de classification et k-moyenne) les indicateurs (pris individuellement) de chaque jour de mesures des deux populations (n = 3 x 45 jours). Ces algorithmes tentent alors de retrouver la vraie répartition des individus sans autre information que les indicateurs d'exposition. Grâce à notre connaissance de la vraie répartition des jours de mesures, nous calculons l'erreur faite par les algorithmes statistiques pour chaque indicateur d'exposition, et nous retenons les plus fiables. Pour ce volet de l'étude, le pourcentage de données bien classées indique à quel point les méthodes de recherche de clusters retrouvent les deux groupes d'origine.

Une seconde analyse a été réalisée, cette fois-ci à partir de la matrice M1. Une Analyse en Composantes Principales cherche à réduire les dimensions de la matrice en ne conservant que le jeu d'indicateurs pertinents, celui permettant de conserver une information la plus globale possible et favoriser les regroupements ultérieurs. A partir du cercle des corrélations et de la projection des données sur le plan des composantes principales, les regroupements éventuels sont comparés aux deux populations « techniciens d'exploitation » et « autres travailleurs ». Une troisième analyse a été réalisée en utilisant un modèle de prédiction. Pour se faire, la totalité des jours de mesures (matrice M1) est divisée aléatoirement en deux groupes : un groupe apprentissage et un groupe test. A partir du groupe d'apprentissage, en considérant les indicateurs d'exposition ainsi que la vraie répartition des individus dans ce groupe, la meilleure loi permettant de retrouver la provenance d'un jour de mesure en fonction des indicateurs d'exposition est déterminée, puis le groupe test permet d'estimer la précision de cette loi. Le pourcentage de données bien classées indique alors à quel point la méthode supervisée permet de retrouver les deux groupes d'origine.

RESULTATS

Recherche de sous groupes parmi les individus « autres travailleurs »

Pour la méthode de recherche basée sur les indicateurs pris individuellement, 14 indicateurs d'exposition

sont considérés comme pertinents : 1,2,3, 5,8,9,15,16,18,19,20,21,22,23 (Tableau VII). Seulement 13% des individus ont toujours appartenu au même mode quel que soit l'indicateur pris en compte. 80% des individus ont appartenu aux deux modes. Seuls les individus 8, 16 et 20 ont toujours appartenu au même mode (Tableau III). Ce sous groupe ne correspond à aucun des sous groupes envisagés par les critères de regroupement.

Tableau III – répartitions des individus « autres travailleurs » dans les deux modes.

individus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
appartient mode 1	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü
appartient mode 2	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü
appartient deux modes	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü
individus	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
appartient mode 1	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü
appartient mode 2	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü
appartient deux modes	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü

La seconde analyse par groupe d'indicateurs a été réalisée sur la matrice M2, les indicateurs pertinents sont : 1,9,16,18,22 (Tableau VII). La première composante principale correspond à l'indicateur %Temps > PT min et contient 85% de l'information contenue dans les données. La deuxième composante principale ne contient que 5% de l'information contenue dans les données et correspond à l'indicateur %Temps > (FM) 3Q. La distribution uniforme des données sur ces deux axes qui contiennent à eux seuls 90% de l'information montre l'absence de sous groupe (Fig.1).

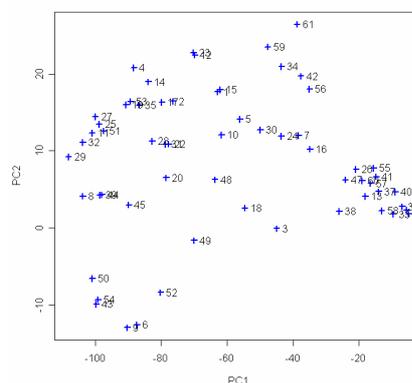


Fig.1 – Projection des données « autres travailleurs » sur les deux composantes principales.

Recherche de sous groupes parmi les individus « techniciens d'exploitation »

Pour la méthode de recherche basée sur les indicateurs pris individuellement, 8 indicateurs d'exposition sont considérés comme pertinents : 9,12,16,22,25, 28,29,30 (Tableau VII). 100% des individus ont appartenu aux deux modes, dans ce cas-ci, aucune séparation en sous groupes n'est plausible (Tableau IV).

Tableau IV- répartitions des individus « techniciens d'exploitation » dans les deux modes d'exposition.

Individus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
appartient mode 1	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü
appartient mode 2	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü
appartient deux modes												
Individus	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
appartient mode 1	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	
appartient mode 2	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	
appartient deux modes	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	Ü	

La seconde analyse par groupe d'indicateurs a été réalisée sur la matrice M3, les 5 indicateurs pertinents sont : 1,9,16,18,22 (Tableau VII). La première composante principale correspond à l'indicateur %Temps > PT min et contient 65% de l'information contenue dans les données. La seconde composante principale contient 20% de l'information contenue dans les données et correspond à l'indicateur %Temps > wifi 1Q. Ces deux indicateurs regroupent 85% de l'information de départ. Les jours de mesures sont continuellement distribués sur la première composante principale mais ne le sont pas sur la seconde composante principale (Fig.2).

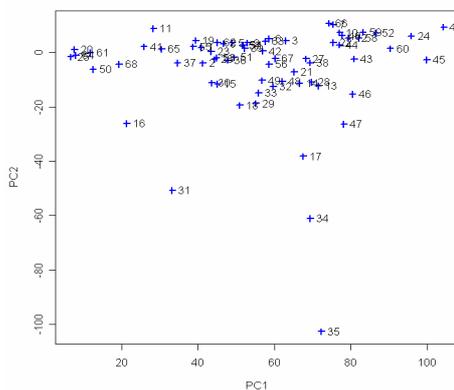


Fig.2 - Projection des données « techniciens d'exploitation » sur les deux composantes principales.

La méthode des « k moyenne » suggère que les jours de mesure 17, 31, 34 et 35 peuvent être considérés séparément et éventuellement former un groupe de

données différent (Fig.3). Ces regroupements ne s'expliquent pas par l'analyse des rapports d'activité.

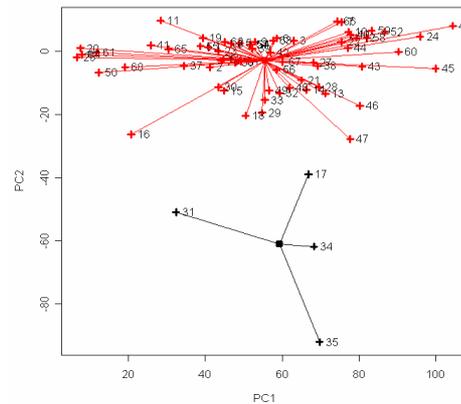


Fig.3 - séparation des « techniciens d'exploitation » par la méthode des k-moyenne

La méthode par « arbre de classification » ne voit que l'influence de la première composante principale, et suggère que la légère différence des données 17, 31, 34 et 35 n'est pas à prendre en compte (Fig.4). La division du groupe « techniciens d'exploitation » en sous population d'exposition n'est pas considérée comme plausible.

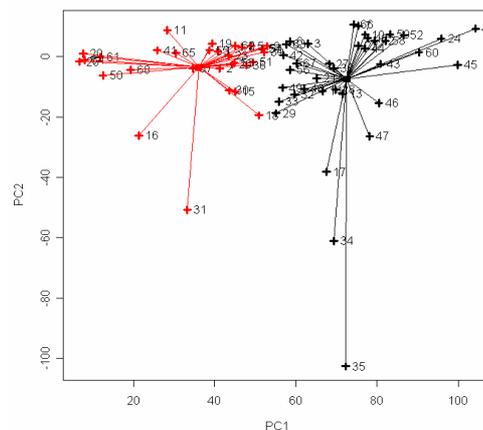


Fig.4 - séparation des « techniciens d'exploitation » par la méthode de l'arbre de classification

Recherche de différence d'exposition entre les individus « techniciens d'exploitation » et les individus « autres travailleurs »

La valeur moyenne des données bien classées pour l'ensemble des 229 indicateurs d'exposition est de 56%, le meilleur pourcentage de données bien classées est de 76% et est obtenu avec l'indicateur (TV3>TV3 min)med.. La séparation des deux populations n'est donc pas considérée comme plausible à partir de nos indicateurs d'exposition (Tableau V).

Tableau V – pourcentage de données bien classées pour quelques indicateurs d'exposition.

	indicateur	indice	Données bien classées (%)
Indicateurs significativement différent (exemple)	PTmax	4	57,3
	FM3Q	6	54,2
	%Temps > (GSMrx) 3Q	16	65,8
	%Temps > (DCSRx) 3Q	22	55
Meilleurs classements	TV3 > (TV3min) med	10	76,7
	% Temps > (FM med)	8	70,5

La seconde analyse par groupe d'indicateurs a été réalisée sur la matrice M1, les indicateurs pertinents sont : 1,7,11,13,17,19,24,27 (Tableau VII). La projection sur le plan des deux composantes principales peut suggérer une éventuelle séparation des données en 2 groupes (Fig.5). Ces groupements sont comparés aux deux populations «techniciens d'exploitation» et «autres travailleurs». Le pourcentage de données bien classées par la méthode des « k moyenne » est très faible : 63,5% (Fig.6). Le cercle des corrélations quant à lui n'apporte pas d'information complémentaire exploitable (Fig.7).

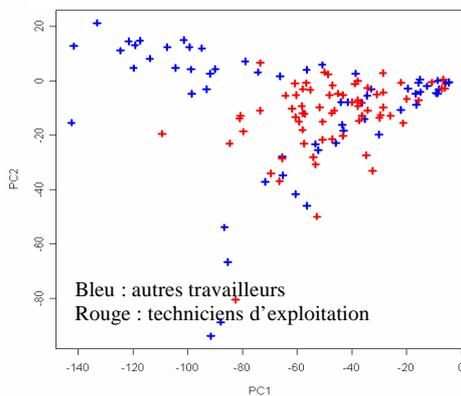


Fig.5 - Projection des deux populations sur les deux composantes principales.

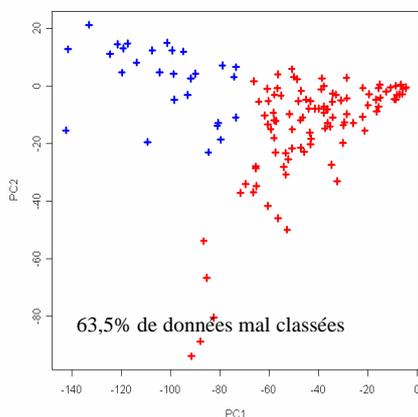


Fig.6 – Séparation en deux groupes par la méthode des « k-moyenne ».

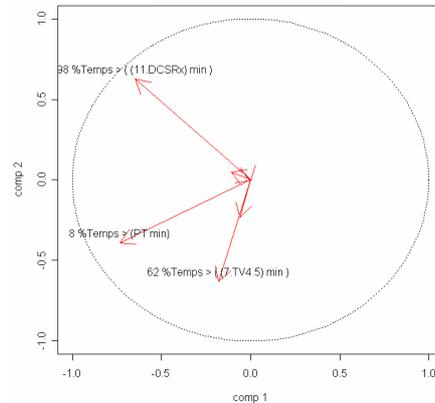


Fig.7 – Cercle des corrélations des indicateurs d'exposition.

La dernière analyse par modèle de prédiction ne permet d'atteindre qu'un faible pourcentage de données bien classées (de l'ordre de 72%). A partir d'un groupe d'apprentissage, la loi de prédiction basée sur nos 229 indicateurs d'exposition est peu précise.

Exposition totale des techniciens d'exploitation.

Le tableau VI présente des indicateurs d'exposition calculés à partir des enregistrements des dosimètres DSP120 et caractérisant l'exposition totale aux champs radiofréquences.

Tableau VI – Exposition totale des techniciens d'exploitation.

	Techniciens d'exploitation	
	(1) (3)	(2) (3)
premier quartile de l'exposition totale	0,0013% [0,0011 - 0,0030]	0,0019% [0,0015 - 0,002]
moyenne de l'exposition totale	0,012% [0,0068 - 0,019]	0,029% [0,010 - 0,049]
médiane de l'exposition totale	0,0015% [0,0013 - 0,0019]	0,0048% [0,0026 - 0,034]
troisième quartile de l'exposition totale	0,0037% [0,0025 - 0,004]	0,023% [0,012 - 0,034]
maximum de l'exposition totale	0,72% [0,45 - 0,99]	0,72% [0,45 - 0,99]
% temps où l'exposition totale est supérieure à son minimum	44,58% [40,38 - 48,77]	
% temps où l'exposition totale est supérieure à son premier quartile	44,26% [40,24 - 48,28]	
% temps où l'exposition totale est supérieure à sa médiane	39,23% [36,45 - 42,01]	
% temps où l'exposition totale est supérieure à son troisième quartile	22,99% [21,98 - 24,01]	
(1) toutes données prises en compte		
(2) données inférieures ou égales au plancher de détection exclues		
(3) valeurs exprimées en pourcentage de la limite ICNIRP public en puissance [IC à 95%]		

Tableau VII – Indicateurs d'exposition pertinents.

	Indicateur	Description
1	%Temps > (PT min)	% temps où la puissance totale est strictement supérieure à son minimum
2	%Temps > (PT 1Q)	% temps où la puissance totale est strictement supérieure à son premier quartile
3	%Temps > (PT med)	% temps où la puissance totale est strictement supérieure à sa médiane
4	Ptmax	Maximum de la puissance totale
5	VarPT %Nb > 3Q	Proportion des valeurs de la variation de la puissance totale strictement supérieures au troisième quartile.
6	FM3Q	Troisième quartile de la bande FM
7	FM max	Maximum de la bande FM
8	%Temps > (FM) med	% temps où la bande FM est strictement supérieure à sa médiane
9	%Temps > (FM) 3Q	% temps où la bande FM est strictement supérieure à son troisième quartile
10	TV3 > (TV3min) med	médiane des valeurs de la bande TV3 strictement supérieures au minimum.
11	TV3 max	Maximum de la bande TV3
12	%Temps > TV4.5 3Q	% temps où la bande TV4.5 est strictement supérieure à son troisième quartile
13	% temps > (TV4.5)min	% temps où la bande TV4.5 est strictement supérieure à son minimum
14	%Temps > GSMrx 1Q	% temps où la bande GSMrx est strictement supérieure à son premier quartile
15	%Temps > (GSMrx) med	% temps où la bande GSMrx est strictement supérieure à sa médiane
16	%Temps > (GSMrx) 3Q	% temps où la bande GSMrx est strictement supérieure à son troisième quartile
17	GSMrx > (GSMrx min) 3Q	troisième quartile des valeurs de la bande GSMrx strictement supérieures au minimum.
18	Var (GSMrx) %Nb > 3Q	Proportion des valeurs de la variation de la bande GSMrx strictement supérieures au troisième quartile.
19	%Temps > (DCSRx) min	% temps où la bande DCSrx est strictement supérieure à son minimum
20	%Temps > (DCSRx) 1Q	% temps où la bande DCSrx est strictement supérieure à son premier quartile
21	%Temps > (DCSRx) med	% temps où la bande DCSrx est strictement supérieure à sa médiane
22	%Temps > (DCSRx) 3Q	% temps où la bande DCSrx est strictement supérieure à son troisième quartile
23	Var (DCSRx) %Nb > 3Q	Proportion des valeurs de la variation de la bande DCSrx strictement supérieures au troisième quartile.
24	% temps > (UMTS rx med)	% temps où la bande UMTSrx est strictement supérieure à sa médiane
25	%Temps > wifi 3Q	% temps où la bande wifi est strictement supérieure à son troisième quartile
26	%Temps > wifi 1Q	% temps où la bande wifi est strictement supérieure à son premier quartile
27	% Temps > (wifi min)	% temps où la bande wifi est strictement supérieure à son minimum
28	Avg E 3Q	Troisième quartile de Avg E (Radman)
29	Avg E Moyenne	Moyenne de Avg E (Radman)
30	%Temps > Avg E 3Q	% temps où Avg E est strictement supérieure à son troisième quartile (Radman)
31	Avg E max	Maximum de Avg E (Radman)

CONCLUSIONS

Dans le cadre de cette étude, il n'a pas été possible à partir de nos 229 indicateurs d'exposition de déceler de différence significative d'exposition entre le groupe « technicien d'exploitation » et « autres travailleurs ». Au sein de la population « autres travailleurs » comme au sein de la population des techniciens d'exploitation, il n'a pas été décelé d'éventuels sous groupes d'individus basés sur une exposition particulière. L'exposition des techniciens d'exploitation relevée dans le cadre de cette étude est extrêmement faible: Le niveau d'exposition total relevé par les dosimètres est 55% [50% - 61%] du temps inférieur à 0,05V/m. L'exposition totale moyenne d'un technicien d'exploitation est de 0,2V/m [0,2V/m – 0,3V/m].

REFERENCES

[1] Guidelines for limiting exposure to electric, magnetic and electromagnetic fields, time varying fields (up to 300GHz), ICNIRP 1998.
 [2] Décret no 2002-775 du 3 mai 2002 pris en application du 12o de l'article L. 32 du code des postes et télécommunications et relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements

utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.

[3] Directive 2004/40/CE du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004 concernant les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux risques dus aux agents physiques (champs électromagnétiques).

[4] SM Mann *Personal dosimetry of RF radiation*, HPA-RPD-008. 2005

[5] H Lehmann *Benchmarking personal radiofrequency exposimeters*, COST 281 Workshop, Graz 2006.

[6] K Radon *Personal dosimetry of exposure to mobile telephone base station ? An epidemiologic feasibility study comparing the Maschek dosimeter prototype and the Antennessa DSP90 system*, Bioelectromagnetics 27:77 -81 2006.

[7] György Thuroczy *Investigation with personal RF Exposimeter in Hungary*, , National Reserch Institute for Radiobiology and Radiohygiène, 4th International workshop on Biological effects of EMFs, Greece 2006.

[8] R.De Seze French RF-exposimetry study, INERIS, EBEA 2007