



# EXPOSITION DES ADULTES AU CHAMP MAGNÉTIQUE 50 HZ EN FRANCE

Isabelle Magne<sup>1</sup>, Martine Souques<sup>2</sup>, Anne Duburcq<sup>3</sup>, Isabelle Bureau<sup>3</sup>, Emmanuel Remy<sup>4</sup>,  
Jacques Lambrozo<sup>2</sup>

1 - EDF R&D, Moret-sur-Loing

2 - EDF Service des Etudes Médicales, Levallois-Perret

3 - Cemka-Eval, Bourg-la-Reine

4 - EDF R&D, Chatou

SFRP, Lille, 7-9 juin 2017

# INTRODUCTION

- **Objectif de l'étude EXPERS : quantifier l'exposition de la population française au champ magnétique 50 Hz et déterminer les sources de cette exposition**
- **Base de données : 977 enfants et 1047 adultes**
- **Nous présentons ici les principaux résultats pour les adultes (15 ans et plus)**
- **Les adultes les plus exposés :**
  - Exposition moyenne supérieure ou égale à 1  $\mu$ T
    - Pas de seuil d'augmentation de risque dans les études épidémiologiques
    - Valeur citée par l'instruction du 15 avril 2013
    - 1% du niveau de référence de la Recommandation Européenne de 1999 à 50 Hz
  - À partir des données de mesure large bande
    - Mesure la plus fréquente lors des mesures d'exposition en épidémiologie
  - Moyenne Arithmétique (MA)
    - Indicateur qui donne des valeurs plus élevées que moyenne géométrique (MG) et médiane
  - Expositions moyennes sur 24 h et par type d'activité

# DONNÉES

- **Mesures pendant 24h avec un EMDEX II porté par le volontaire :**
  - Une mesure toutes les 3 s
  - Mesure large bande (40-800 Hz) et harmoniques (100-800 Hz)
  - Gamme de mesure : 0,01 à 300 $\mu$ T
- **Informations sur le volontaire :**
  - Âge
  - Activités
- **Informations sur le logement :**
  - Chauffage
  - Présence d'équipements particuliers
- **Réseaux électriques :**
  - Près du domicile et du lieu de travail
  - Réseaux électriques Basse Tension à 400 kV



# MÉTHODOLOGIE STATISTIQUE

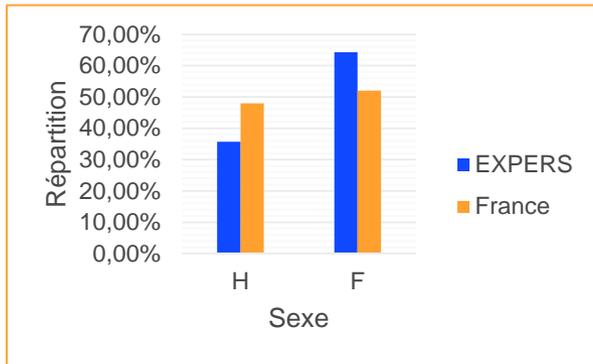
## ▪ Définition des variables :

- 14 types d'activité (dont sur 24 h, sommeil, au travail, etc.)
- Pour chaque activité, différents indicateurs (ex. : durée, moyenne arithmétique)
- Base de données validée par contrôles de cohérence

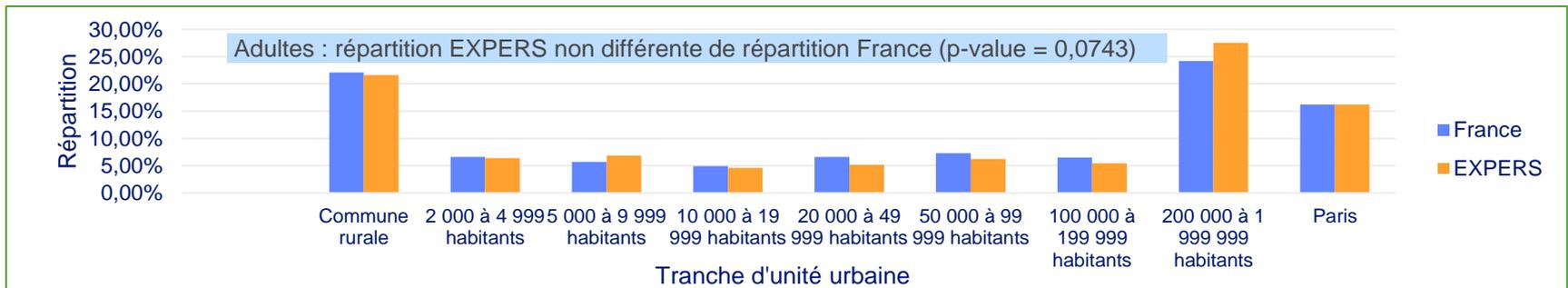
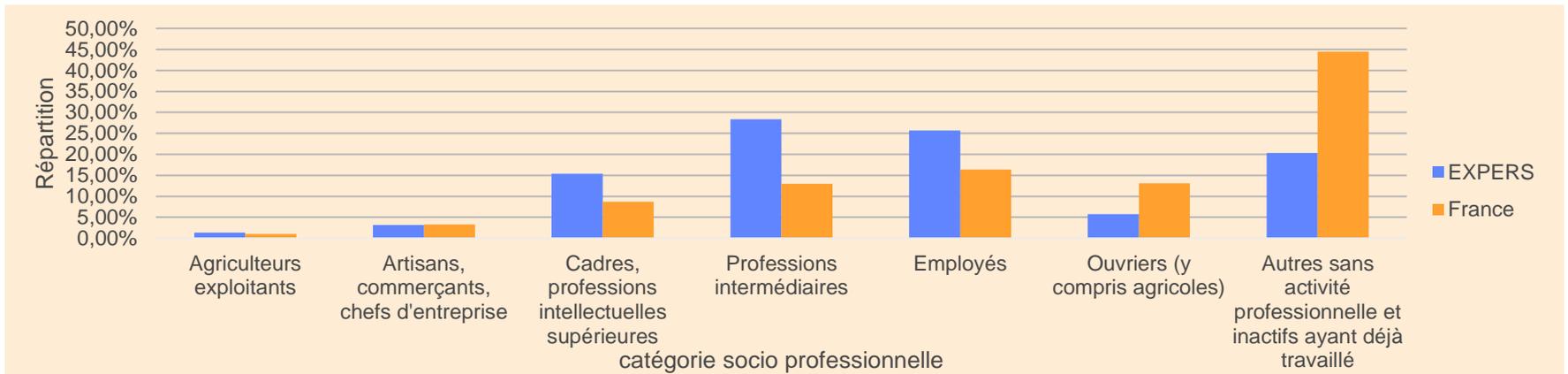
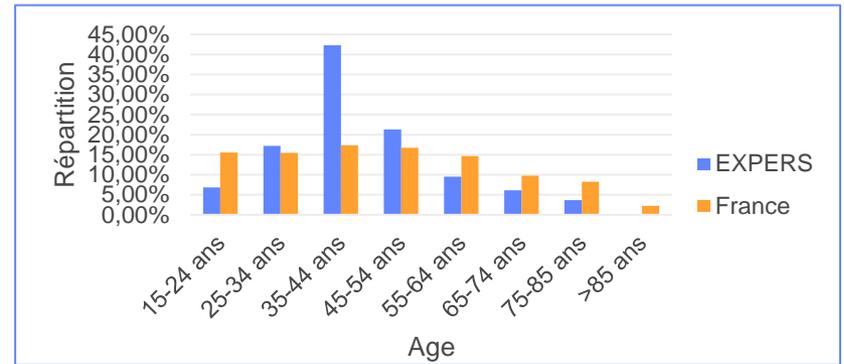
## ▪ Analyses statistiques :

- SAS® version 9.3 (North Carolina, USA), avec un niveau de significativité de 5%
- Test d'indépendance du Chi<sup>2</sup> pour la représentativité de la base de données EXPERS avec certaines caractéristiques de la population française
- Recherche de liens entre l'exposition (non gaussienne) et les variables collectées
  - Test de Spearman pour évaluer la force du lien avec les variables quantitatives (durées d'activité ou âge)
  - Test de Kruskal-Wallis pour identifier des différences de répartition entre modalités pour les variables qualitatives
- Recherche de facteurs pouvant expliquer les expositions les plus élevées :
  - Régression logistique multivariée (pas à pas ascendant) pour évaluer les poids des facteurs
  - Analyse des correspondances multiples pour identifier des liens potentiels entre exposition et variables

# CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES SUJETS

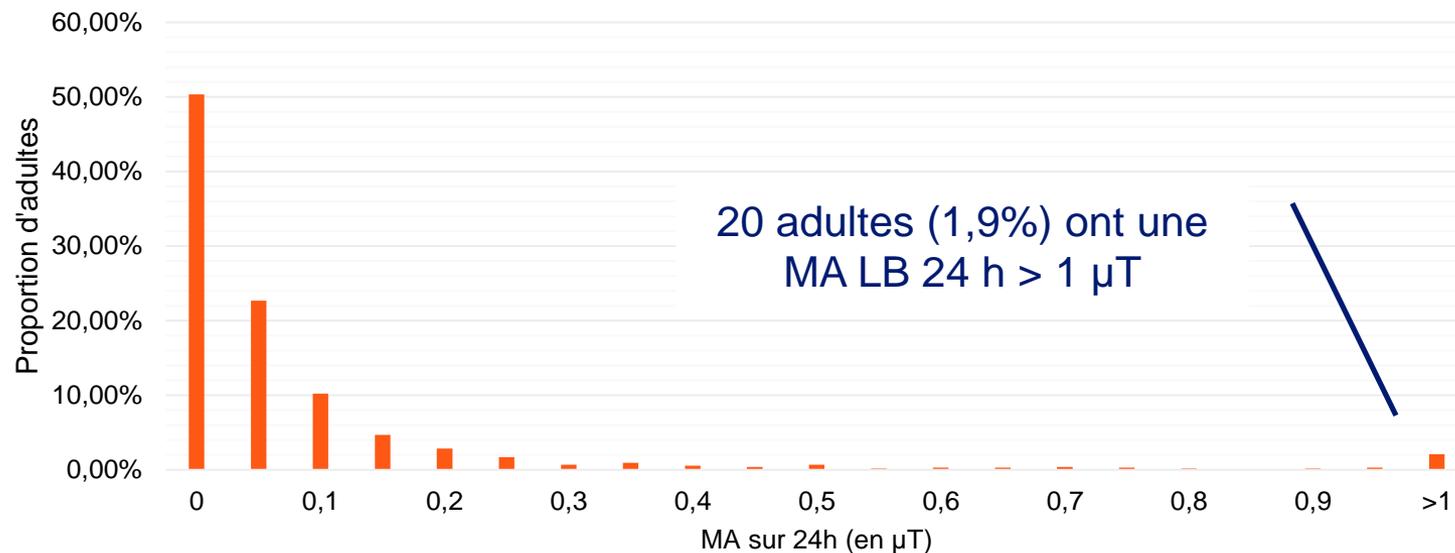


Nombreuses mères de famille à cause difficultés pour recrutement enfants



# ADULTES – MOYENNE ARITHMÉTIQUE LARGE BANDE SUR 24 H

- Durée moyenne des mesures : 24,61 h (écart-type : 0,83 h)
- Résultats sur 1047 adultes :



Moyenne arithmétique	Ecart-type	Quartile 25	Médiane	Quartile 75	Maximum
0,14 µT	0,46 µT	0,03 µT	0,05 µT	0,11 µT	7,46 µT

# ANALYSE DESCRIPTIVE

- Principaux résultats d'exposition sur 24 h (en large bande 40-800 Hz) :

	MA 24 h ( $\mu\text{T}$ )	MG 24 h ( $\mu\text{T}$ )	Médiane 24 h ( $\mu\text{T}$ )
<b>Indicateurs</b>			
<b>MA (écart-type)</b>	0,14 (0,46)	0,04 (0,07)	0,04 (0,12)
<b>Quartile 25</b>	0,03	0,01	0,01
<b>Médiane</b>	0,05	0,02	0,02
<b>Quartile 75</b>	0,11	0,04	0,05
<b>Maximum</b>	7,46	1,16	2,63

- Comparaison avec les autres pays :

- 15 études publiées dans 9 pays depuis 1981
- Le plus souvent, mesures au domicile (ponctuelles ou enregistrement la nuit)
- 1 étude avec mesure d'exposition personnelle, à l'échelle de la Bavière (Brix, 2001)
  - Mesureur utilisé : Field Watcher FW2A de Physical Systems Labs – aujourd'hui introuvable
  - 1952 sujets pendant 24 h
  - Résultats sur composante 50 Hz (et 16 Hz 2/3)
  - Résultats exprimés en moyenne arithmétique d'indicateurs, par groupe de sujets
  - Seul résultat directement comparable, MA des MA 24 h à 50 Hz = 0,101  $\mu\text{T}$ 
    - Légèrement inférieur mais cohérent avec EXPERS (la mesure large bande est un peu plus élevée que la mesure 50 Hz seule)

# LES ADULTES LES PLUS EXPOSÉS SUR 24 H

Analyse qualitative

Sur 24 h		MA > 1 $\mu$ T	MG > 1 $\mu$ T	Médiane > 1 $\mu$ T
Nombre d'adultes (sur 1047)		20 (1,9%)	1 (0,1%)	3 (0,3%)
Source d'exposition / nombre d'adultes  Plusieurs sources possibles	Radio-réveil	15		2
	Train alimenté en 50 Hz	1		
	Ligne 90 kV près du domicile	1		
	Source de type petit transformateur	3		1
	Erreur dans l'emploi du temps	1	1	1

# LES ADULTES LES PLUS EXPOSÉS SUR 24 H

## ▪ Régression logistique :

- Expliquer les 20 adultes avec  $MA > 1 \mu\text{T}$  (traitée en variable dichotomique)
- Variables explicatives : paramètres liés en analyse bivariée à cette exposition, au seuil de 20%
- Résultats sur les 1047 adultes : seulement 2 variables significatives

Odds ratios			
	Estimation ponctuelle	Bornes de l'intervalle de confiance bilatéral de Wald au seuil 95%	
Présence d'un radio-réveil (OUI / NON)	7,19	2,42	21,4
Ligne aérienne de plus de 50 kV à proximité du domicile (OUI / NON)	12,98	2,39	70,6

- Largeur de l'intervalle de confiance liée au très faible nombre de cas à expliquer
- ⇒ Comme cela avait été le cas pour les enfants, les sujets avec radio-réveil sont retirés de la suite des analyses (→ 775 adultes, 7 avec  $MA > 1 \mu\text{T}$ )

# VARIABLES LIÉES AVEC L'EXPOSITION (MA\*\*) SUR 24 H (775 ADULTES)

	Liens significatifs avec (valeurs des p-values)
Durée domicile sans sommeil *	0,0067
Durée transports ferrés *	0,0194
Habiter en Ile de France	< 0,0001
Tranche d'unité urbaine	< 0,0001
Type d'habitation	< 0,0001
Année de construction	0,0004
Type de chauffage (individuel / collectif)	< 0,0001
Type de chauffage de l'eau (individuel / collectif)	0,0062
Appareil électrique à moins de 50 cm	0,0066

\* : variables quantitatives

\*\* : quelques différences sur les résultats si on regarde MA, MG ou médiane

# VARIABLES LIÉES AVEC L'EXPOSITION (MA \*\*) SUR 24 H (775 ADULTES)

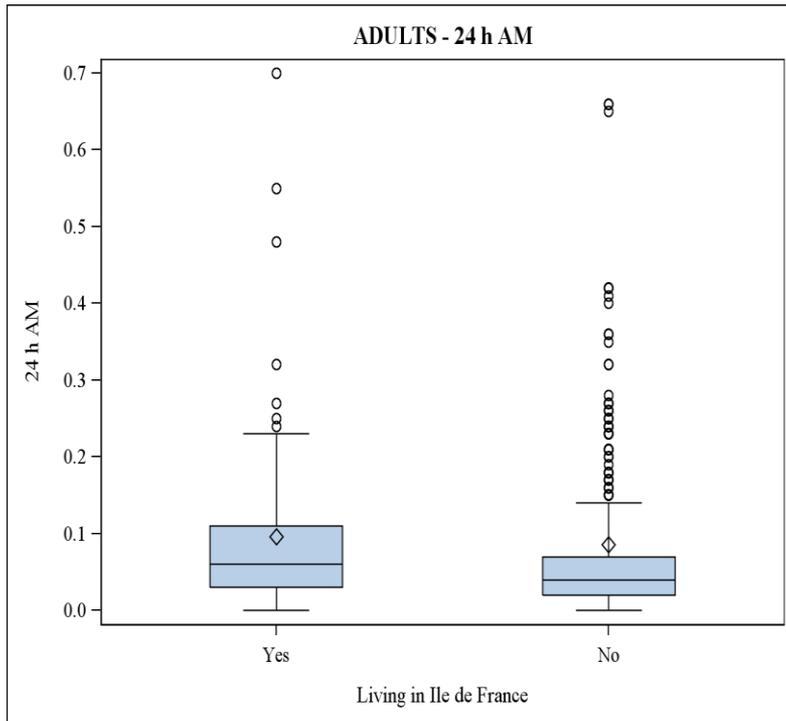
	Liens significatifs avec (valeurs des p-values)
Câble enterré BT à 40 m du domicile	< 0,0001
Ligne aérienne BT à 40 m du domicile	0,0096
Câble HTA enterré à 40 m du domicile	0,0005
Ligne aérienne HTA à 40 m du domicile	0,0339
Poste HTA/BT à 40 m du domicile	0,0474
Poste HTA/BT en immeuble à 40 m du domicile	0,0183
Poste HTA/BT en immeuble-adjacent adresse	0,2176
Poste HTA/BT en immeuble-adjacent logement	0,6634
Ligne aérienne 225 kV à 120 m ou 400 kV à 200 m ou 63-90 kV à 70 m ou 150 kV à 100 m du domicile	< 0,0001
Ligne électrique identifiée sur mesures	< 0,0001
Câble enterré BT à 40 m du travail	0,0027
Câble HTA enterré à 40 m du travail	0,0008

BT = 400 V  
HTA = 20 kV

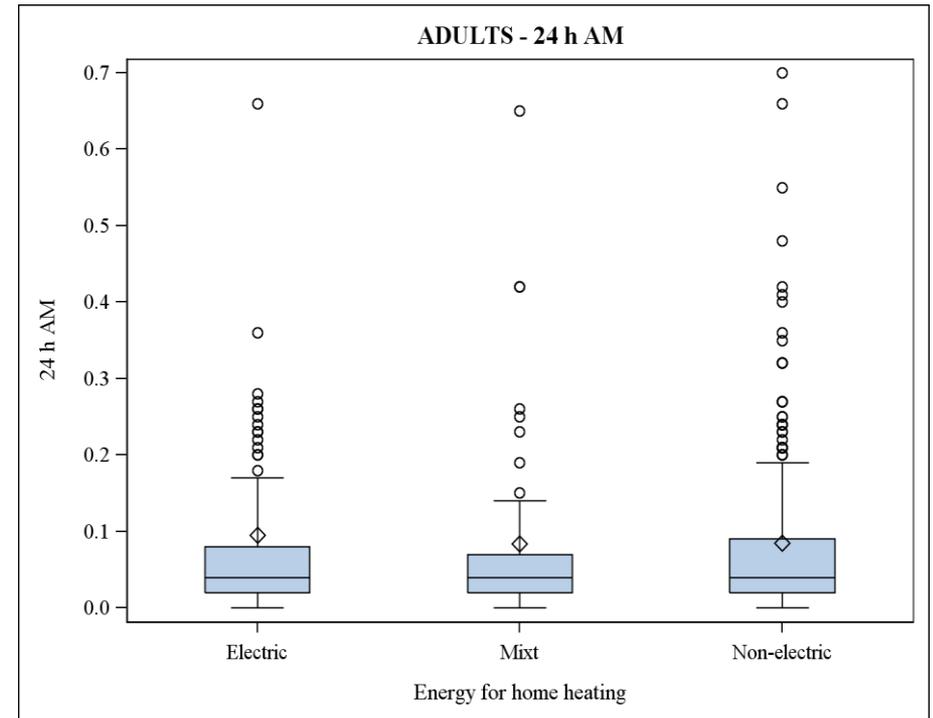
\*\* : quelques différences sur les résultats si on regarde MA, MG ou médiane

Adjacent adresse = n° + 2 dans la même rue ou bien touche l'arrière de l'immeuble  
Adjacent logement = même adresse, logement en RDC ou en 1<sup>er</sup> étage

# EXEMPLES D'INTERPRÉTATION DU TEST DE LIAISON (775 ADULTES)



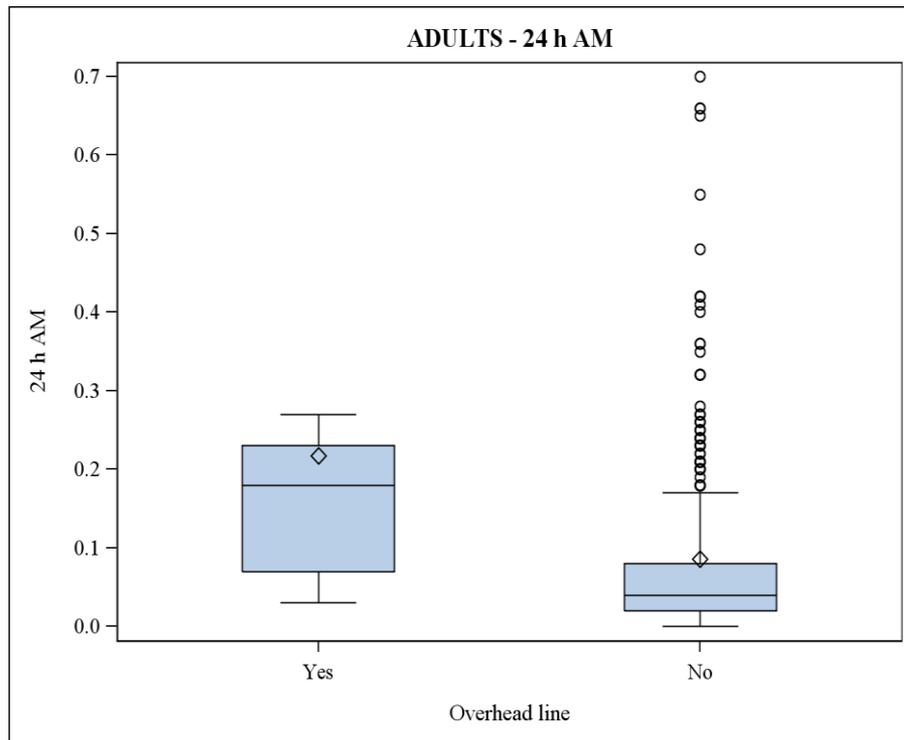
Les sujets sont plus exposés en Île de France



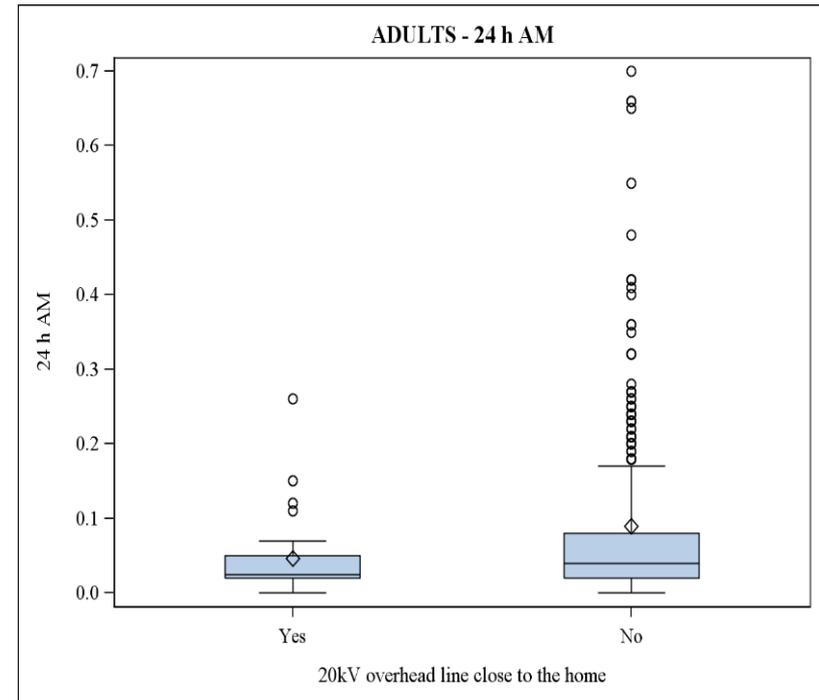
Avoir un chauffage électrique, non électrique ou mixte (ex. avec un radiateur électrique dans une pièce) influence l'exposition, mais le sens du lien n'est pas clair

# EXEMPLES D'INTERPRÉTATION DU TEST DE LIAISON (775 ADULTES)

Ligne aérienne 225 kV à 120 m ou 400 kV à 200 m  
ou 63-90 kV à 70 m ou 150 kV à 100 m du  
domicile



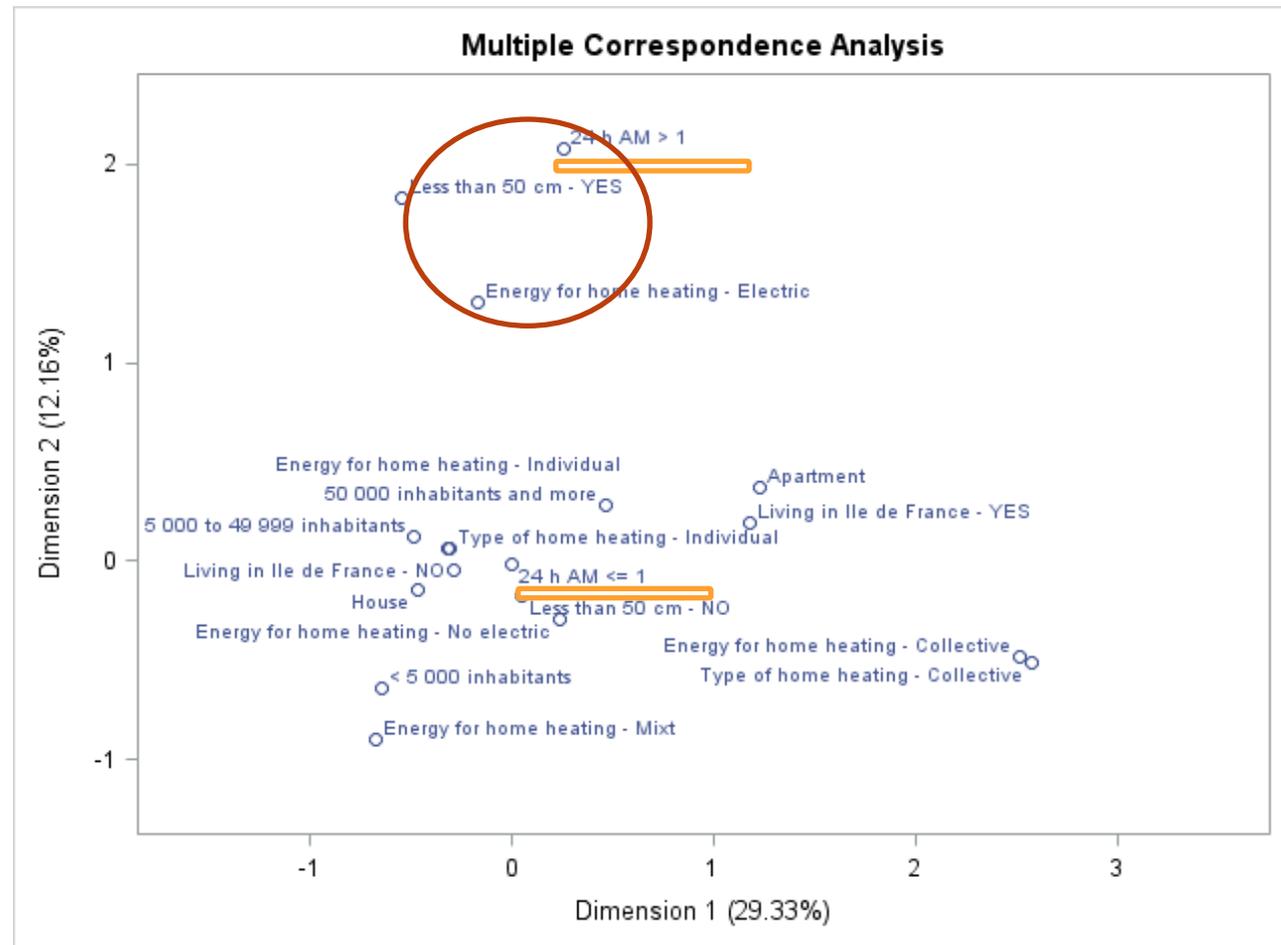
Les sujets près de ces lignes sont  
clairement plus exposés que les autres



Les sujets près des lignes aériennes 20 kV  
sont moins exposés que les autres !  
Oui, ces lignes se trouvent à la campagne  
et pas au centre des grandes  
agglomérations

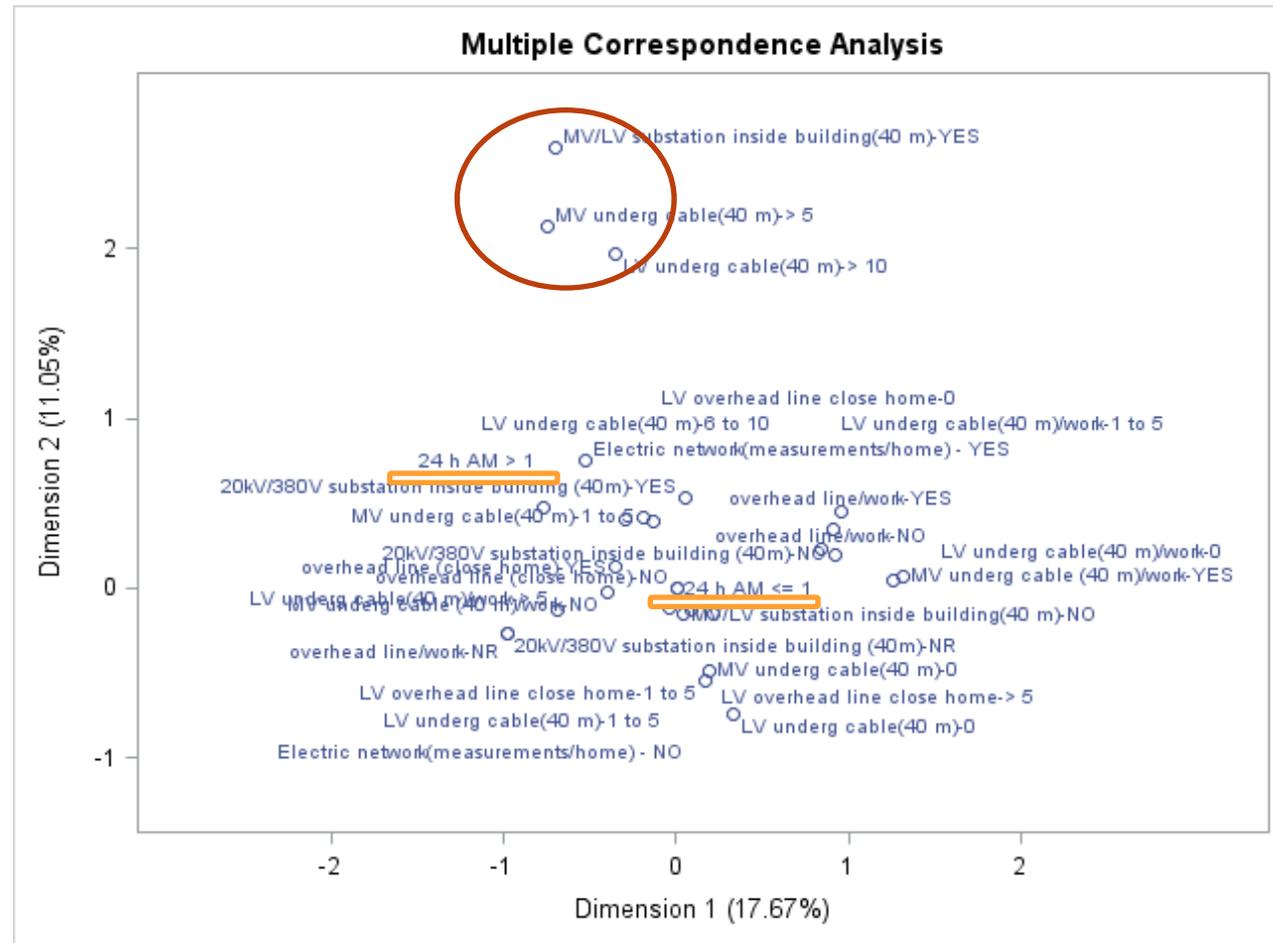
# ACM (775 ADULTES) AVEC CARACTÉRISTIQUES LOGEMENT ET SANS RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

- Les expositions supérieures à 1  $\mu\text{T}$  sont fortement liées à la présence d'un appareil électrique à moins de 50 cm de l'EMDEX et aux logements disposant d'un chauffage électrique
- Ce plan factoriel explique 41% de la variance globale



# ACM (775 ADULTES) AVEC RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

- Ce plan factoriel explique 29% de la variance globale
- Les logements près des postes HTA/BT en immeuble sont également près de nombreux câbles HTA et BT, mais pas de lien avec les expositions supérieures à 1  $\mu\text{T}$



# CONCLUSION

- L'étude **EXPERTS** est la première étude d'exposition personnelle au champ magnétique ELF à l'échelle d'un pays sur un échantillon de l'ordre de 1000 adultes
- L'exposition sur 24 h en moyenne arithmétique est de 0,14  $\mu$ T
- L'exposition mesurée sur 24 h surestime l'exposition réelle (mesures non représentatives de l'exposition des personnes à proximité d'appareils électriques)
- **Sur la bande de fréquence 40-800 Hz :**
  - 50 % des adultes ont une exposition  $\geq 0,04 \mu$ T en MA 24 h
  - 1,9 % des adultes ont une exposition  $> 1 \mu$ T en MA 24 h
- **Des variables liées à l'exposition ont été identifiées, en lien avec l'activité, le logement ou la proximité de réseaux électriques**
  - elles dépendent de l'indicateur d'exposition considéré
  - peu de relations claires avec un sens de variation de l'exposition apparaissent
- **La construction d'un modèle prédictif de l'exposition des adultes semble complexe**
- **La publication des résultats est en cours de préparation**

?