

## **SYMPOSIUM INMA - IMTVL**

# **NOUVELLES TECHNOLOGIES – NOUVEAUX RISQUES**



**Vendredi 29 septembre 2017**

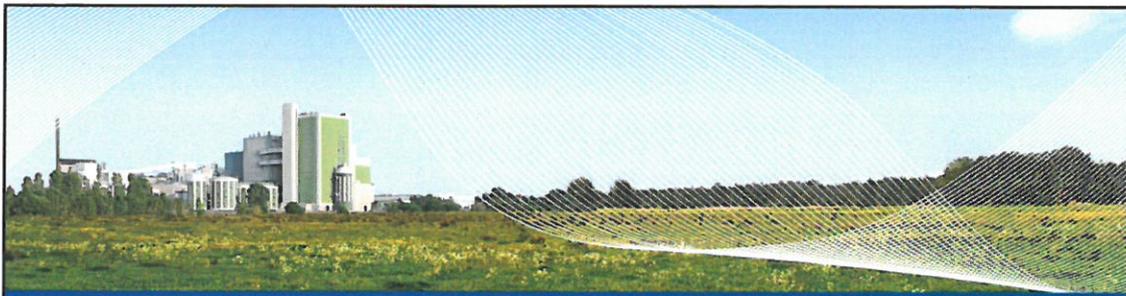
**Centre de Congrès du Vinci – 25 Bvd Heurteloup 37000 Tours**

## **PROGRAMME DE L'APRES-MIDI**

- 14H00**      **LES UNITES DE MÉTHANISATION : DEFINITION, REGLEMENTATION, RISQUES PROFESSIONNELS ET ENVIRONNEMENTAUX. MESURES DE PREVENTION.**  
*Sébastien EVANNO - Responsable Etudes et Recherche Sécurité Procédés Industriels – INERIS Paris*
- Echanges avec la salle
- 15H00**      **SIMULATION EN 3D DE SOLUTIONS ERGONOMIQUES**  
*Alain FLECHARD – Président AF'Ergo Laval*
- Echanges avec la salle
- 15H30**      **LES CHAMPS ELECTROMAGNÉTIQUES  
EVALUER LES RISQUES SANS MESURE**  
*Josselin FORTUNÉ – Contrôleur de Sécurité – CIRCOP CARSAT Centre*
- 15H50**      **RISQUES POUR LA VISION DE L'UTILISATION DES DIODES  
ELECTROLUMINESCENTES**  
*Alicia TORRIGLIA – Directeur de Recherche – INSERM U1138, CRC Jussieu Paris*
- 16H10**      **COMMENT DES EXIGENCES ENVIRONNEMENTALES PEUVENT IMPACTER LE  
TRAVAIL DE L'UTILISATEUR – EXEMPLE AVEC LES PULVERISATEURS A PANNEAUX  
RECUPERATEURS UTILISES EN VITICULTURE**  
*Bruno FARTHOUAT – Conseiller en prévention – MSA des Charentes*
- 16H25**      Echanges avec la salle
- 16H40**      **Conclusion**

**« Les unités de méthanisation : définition,  
réglementation, risques professionnels et  
environnementaux. Mesures de  
prévention »**

***Sébastien EVANNO,  
Responsable Etudes et Recherche Sécurité  
Procédés Industriels  
INERIS Paris***



## Nouvelles Technologies, Nouveaux Risques dans le monde agricole et industriel.

Unités de méthanisation  
SYMPOSIUM 2017 INMA / IMTVL  
Tours, 29/09/2017

sebastien.evanno@ineris.fr

Responsable Etude et Recherche Sécurité des Substances et Procédés  
Expert Senior Incendie Explosion Direction des Risques Accidentels



### Plan de l'intervention

- Présentation de l'INERIS,
- Introduction,
- Définition d'unités de méthanisation,
- Risques professionnels et environnementaux,
- Réglementation applicable,
- Mesures de prévention et de protection.



# Présentation de l'INERIS

## Notre métier : le risque industriel et l'environnement

Connaître les dangers : **évaluer, réduire, maîtriser les risques**

A toutes les échelles :

**Substances** : REACH, nanoparticules,  
perturbateurs endocriniens

**Produits** : ATEX, articles pyrotechniques,  
batteries => essais et certification



## Notre métier : le risque industriel et l'environnement



**Procédés et phénomènes dangereux** : MTD, sécurité des procédés, incendies, explosion, dispersion, barrières de protection

**Installations et sites industriels** : étude de dangers, étude d'impact sanitaire, déchets, sécurité minière, canalisation, FOH

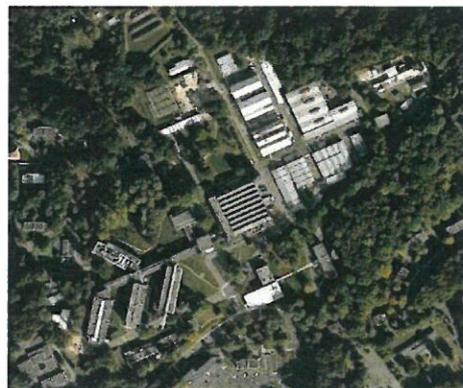


**Territoires** : PPRT, modélisation de la qualité de l'air, eau, cavités, TMD

## L'INERIS : une expertise basée sur l'approche expérimentale, la modélisation et la connaissance du monde industriel

**Etablissement Public (EPIC) sous tutelle du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire**

- **Expérience de longue date** du monde industriel
- **Equipes pluridisciplinaires**
- **550 personnes**, dont **350 ingénieurs** et chercheurs & **50 doctorants**
- Budget d'environ **80 M€**
- **Installations** expérimentales à **grande échelle**
- Site de **40 ha** à Verneuil-en-Halatte (Oise)  
2 autres sites : Nancy/après-Mine et Aix-en-Provence/déchets  
**30 000 m<sup>2</sup>** de laboratoires et halles d'essais
- Plus de **1 000 clients** chaque année en France et à l'international



**Une synergie entre expertises au service des entreprises, activités de recherche et missions de service public**

## Accompagner tous les acteurs dans l'évaluation et la maîtrise des risques

### Risques Chroniques



### Risques Sols et Sous-sol



### Risques Accidentels



### Certification Produits et Personnes



## Nos engagements qualité

**Accroître** la satisfaction de nos clients,  
**Améliorer** l'efficacité de notre système de management de la qualité

**Certification ISO 9001** pour nos activités

Etude et Recherche    Certification Conseil    Essais et élaboration de produits  
Expertise    Formation dans les domaines des risques et de l'environnement industriel



### Accréditations COFRAC

ISO/CEI 17025 - Essais et étalonnages



ISO/CEI 17043 - Organisations de comparaisons interlaboratoires



ISO/CEI 17065 - Certification de produits et services

### Reconnaissance de conformité aux Bonnes Pratiques de Laboratoires BPL

(selon article annexe II à l'Article D523-8 du Code de l'Environnement du 16 octobre 2007)  
 Domaine 2 : études de toxicité  
 Domaine 4 : études écotoxicologiques sur les organismes aquatiques et terrestres  
 Domaine 5 : études portant sur le comportement dans l'eau, le sol et l'air ; bioaccumulation  
 Domaine 8 : méthodes de chimie analytiques et cliniques



GRUPE INTERMINISTRIEL DES PRODUITS CHIMIQUES



# Introduction

## Introduction

3 challenges successifs pour optimiser la sécurité de l'unité sur le terrain :

- **Challenge « Développement du projet de méthanisation » :**
  - Aspects techniques : besoins fonctionnels, performances exigées et sécurité,
  - Aspects administratifs et réglementaires (permis de construire, permis d'autorisation),
  - Aspects financiers et juridiques.
- **Challenge « Construction du projet de méthanisation » :**
  - Aspects techniques (conception et dispositions constructives des unités fonctionnelles adaptés aux divers intrants) et réglementaires (ATEX, ICPE...),
  - Aspect Essais et Contrôle en cours de travaux et à la réception (Constructeur / Exploitant)
  - Aspects délais.
- **Challenge « Mise en exploitation et Pilotage de l'unité de méthanisation » :**
  - Maîtriser les aléas techniques et organisationnels pour optimiser la sécurité, les impacts, la production / valorisation du biogaz et du digestat.
  - Prévenir les risques et acquérir des réflexes de sécurité durables.

## Définition d'unités de méthanisation.

### Définition

La méthanisation (encore appelée digestion anaérobie) est une technologie basée sur la dégradation par des micro-organismes de la matière organique, en conditions contrôlées et en l'absence d'oxygène (réaction en milieu anaérobie, contrairement au compostage qui est une réaction aérobie).

Cette dégradation aboutit à la production :

- d'un digestat (produit humide riche en matière organique partiellement stabilisée).
- de biogaz, mélange gazeux composé d'environ 50% à 70% de méthane ( $\text{CH}_4$ ), de 20% à 50% de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ), saturé en eau et quelques autres gaz ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ).

4 secteurs alimentent la méthanisation en matières organiques :

- agricole,
- industriel,
- déchets ménagers,
- boues urbaines.

## Quels déchets ?

Toute la matière organique est susceptible d'être ainsi décomposée (excepté des composés très stables comme la lignine) et de produire du biogaz, avec un **potentiel méthanogène toutefois très variable**. Les déchets méthanisés peuvent être d'origine :

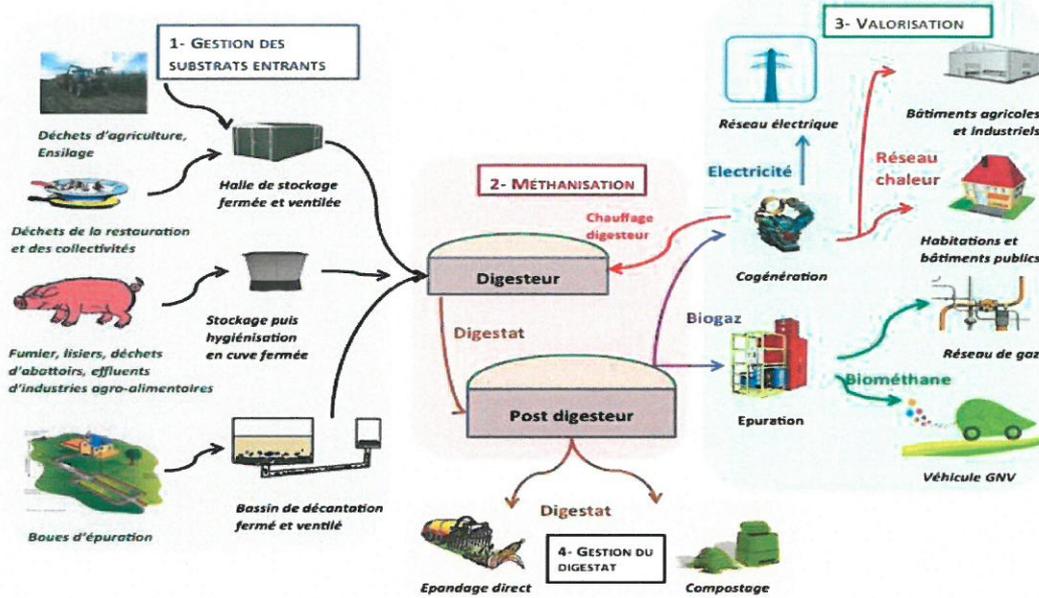
- **agro-industrielle** : abattoirs, caves vinicoles, laiteries, fromageries, ou autres industries agro-alimentaires, industries chimiques et pharmaceutiques, etc ...
- **agricole** : déjections animales, résidus de récolte (pailles, spathes de maïs ...), eaux de salle de traite, etc...
- **municipale** : tontes de gazon, fraction fermentescible des ordures ménagères, boues et graisses de station d'épuration, matières de vidange, etc ...
- **stations d'épuration des eaux usées collectées**.

## Un exemple de biogaz : le biogaz agricole

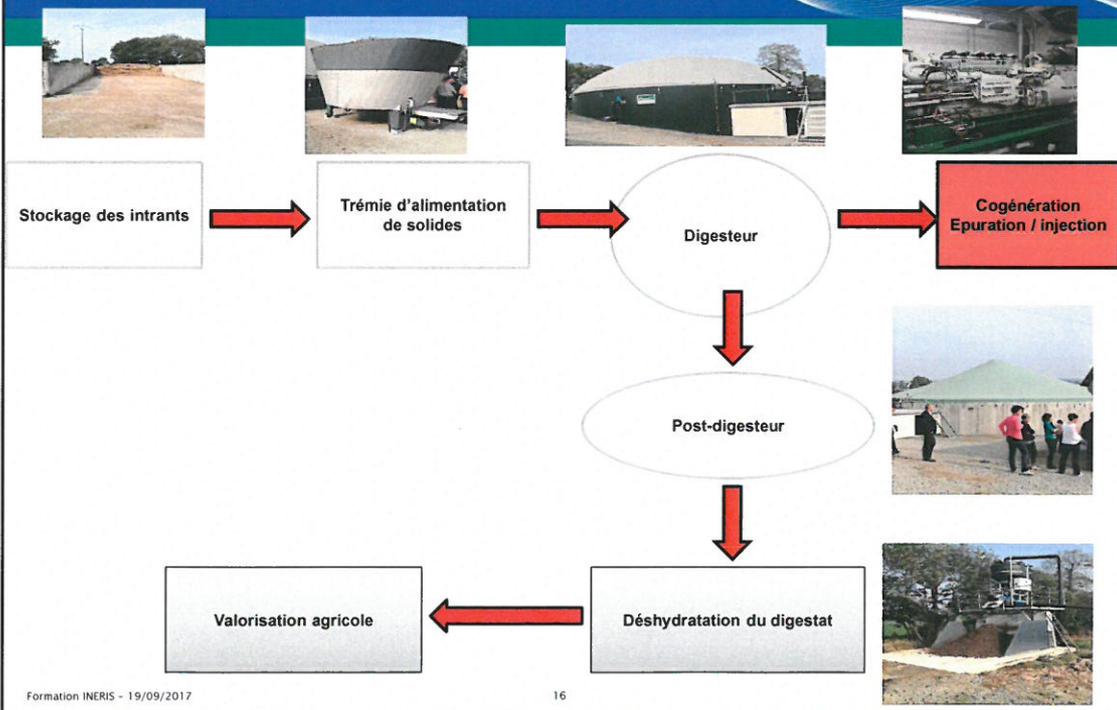
➤ En l'absence d'oxygène, le biogaz est produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales. Sa composition varie en fonction de la nature des substrats entrants et des conditions opératoires. Les teneurs des principaux composants du biogaz agricole sont les suivantes :

- ✓  $\text{CH}_4$  : 50 % à 80 %,
- ✓  $\text{CO}_2$  : 25 % à 45 %,
- ✓  $\text{H}_2\text{S}$  : < 8 000 ppm (biogaz brut), < 100 ppm (biogaz épuré),
- ✓  $\text{NH}_3$  : < 100 ppm,  $\text{N}_2$  : < 2 %,
- ✓  $\text{CO}$  : < 1 000 ppm,
- ✓  $\text{O}_2$  : 5 à 12 % d'air et donc < 2 %  $\text{O}_2$ ,
- ✓ COV : < 1 % v/v,
- ✓ Eau : saturation (comprise entre 2 et 7 %).

## Schéma de principe d'unité de méthanisation



## Unité de méthanisation agricole



## Stockage des intrants (solides, liquides, graisses...)

Silos plats de stockage intrants solides



Cuve de stockage intrants liquides



Cuve béton pour le stockage liquide / semi-liquide et solide



## Préparation et prémélange des intrants

Mélange des substrats solides et liquides



Cuve d'hygiénisation en second plan et fosse de réception des matières à hygiéniser



Prémélange des substrats / préparation de la recette :



### Digestion et post digestion



Vue d'ensemble : digesteur (G), cuve intrants solides (milieu), cuve intrants liquides (D)



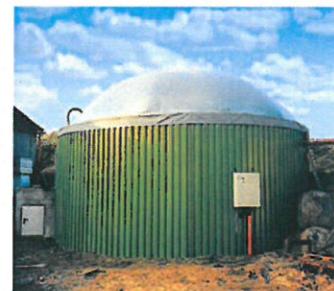
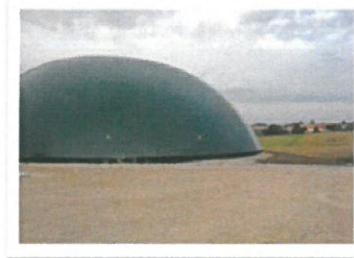
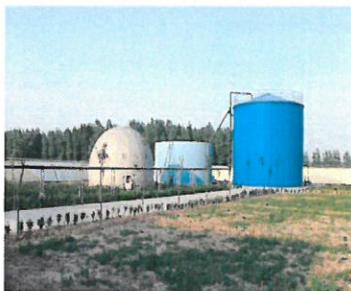
Digesteur (à droite la cuve recevant les déchets solides)

### Digesteur à gauche, post-digesteur à droite



Vue d'ensemble : digesteur, post digesteur, stockage digestat brut

### Stockage du biogaz gazomètre à double membrane)



## Condensation et traitement du biogaz brut

Puits de condensat du biogaz brut



Traitement du biogaz brut avant valorisation



Formation INERIS - 19/09/2017

21

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Réseau biogaz brut et dispositifs de sécurité

Réseau de canalisation de biogaz brut (attention il faudra supprimer sur le dessin la torchère)



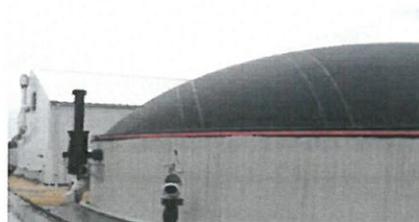
Soupape de sécurité avec canalisation de rejet



Torchère fixe du biogaz



Digesteur avec sa soupape de sécurité



Formation INERIS - 19/09/2017

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable

## Valorisation énergétique (électricité, chaleur, injection biométhane dans le réseau GrdF)

### Épuration biogaz



de gauche à droite : poste d'injection, local d'épuration, local chaudières ; au premier plan à droite, torchère de sécurité

### Cogénération biogaz

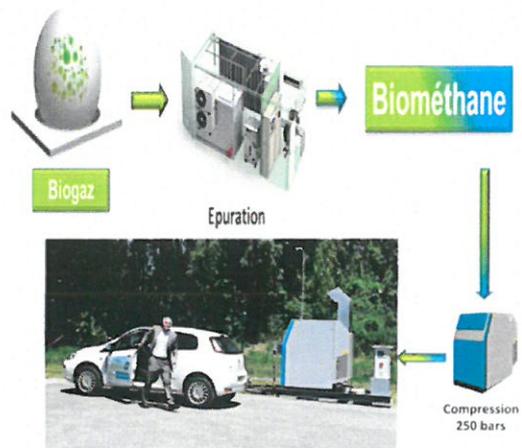
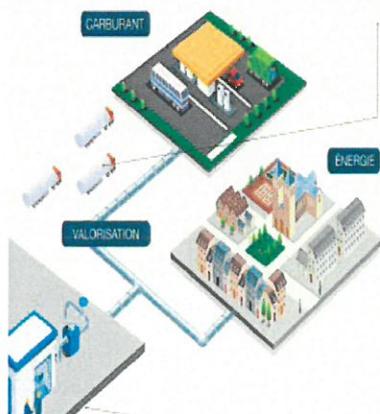


Local de cogénération avec circuit d'évacuation des fumées



## Valorisation énergétique (électricité, chaleur, injection biométhane dans le réseau GrdF)

## Valorisation énergétique (utilisation carburant GNV)



## Valorisation du digestat solide

Séparateur de phase



Stockage phase solide



Séparateur de phase

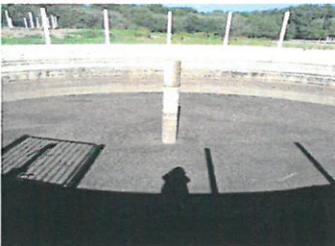


Sécheur à bandes du digestat solide

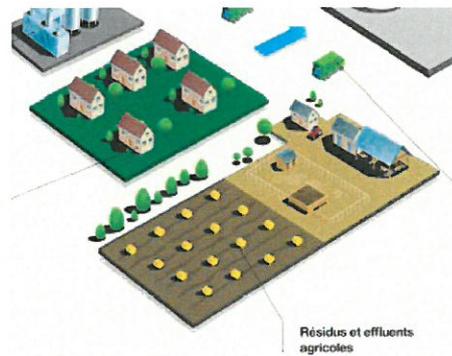


## Valorisation du digestat liquide

Stockage phase liquide (en fosse)



## Epandage / compostage >> usage agricole.



## Risques professionnels et environnementaux

### Risque Chimique : Le Biogaz

En l'absence d'oxygène, le biogaz est produit par la fermentation de matières organiques animales ou végétales. Sa composition varie en fonction de la nature des substrats entrants et des conditions opératoires. Les teneurs des principaux composants du biogaz agricole sont les suivantes :

- CH<sub>4</sub> : 50 % à 80 %, CO<sub>2</sub> : 25 % à 45 %,
- H<sub>2</sub>S : < 20 000 ppm (biogaz brut), < 100 ppm (biogaz épuré),
- NH<sub>3</sub> : < 100 ppm, N<sub>2</sub> : < 2 % vol/vol,
- CO : < 1 00 ppm,
- O<sub>2</sub> : < 2 % O<sub>2</sub>,
- COV : < 1 % vol/vol,
- Eau : saturation (compris entre 2 et 7 %).
- NH<sub>3</sub> : < 100 ppm

Le CH<sub>4</sub> est un gaz à effet de serre dont le potentiel de réchauffement global sur un siècle est 23 fois plus important que celui du CO<sub>2</sub>.

## Phénomènes accidentels associés au biogaz

- **Explosion** d'une ATEX ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$  de l'air, Source d'inflammation, domaine d'explosivité, confinement),
  - Domaine d'explosivité du  $\text{CH}_4$  dans l'air : 5 % - 15 %,
  - Domaine d'explosivité du biogaz (50 %  $\text{CH}_4$  / 50 %  $\text{CO}_2$ ) dans l'air saturé de vapeur d'eau : 10 % - 24 % (soit entre 5 % et 12 %  $\text{CH}_4$ ),
  - TAI : 535°C.
- Directives ATEX 1999/92/CE et 2014/34/UE (exigences en matière de sécurité face au risque d'explosion).
- **Incendie** lié à la présence de gaz et de matériaux combustibles.
- **Surpression ou dépression** interne dans des stockages de gaz (dysfonctionnement de soupape).
- **Intoxication** lié à l' $\text{H}_2\text{S}$  qui présente un risque de toxicité aiguë dans les milieux confinés et semi confinés (gaz plus dense que l'air). Ne pas oublier les émissions  $\text{NH}_3$  (post digesteur, compostage, jus de digestat).

## Phénomènes accidentels associés au biogaz

- **Anoxie** : elle correspond à une diminution du taux d'oxygène de l'air. Celle-ci peut être provoquée par un dégagement important de gaz inertes dans l'atmosphère se substituant à l'oxygène de l'air. La teneur minimale réglementaire à respecter en oxygène dans un lieu de travail est de 19 %. Dans le cas du biogaz, les principaux gaz, en quantité suffisante, ayant un pouvoir anoxiant sont le méthane ( $\text{CH}_4$ ) et le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ).
- **Pollution des sols** : le déversement accidentel de substrat ou de digestat peut avoir, entre autres, pour conséquence une pollution accidentelle à l'azote et/ou microbienne, pouvant générer des dégradations durables pour le milieu.
- **Nuisances olfactives** :  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ , COV contenus dans le biogaz.

## Principaux risques chroniques liées aux émissions

- Exposition des opérateurs
  - interventions dans des espaces confinés
  - fuites des équipements
  - manipulations de produits chimiques
  - opérations particulières
- Nuisances au voisinage (olfactive, bruit, etc.)
- Pollution atmosphérique

Attention au risque sanitaire associés au risque biologique inhérents aux déchets contenant des sous produits animaux

## Méthane (CH<sub>4</sub>)

- Indicateur du bon déroulement de la méthanisation (teneur habituelle comprise entre 50 et 75%)
- Un bon Indice de méthane favorise le déroulement de la combustion et augmente la durée de vie du moteur (favorable : teneur en méthane, CO<sub>2</sub>, défavorable : H<sub>2</sub>, Hydrocarbures)
- Risque d'asphyxie par manque d'oxygène
- Risque d'inflammation et d'explosion (en cas de fuite)
- Gaz à effet de serre

## Hydrogène sulfuré ou sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S)

- Exposition professionnelle (locaux confinés)
- Nuisances olfactives
- Pollution atmosphérique (formation de SO<sub>2</sub>)
- Corrosion / durée de vie des moteurs
- Inflammable (fuite des équipements)

## Nuisances olfactives (H<sub>2</sub>S)

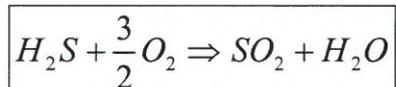
- Odeur caractéristique d'œuf pourri (seuil de perception olfactive : < 1 ppm)
- Fonctionnement normal
  - aérations et fuites des équipements
  - alimentation de la fosse et divers stockages (digestat)
- Opérations annexes
  - maintenance des équipements (mise à l'air)
  - nettoyage
- Incidents ou accidents (écoulements, ouverture de soupape, etc.)

## Toxicité / Exposition des opérateurs (H<sub>2</sub>S)

- Valeurs limites d'exposition professionnelle
  - 10 ppm sur 15 mn, 5 ppm sur 8 heures
- Seuil de toxicité
  - 100 ppm : odorat perturbé
  - 500 ppm : perte de l'équilibre et effet léthal au-delà de 20 mn
  - haute toxicité sur la faune
- Locaux confinés, fuites des équipements, prises d'échantillons, etc.
- Opérations annexes (maintenance, nettoyage, etc.)
- Incidents ou accidents (intervention dans des espaces confinés)

## Formation de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

- Oxydation de l'hydrogène sulfuré lors de la combustion



- Gaz responsable des pluies acides et de l'acidification des milieux
- 260 ppm d'H<sub>2</sub>S dans le biogaz se transforme lors de la combustion en moteur (teneur de référence à 5% d'O<sub>2</sub>) approximativement en 100 mg/m<sup>3</sup> de SO<sub>2</sub> (VLE des AMs du 08/12/2011)

## Corrosion / durée de vie du moteur (H<sub>2</sub>S)

- Seuil de garantie des moteurs : 200 à 500 ppm (selon les constructeurs)
- Acidification des huiles moteurs nécessitant des vidanges fréquentes (surcoût d'exploitation)
- Formation d'acide sulfurique en présence d'eau (biogaz saturé en eau)
  - éviter la présence d'eau stagnante dans les conduites
  - condensation de la vapeur d'eau : la teneur en eau augmente avec la température

**NB** : l'élimination de la vapeur d'eau permet en outre d'augmenter le rendement du moteur

## Ammoniac (NH<sub>3</sub>)

- Valeur limite d'exposition professionnelle :
  - 7 mg/m<sup>3</sup> sur 8 heures, 14 mg/m<sup>3</sup> sur 15 minutes
- Seuil de toxicité
  - 100 ppm : irritations nez, gorge, voies respiratoires
  - 2400 ppm : irritations fortes, peut être fatal après 30 mn
- Teneurs habituelles dans le biogaz : faibles à plus de 100 ppm (74 mg/m<sup>3</sup>)
- Accélérateur de la combustion pouvant entraîner des contraintes thermiques (surchauffe)
- Nuisances olfactives (seuil olfactif : environ 30 mg/m<sup>3</sup>)
- Formation d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) lors de la combustion

## Réglementation applicable

## Accidentologie méthanisation (Base ARIA du BARPI)

Au 05/07/12, **32 cas ont été répertoriés en France**. Le BARPI présente aussi **20 cas étrangers, dont 14 en Allemagne et 6 cas en Australie, Autriche, Inde, Italie, Suisse et aux Etats Unis**.

**Activités concernées** : Collecte, traitement & élimination déchets (35 %), Culture & production animale (27 %), Collecte & traitement eaux usées (23 %), Industrie alimentaire (4 %), Industrie papier & carton (8 %), Industrie chimique (2 %), Production & distribution électricité (2 %).

**Typologie** : Rejet matières dangereuses / polluantes (64 %, rejet de digestat, fuite biogaz et H<sub>2</sub>S), incendie (33 %, zone de stockage, local de cogénération), explosion (31 %, digesteur, local compression, gazomètre) et chute / projection d'équipements (8 %),

**Circonstances (32 cas)** : Période d'activité réduite (13 cas), travaux (7 cas), construction (2 cas).

**Causes (41 cas)** : Facteur Humain et Organisationnel (30 cas), défaillance matérielle (20 cas), événement initiateur externe (6 cas, dont naturel 3 cas), malveillance (4 cas).

**Conséquences (49 cas)** : Morts (3 cas, opérateurs du site, 4 intoxiqués, 5 tués par explosion), blessés (6 cas), eaux superficielles (11 cas, avec atteinte faune sauvage 3 cas), pollution atmosphérique (8 cas), sols (5 cas) et nappes (1 cas), dommages matériels internes (30 cas dont aussi externes 2 cas).

- Des **dangers** certes, attestés par le **retour d'expérience**, mais des **conséquences pour les populations et l'environnement limitées**. Possibilité de **maîtriser les risques** par une démarche rigoureuse de **prévention** en respect de la réglementation ICPE (arrêtés méthanisation, DAE) et de la réglementation ATEX (DRPCE).
- Axer la démarche de maîtrise des risques sur une **sécurisation du procédé en amont**, dès la **conception** des installations, accompagnée de la mise en place de **barrières techniques et humaines de sécurité**,
- **Contrôler régulièrement la fiabilité de ces barrières de sécurité (techniques et organisationnelles) pour garantir leur bon fonctionnement sur le long terme (entretien et maintenance)**,
- Situation à risque lors des **phases d'intervention** dans des digesteurs, dans des locaux contenant des canalisations de biogaz (travaux par points chauds, maintenance ...), et les **phases transitoires** (démarrage d'installation, mise à l'arrêt),
- **Formation** des exploitants aux risques liés à la mise en œuvre du biogaz afin que les **mesures de sécurité soient convenablement comprises et appliquées**.

## Installations de méthanisation et réglementation en France

**Agrément sanitaire** : Dans le cas de la méthanisation de sous-produits animaux, un agrément sanitaire délivré par l'autorité compétente (DDPP) est nécessaire conformément au Règlement CE n° 1774/2002 du Parlement Européen et du Conseil du 3 Octobre 2002 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine, remplacé par le 1069/2009 à compter du 04 mars 2011.

### **ICPE** :

Rubrique ICPE n°2780 « Installation de compostage de déchets »

Rubrique ICPE n°2781 « Méthanisation des déchets non dangereux ou matière végétale ».

Rubrique ICPE n° 2782 « Autres traitements biologiques de déchets non dangereux »

Rubrique ICPE n°2910 « Installation de combustion ».

Rubrique ICPE n°4310 « Gaz inflammables catégorie 1 et 2 ».

...

**ATEX** : Directive ATEX 2014/34/UE appelée « Directive ATEX Matériel ».

Directive ATEX 1999/9/CE du 16 décembre 1999 « Directive ATEX sécurité des travailleurs ».

## Installations de méthanisation et réglementation en France

### Machines :

Directive 2006/42/CE « conception machine » du 17 mai 2006.

Directive 2006/104/CE « utilisation machine » du 16 septembre 2009 concerne les prescriptions minimales de santé et de sécurité pour l'utilisation par les travailleurs d'équipements de travail.

### Equipements de Protection Individuelle (EPI) :

Directive 89/686/CE du 21 décembre 1989 appelée « Directive EPI ».

### Instruments de mesure (détecteur multi gaz) :

Directive 2004/22/CE du 31 mars 2004.

## Mesures de prévention et de protection.

## Quelques règles importantes...

- Une évaluation spécifique des risques pour la santé et la sécurité doit être effectuée pour chaque installation.
- Les matériaux de construction doivent être choisis en fonction des conditions de fonctionnement (chimiques, UV, thermiques, pression, résistant au feu et étanches aux gaz).
- La détection et l'alarme d'incendie doivent être installées dans des zones dangereuses ainsi que des équipements appropriés pour faire face à une urgence incendie.
- Les zones ATEX doivent être définies et étiquetées. L'équipement, électrique et non électrique, doit être adapté à la zone ATEX.
- Les capteurs de gaz fixes doivent être installés dans des zones dangereuses et une attention particulière devrait être accordée lorsque le sulfure d'hydrogène pourrait être présent.

## Quelques règles importantes...

- La ventilation doit être adaptée à la zone dangereuse (naturelle ou mécanique).
- Évitez les pipelines de biogaz bruts dans des espaces confinés, sinon la ventilation devrait être suffisamment efficace pour éviter l'accumulation de H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> et CH<sub>4</sub> en cas de fuite.
- Tout équipement de stockage de biogaz (digesteur, post-digesteur, stockage supplémentaire de gaz, ...) doit être équipé de vannes de sécurité et relié à l'évasement.
- Les équipements soumis à une déclaration de conformité de l'UE (équipement ATEX, machines, ...) doivent être identifiés.
- Avant le démarrage de l'installation de biogaz, toute l'installation doit être vérifiée.
- Avant le démarrage de l'installation de biogaz, toutes les procédures d'intervention et de maintenance doivent être établies ainsi que le démarrage et l'arrêt de tout l'équipement et un plan d'urgence

## Quelques règles importantes...

- Les opérateurs doivent être formés ainsi que tout le personnel de l'entreprise externe intervenant sur l'usine de biogaz.
- L'inspection visuelle quotidienne de l'installation doit être organisée.
- La qualité des matières premières doit être contrôlée pour éviter les incidents ou les accidents tout au long du processus de biogaz.
- Il est nécessaire de contrôler tous les jours le système de désulfuration par injection d'air (débit d'air et efficacité).
- Le plan de maintenance des installations, y compris les contrôles et les inspections d'experts externes, doit être établi et effectué conformément aux recommandations du fabricant.
- Une attention particulière doit être accordée à la maintenance de l'équipement certifié ATEX (électrique et non électrique): il sera effectué par du personnel qualifié pour s'assurer que le matériau conserve ses caractéristiques ATEX.

## Quelques règles importantes...

- Les opérateurs doivent être équipés de détecteurs de gaz portables adaptés aux risques potentiels d'intervention.
- Les opérateurs doivent être équipés d'un équipement de protection individuel adapté à chaque opération.
- L'émission de composants odorants ( $H_2S$ ,  $NH_3$ , acides gras volatils, COV, ...) se produit principalement lors de l'approvisionnement et du stockage des matières premières.
- Pour éviter les émissions d'odeurs, la livraison et le stockage des intrants et du digestat peuvent être réalisés à l'intérieur d'un bâtiment confiné avec une légère sous-pression pour éviter toute odeur à l'extérieur. Dans le bâtiment, un système de ventilation spécifique doit être mis en place avec un traitement de l'air tel qu'un biofiltre ou un système de nettoyage d'air chimique afin d'éliminer les composants odorants.

Etudes disponibles sur le site [ineris.fr](http://ineris.fr) :

- Retour d'expérience relatif aux procédés de méthanisation et à leurs exploitations réalisée en 2012 pour le MEDDE (INERIS DRA-12-117442-01013A).
- Etude des risques liés à l'exploitation des méthaniseurs réalisée en 2010 pour le MEDAD (INERIS DRA-07-88414-10586B).
- Règles de sécurité des installations de méthanisation agricole réalisées pour le MAAP (2010).



Formation INERIS - 19/09/2017

50

**INERIS**  
Institut de Veille  
pour un Développement durable

# Notes

**« Simulation en 3D de solutions  
ergonomiques »**

***Alain FLECHARD,  
Président AF'Ergo  
Laval***



**Le Numérique au service  
de la l'ergonomie et de la performance  
ou  
comment réduire les risques  
de TMS et d'absentéisme  
dès la conception des postes de production**



21/09/2017



1



- SAS au capital de 15 000 €
- Créée en juillet 2015
- Dirigeant : Alain FLECHARD

## ■ Activités de la société AF'ergo Conseil

- Ergo-conception des postes de travail à l'aide de l'outil de **réalité virtuelle « ERGOWIDE3 »**
- Diagnostic ergonomique en usine à l'aide de l'application **« ErgoNeuron »**
- Ingénierie industrielle

## ■ Expérience avant création AF'ergo Conseil

- 34 ans chez PO - INERGY, équipementier automobile de rang 1.
- Domaines d'expertise : métiers industrialisation
  - Méthodes et organisation des postes de travail
  - Organisation et implantation d'usines...
- Ergonomie - développement de l'outil **ERGOWIDE3** en liaison avec CLARTE
  - CdC et fonctionnalités de l'outil
  - Tests, améliorations et déploiement de l'outil au sein de PO
  - Coordination mondiale des études → plus de 300 postes étudiés



ERGOWIDE 3



Ergo-conception des postes à l'aide de la Réalité Virtuelle CLARTE

■ **Ecran interactif avec le SAS Lab**

Open Save Undo Selection Manipulation Stretch Navigation Show/Hide Users Pinpoint Camera Measure Drawing Lock screen Edit floor Settings

Sélectionner un objet

Manipuler un objet

Etirer un objet

Cacher - montrer

Importer un objet de la bibliothèque

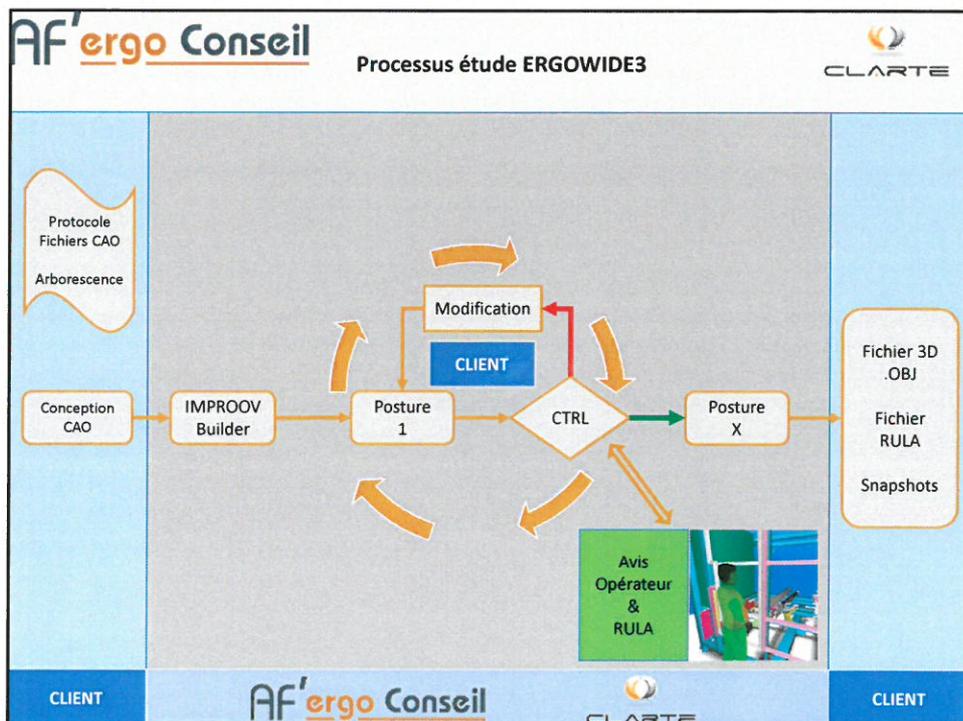
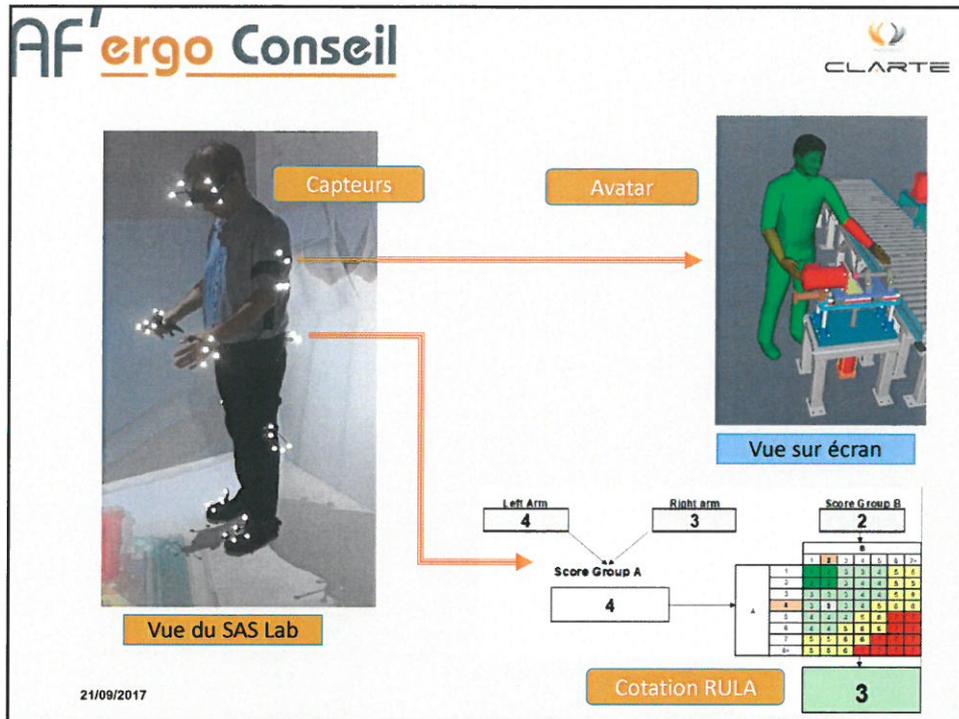
Dessiner en 3D

Prendre des cotes

Prendre des photos

Désigner un objet

21/09/2017 4



**ERGONOMIE**

Réduction TMS    Productivité    Qualité    Maintenance

Sécurité

Impliquer les utilisateurs

Collaborer Fédérer Décider

**Préventica** SANTÉ / SÉCURITÉ  
 PRIX DE L'INNOVATION  
 LAUREAT AF'ERGO CONSEIL

**AF'ergo Conseil**  
[www.afergoconseil.fr](http://www.afergoconseil.fr)  
 Tel : 06 72 12 84 79

**AF'ergo Conseil**

## ERGONEURON

■ Diagnostic ergonomique sur postes réels en atelier

Tablette

Combinaison de capture de mouvements

Cable ou WIFI

- Représentation virtuelle sous forme d'avatar
  - Coloration des zones du corps / contraintes
  - Sensibilisation aux postures
- Cartographie ergonomique atelier ou usine
  - Cotations ergonomiques / RULA

## ■ Quelques références

- Agroalimentaire     
- Automobile     
- Biens d'équipement  
- Grande distribution    
- Divers...    

## ■ Contact : AF'ergo Conseil

- Alain FLECHARD
- Tel : 06 72 12 84 79
- E-mail : [alain.flechard@afergoconseil.fr](mailto:alain.flechard@afergoconseil.fr)
- [www.afergoconseil.fr](http://www.afergoconseil.fr)

- Issu d'un transfert technologique

- [www.clarte.asso.fr/ERGOWIDE3](http://www.clarte.asso.fr/ERGOWIDE3)

# Notes

**« Les champs électromagnétiques, évaluer  
les risques sans mesures »**

***Josselin FORTUNÉ,  
Contrôleur de Sécurité  
CIRCOP CARSAT Centre***

**Carsat** Retraite & Santé au travail  
Centre-Val de Loire

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
*Les champs électromagnétiques*  
Tours - le 29 septembre 2017

Assurance Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

### Missions du C.I.R.CO.P

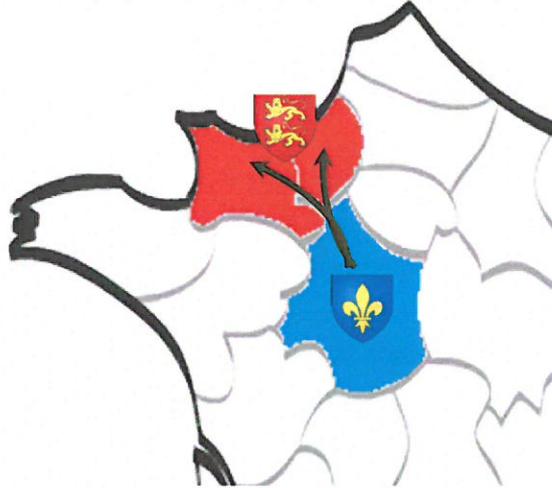
- Assistance technique pour la définition et le contrôle des moyens de prévention
- Évaluation des risques physiques et chimiques

<p style="text-align: center;"><i>Bruit</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Vibrations</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Champs électromagnétiques</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Eclairage</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Ambiances Thermiques</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Glissance des sols</i></p>	<p style="text-align: center;">Prélèvements de polluants (gaz – vapeurs – aérosols)</p> <p style="text-align: center;">Moyens de prévention : systèmes de captage et ventilation</p>
--	--

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
*Les champs électromagnétiques*  
Tours - le 29 septembre 2017

Assurance Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## Intervention dans 11 départements



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017



## GÉNÉRALITÉS sur les champs électromagnétiques



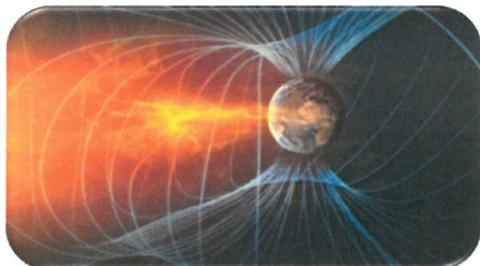
Origine

- Champs naturels
- Champs artificiels

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017



## Champs électromagnétiques NATURELS



Champ magnétique

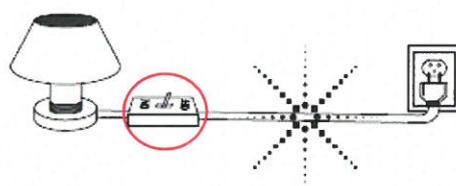


Champ électrique

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

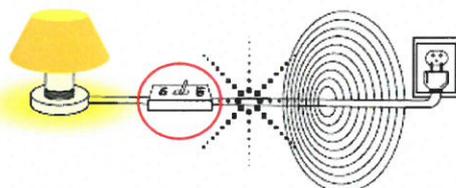
 L'Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## La théorie



**TENSION**

↓  
Champ  
électrique



**COURANT**

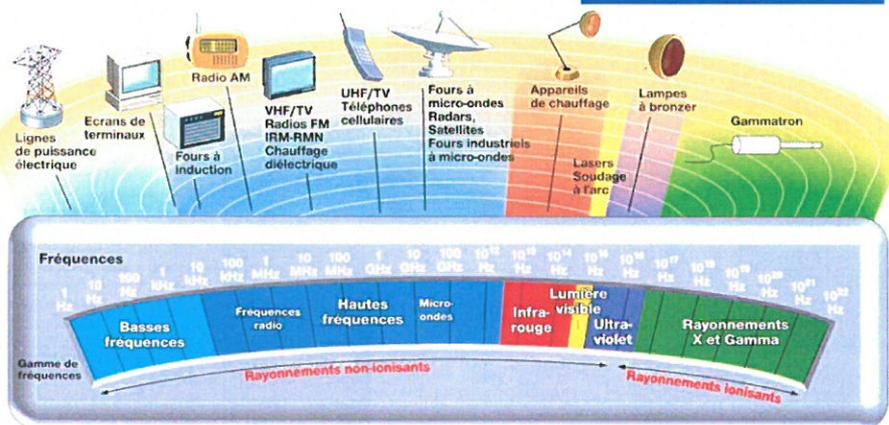
↓  
Champ  
magnétique

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 L'Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## Le spectre électromagnétique

Cf. ED INRS n° 4201



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

**L'Assurance Maladie**  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

## Champs électromagnétiques ARTIFICIELS

Cf. ED n° 4202 INRS

### Industrie



### Énergie



### Ferroviaire



### Militaire



### Domestique



### Médical



### Telecom /GSM



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

**L'Assurance Maladie**  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

## EFFETS des champs électromagnétiques

Cf. ED n° 4203 – 4215 – 6136 INRS

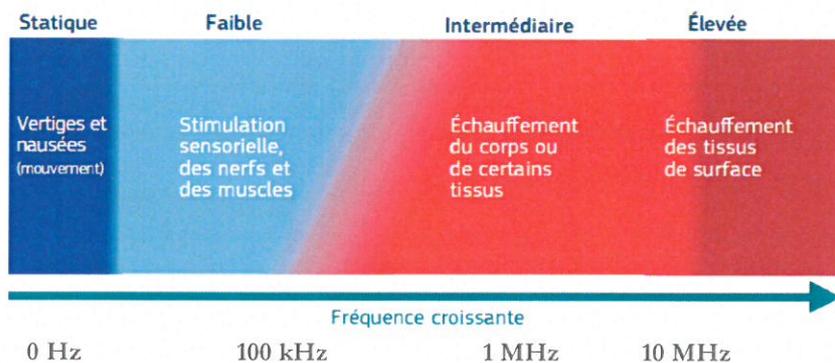
- EFFETS DIRECTS (thermiques et non thermiques)
- EFFETS INDIRECTS

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

L'Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## EFFETS DIRECTS des champs électromagnétiques

Effets des CEM dans différentes gammes de fréquences



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

L'Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

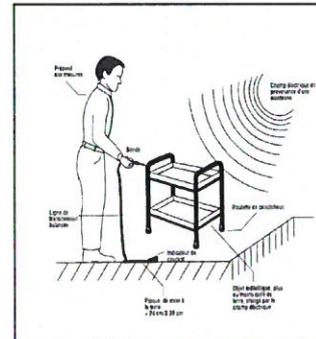
## EFFETS INDIRECTS des champs électromagnétiques

### Amorçage, incendies et explosions :

dispositifs électro-explosifs (détonateurs), inflammation de matériaux inflammables causée par des décharges et des étincelles.

### Chocs ou brûlures électriques dus à des courants de contact

lorsqu'une personne est en contact avec un objet conducteur dans un champ électrique et qu'un seul des deux est relié à la terre



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## EFFETS INDIRECTS des champs électromagnétiques

Effets sur des objets métalliques (bagues, bijoux, tatouages, etc..)

Risque de projection/attraction d'objets ferromagnétiques non fixés dans des champs magnétiques statiques  
( $> 100$  mT)



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## EFFETS des champs électromagnétiques

### Femmes enceintes

- Des études ont montré un risque sur le développement du système nerveux de l'enfant à naître (champs B.F.)
- Pas d'effet pour une exposition < Limites PUBLIC (décret 2002-775)

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 L'Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## EFFETS des champs électromagnétiques

### Interférence avec des implants actifs et/ou passifs



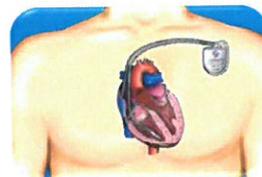
Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 L'Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## Compatibilités électromagnétiques avec les implants

### IMPLANTS ACTIFS

- stimulateurs cardiaques
- défibrillateurs
- prothèses auditives
- pompes à insuline ...



➔ **RISQUE DE PERTURBATIONS**

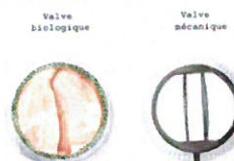
Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## Compatibilités électromagnétiques avec les implants

### IMPLANTS PASSIFS FERROMAGNÉTIQUES

- clips vasculaires,
- Broches,
- Valves cardiaques,
- Implants dentaires, orthopédiques,...



➔ **sensibilité éventuelle : échauffement, picotement**

➔ **aimantation possible de l'implant**

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## EXEMPLE

### COMPORTEMENT D'UN IMPLANT SUR UN SALARIÉ

#### ☐ Valve pour le drainage Céphalo-Rachidien



- Situé derrière l'oreille, à 1 cm sous la peau. **Aimant de réglage**
- Régule un débit (3 positions)



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## COMPORTEMENT D'UN IMPLANT

Evaluation des matériels susceptibles d'émettre des champs :

Aucun impact constaté avec :



- ⇒ les électrovannes (celles utilisées par le salarié implanté),
- ⇒ un sèche cheveux,
- ⇒ un téléphone portable,
- ⇒ un rasoir à piles



Un dysfonctionnement observé avec :

- ⇒ un rasoir électrique (à 1 cm du boîtier), l'implant oscille (films)



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## EFFETS À LONG TERME ?

Pas d'éléments scientifiques probants permettant d'établir un lien de causalité.

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017



## RÉGLEMENTATION des champs électromagnétiques

- ▶ **Décret PUBLIC n° 2002-775 du 3 mai 2002**  
Donne les valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques
- ▶ **Directive Européenne 2013/35/UE du 26/06/2013**
  - Prescriptions MINIMALES de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs
  - Limitation aux EFFETS A COURT TERME
- ▶ **Décret n° 2016-1074 du 3 août 2016**
  - Protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques
  - En vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2017
  - Sera complété par des arrêtés d'application



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017



## EFFETS des champs électromagnétiques

Travailleurs à risques particuliers :

- Travailleurs de moins de 18 ans
- Femmes enceintes
- Porteurs de dispositifs médicaux

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017



## RÉGLEMENTATION – Décret du 3 août 2016

Fixe des Valeurs limites d'exposition (VLE)

➔ Non vérifiable directement (par simulation ou par calcul)

FREQUENCES (f) (1)	VALEURS LIMITES D'EXPOSITION PROFESSIONNELLE					
	Effets biophysiques directs	« Effets sensoriels »		« Effets sur la santé »		
		Exposition localisée de la tête	Exposition localisée des membres	Exposition ensemble du corps	Exposition localisée de la tête et du tronc	Exposition localisée des membres
0 Hz ≤ f < 1 Hz (2)		2 T	8 T	8 T	-	-
1 Hz ≤ f < 10 Hz (3)	Effets non thermiques	0,7 f V.m <sup>-1</sup>	-	1,1 V.m <sup>-1</sup>	-	-
10 Hz ≤ f < 25 Hz (3)		0,07 f V.m <sup>-1</sup>	-		-	-
25 Hz ≤ f ≤ 400 Hz (3)		0,0028 f V.m <sup>-1</sup>	-		-	-
400 Hz ≤ f < 3 kHz (3)		-	-		-	-
3 kHz ≤ f < 100 kHz (3)		-	-		3,8x10 <sup>-4</sup> f V.m <sup>-1</sup>	-
100 kHz ≤ f < 10 MHz (3) (4) (5)	Effets thermiques	-	-	3,8x10 <sup>-4</sup> f V.m <sup>-1</sup> (non thermique) 0,4 W.kg <sup>-2</sup> (thermique)	10 W.kg <sup>-2</sup>	20 W.kg <sup>-2</sup>
10 MHz ≤ f < 0,3 GHz (4)		-	-	0,4 W.kg <sup>-2</sup>		
0,3 GHz ≤ f < 6 GHz (4) (6)		10 mJ.kg <sup>-2</sup>	-	-	-	-
6 GHz ≤ f ≤ 300 GHz (7)		-	-	50 W.m <sup>-2</sup>	-	-

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017



## RÉGLEMENTATION – Décret du 3 août 2016

### Fixe des Valeurs déclenchant l'action (VA)

- Grandeurs physiques mesurables au poste de travail
- Permettent de démontrer que les VLE sont respectées

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

 **l'Assurance Maladie**  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

## RÉGLEMENTATION - Décret 2016

FREQUENCE (f) (1)	Effets directs	VALEUR DECLANCHANT L'ACTION					
		Pour une intensité de champ électrique VA (E) (2)		Pour une induction magnétique VA (B) (2)		Pour une induction magnétique	
		Basse	Haute	Basse	Haute		
		Exposition localisée de la tête et corps entier	Exposition localisée de la tête et corps entier	Exposition de la tête	Exposition tête et tronc	Exposition localisée des membres à un champ magnétique localisé	
		$Vm^3$ (Rms) (3)(4)		$\mu T$ (Rms) (5)		Pour un courant induit VA (I) (6)	Pour une densité de puissance VA (S) (7)
1 Hz ≤ f < 8 Hz	Effets non-thermiques	20 000	20 000	$2 \cdot 10^3 f^2$ (8)	$3 \cdot 10^3 f$ (8)	9 · 10 <sup>3</sup> f (8)	-
8 Hz ≤ f < 25 Hz				$25000 f$ (8)			-
25 Hz ≤ f < 50 Hz				1000	-		
50 Hz ≤ f < 300 Hz		≤ 10 <sup>3</sup> f	1 · 10 <sup>3</sup> f (8)		-		
300 Hz ≤ f < 1.64 kHz					-		
1.64 kHz ≤ f < 2.5 kHz					-		
2.5 kHz ≤ f < 3 kHz			610		-		
3 kHz ≤ f < 100 kHz				100	-		
100 kHz ≤ f < 1 MHz		170	610 et 6.1 · 10 <sup>3</sup> f (8)(9)	100 et 2 · 10 <sup>3</sup> f (8)(9)	300		-
1 MHz ≤ f < 10 MHz							-
10 MHz ≤ f < 100 MHz	Effets thermiques					100 (10)	-
100 MHz ≤ f < 110 MHz		61		0.2		-	
110 MHz ≤ f < 400 MHz						-	
400 MHz ≤ f < 2 GHz			$0.003 f^2$ (8)	$1 \cdot 10^3 f^2$ (8)		-	
2 GHz ≤ f < 6 GHz			140	0.45		-	
6 GHz ≤ f < 300 GHz			140	0.45		50 (11)	

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

 **l'Assurance Maladie**  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

## RÉGLEMENTATION - Décret 2016

FREQUENCE (f) (1)	VALEUR DECLENCHANT L'ACTION		
	pour le risque d'interférence avec des dispositifs actifs implantés	pour le risque d'attraction et de projection dans le champ périphérique de source de champs intenses (> 100 mT)	pour un courant de contact d'état stable (I <sub>c</sub> )
	mT (2)	mT	mA (Rms) (3)
0 à 1 Hz	0,5	5	
1 Hz ≤ f < 2,5 kHz	-	-	1
2,5 kHz ≤ f < 100 kHz	-	-	0,4 f (4)
100 kHz ≤ f < 110 MHz	-	-	40

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

 L'Assurance  
 Maladie  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

## RÉGLEMENTATION

Si les VA sont respectées → VLE respectées

Si les VA sont dépassées

- Démontrer le respect des VLE
- Mesures de protection et de prévention

(plus facile et moins coûteux de prendre des mesures visant à éviter les risques plutôt que de démontrer la conformité aux VLE)

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

 L'Assurance  
 Maladie  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

## RÉGLEMENTATION

SI EXPOSITION > VLE

- Le travailleur bénéficie d'examens médicaux ou d'une surveillance médicale appropriée
- L'employeur informe le CHSCT, les délégués du personnel et l'inspection du travail

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 l'Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION

- Une méthode en 4 étapes issue du Guide Européen (Guide non contraignant de bonnes pratiques des champs électromagnétiques – Vol. 1)

**1 – PRÉPARATION**

**2 – IDENTIFICATION**

**3 – ÉVALUATION**

**4 – PRÉVENTION**

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 l'Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## 1 – PRÉPARATION

### Collecter les informations liées à l'activité :



- Description des tâches
- Qui les exécute ?
- Comment ?
- Quels équipements sont utilisés ?
- Tâches annexes ?  
nettoyage, maintenance, réparation, ...

**Consulter les travailleurs et observer comment le travail est mené sont de première importance**

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## 2 – IDENTIFICATION DES RISQUES

- Lister les activités et installations susceptibles d'exposer les travailleurs
- Exclure les postes de travail conformes au décret PUBLIC
- Informations fournies par le fabricant : niveaux d'émission de champs électromagnétiques
- Fréquence / niveau / durée / type d'exposition

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire



### 3 – ÉVALUER ET HIÉRARCHISER

Si impossibilité de statuer :

- Par mesures sur site
- Par calcul ou simulation

➔ Enregistrement de l'analyse des risques dans le Document Unique

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

### 4 – PRÉVENTION

Éliminer le risque

- remplacer l'équipement ?

Réduire le risque

- Optimiser les réglages (durée / puissance)
- Maintenance préventive
- Eloigner les machines des parois métalliques
- Eviter la présence d'objets métalliques
- Isoler l'opérateur du sol (rayonnements haute fréquence)
- Arrêt ou diminution de l'émission quand les travailleurs interviennent à proximité des machines
- Délimitation et restriction d'accès



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## 4 – PRÉVENTION

### ☑ ÉLOIGNEMENT

LES CHAMPS DÉCROISSENT AVEC LA DISTANCE



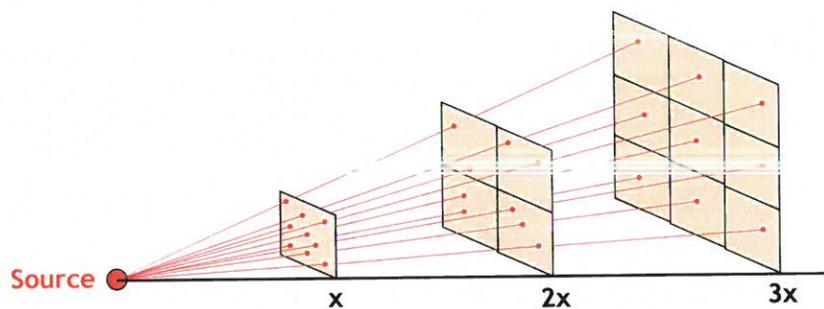
ÉLOIGNER LA SOURCE du POSTE DE TRAVAIL  
est une SOLUTION EFFICACE !!!

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## 4 – PRÉVENTION

### ☑ ÉLOIGNEMENT - Principe



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## 4 – PRÉVENTION

### ☑ ÉLOIGNEMENT - Exemple

#### Eloignement de la source du poste de travail :

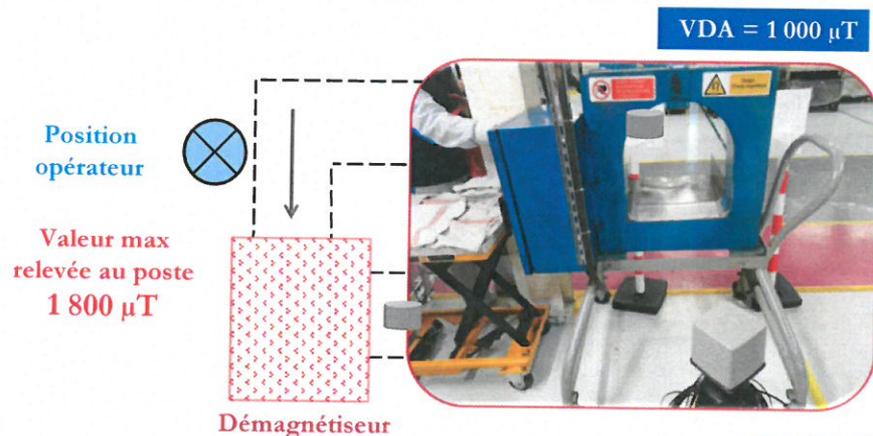
- Commandes déportées,
- Barrières,
- Automatisation partielle ou totale,
- Carrousels
- Tables de transfert,

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## 4 – PRÉVENTION

### ☑ ÉLOIGNEMENT – Exemple d'un démagnétiseur (50 Hz)



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

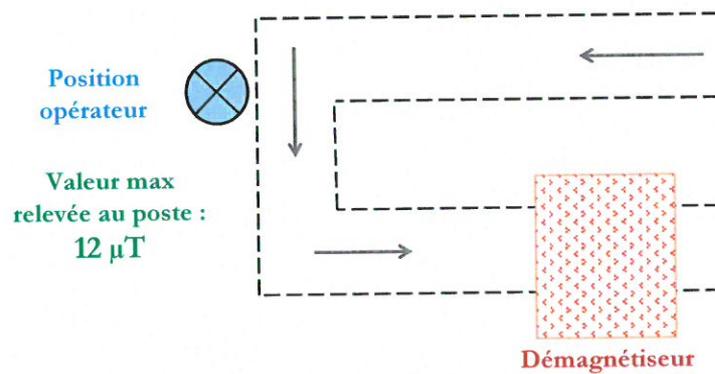
 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## 4 – PRÉVENTION

### ☑ ÉLOIGNEMENT - Exemple

➤ Contrôles qualité par magnétoscopie ( $f = 50 \text{ Hz}$ )

VDA = 1 000  $\mu\text{T}$



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## 4 – PRÉVENTION

### ☑ SIGNALISATION



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## 4 – PRÉVENTION

ED 4214

Catégorie	Type de réduction 1	Type de réduction 2	Exemples de moyens
Soudage par résistance	Réduction à la source	Réduction par éloignement	Blindage des aménades de courant, position de l'opérateur par rapport à la boucle
Magnétiseurs	Réduction par éloignement	Réduction à la source	Aménagement du poste (éloignement par rapport à la boucle, commande déportée, convoyeur...)
Chauffage et soudage par induction	Protection collective	Réduction par éloignement	Commande déportée, blindage, réduction de la puissance lors d'interventions humaines
Magnétoscopie	Réduction par éloignement	Réduction par éloignement	Aménagement du poste (éloignement par rapport à la boucle, commande déportée, convoyeur), cabine de contrôle...
Chauffage, soudage par pertes diélectriques	Réduction à la source, protection collective	Réduction par éloignement	Maintenance, table isolante... Blindage Patin de masse
Electrolyse	Réduction par éloignement	Réduction à la source	Câbles d'alimentation torsadés, signalisation
IRM/RMN	Réduction par éloignement	Réduction par éloignement	Salle de contrôle extérieure
Fours micro-ondes	Réduction à la source	Réduction par éloignement	Blindage/Signalisation

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
 Maladie  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

## 4 – PRÉVENTION

### FORMER - INFORMER

➤ sur les risques liés à l'exposition aux champs électromagnétiques

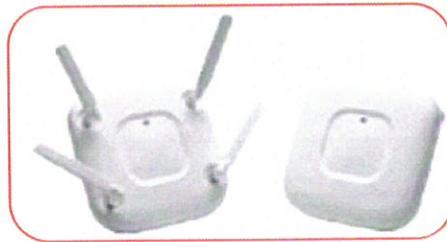


Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
 Maladie  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

## EXEMPLE EN MILIEU PROFESSIONNEL

### BORNES WIFI



2,45 GHz

Valeur d'action travailleur : 140 V/m

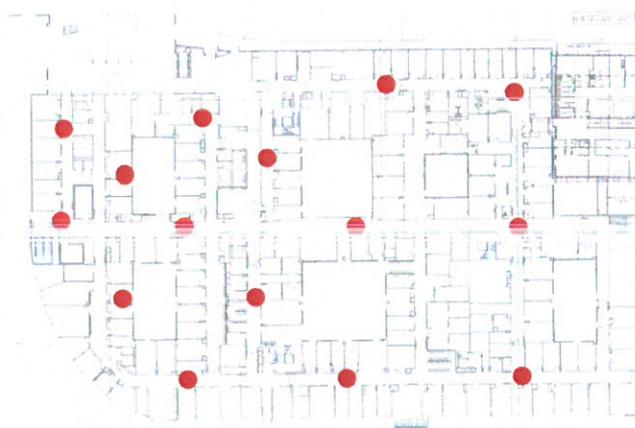
Valeur limite publique : 61V/m

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## EXEMPLE EN MILIEU PROFESSIONNEL

### BORNES WIFI

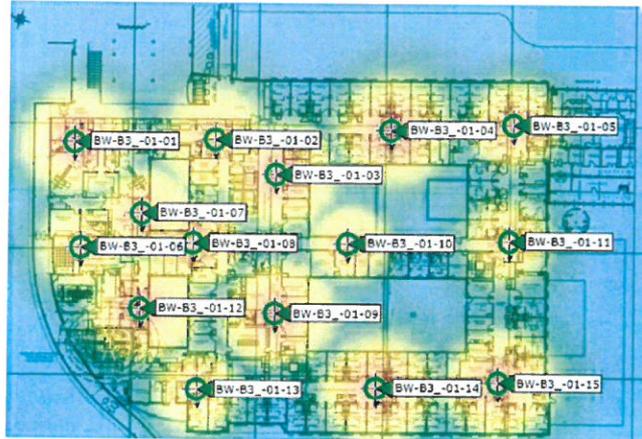


Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## EXEMPLE EN MILIEU PROFESSIONNEL

### BORNES WIFI



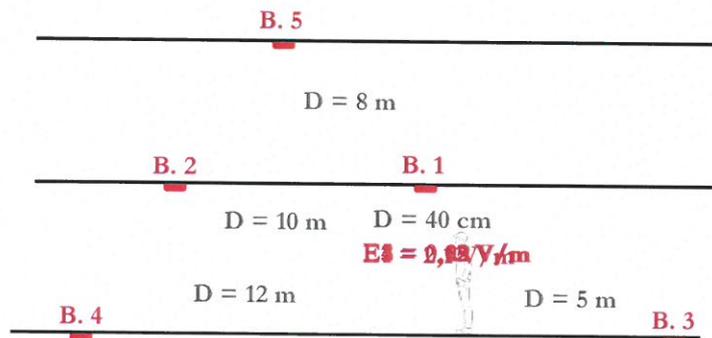
Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

**L'Assurance Maladie**  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

## EXEMPLE EN MILIEU PROFESSIONNEL

### BORNES WIFI

Champ Electrique TOTAL  
 $= \sqrt{(E1^2+E2^2+E3^2+E4^2+E5^2)} = 2,12 \text{ V/m}$



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

**L'Assurance Maladie**  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

## CONCLUSIONS GENERALES

Les champs électromagnétiques sont :

- **CONNUS**
- **MESURABLES**

Il est possible de **s'en protéger**

Des **études sur leurs effets à long terme** sont en cours et restent à faire

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 L'Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## Documentation sur la thématique

### BROCHURES INRS

- ED 6136 : « Exposition des travailleurs aux risques dus aux champs électromagnétiques » Guide d'évaluation des risques »
- ED 4200 : « Téléphones mobiles et stations de base »
- ED 4201 : « Généralités sur les rayonnements non ionisants jusqu'à 300 Ghz »
- ED 4202 : « Les sources de rayonnements non ionisants (jusqu'à 60 Ghz) »
- ED 4203 : « Les effets des rayonnements non ionisants sur l'homme »
- ED 4204 : « La réglementation en milieu professionnel »
- ED 4205 : « Les machines utilisant le chauffage par pertes diélectriques »
- ED 4206 : « Les stimulateurs cardiaques »
- ED 4207 : « Les réseaux sans fil de proximité »
- ED 4208 : « Les écrans de visualisation »

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017

 L'Assurance  
Maladie  
RISQUES PROFESSIONNELS  
Carsat Centre-Val de Loire

## Documentation sur la thématique

### BROCHURES INRS

- ED 4209 : « L'imagerie par résonance magnétique »
- ED 4210 : « Les lignes à haute tension et les transformateurs »
- ED 4211 : « Le chauffage par induction électromagnétique »
- ED 4212 : « Les radars »
- ED 4213 : « Les équipements de chauffage industriels par micro-ondes »
- ED 4214 : « Moyens de prévention »
- ED 4215 : « Les mécanismes d'interaction avec le corps humain »
- ED 4216 : « Grossesse et champs électromagnétiques »
- ED 4217 : « La RFID (radio frequency identification) »
- ED 4218 : « Contrôle par magnétoscopie – Démagnétiseurs »
- ED 4219 : « Soudage par résistance »

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017



## Documentation sur la thématique

### DIRECTIVE EUROPÉENNE 2013/35/UE

- Prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs aux champs électromagnétiques

### DÉCRET n° 2016-1074 du 3 août 2016

- Protection des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques

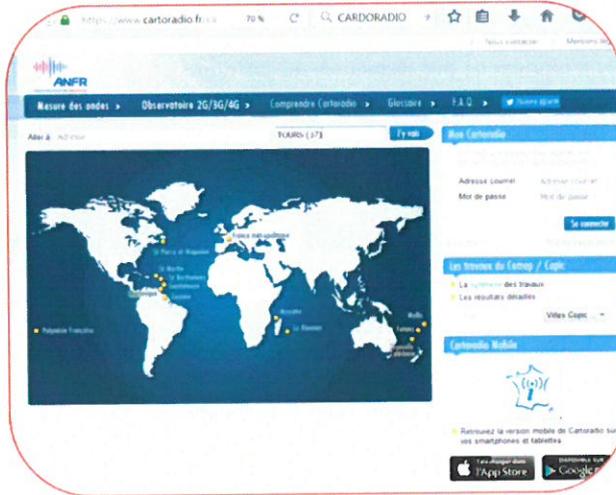
### OSERAY (Outil de simulation de l'exposition aux rayonnements non ionisants)

[WWW.CARTORADIO.FR](http://WWW.CARTORADIO.FR) (mesures de champs électromagnétiques sur stations de bases radioélectriques)

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
Les champs électromagnétiques  
Tours - le 29 septembre 2017



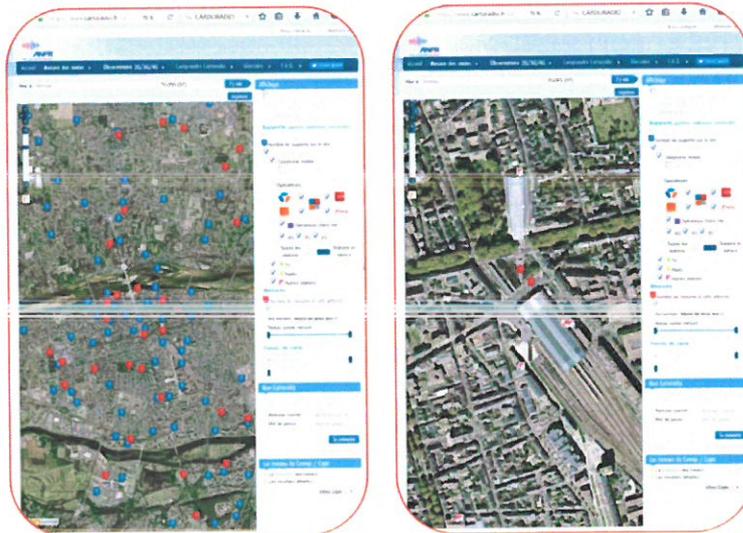
# CARTORADIO



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

**L'Assurance Maladie**  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

# CARTORADIO



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

**L'Assurance Maladie**  
 RISQUES PROFESSIONNELS  
 Carsat Centre-Val de Loire

# CARTORADIO



Fiche mesure N° 123632 - Synthèse

Mesure réalisée le 22/10/2015 à 14h00  
 Par le laboratoire EXEM  
 Localisation du point de mesure Place du General Leclerc 37000 TOURS  
 Mesure effectuée A l'intérieur  
 Environnement Etablissement ouvert au public (Ecole, Et Soins, Gare...)

Mesure effectuée suivant le protocole ANFR/DR ANFR/DR 15-3 (présentation du protocole [ici](#))

### Positionnement des émetteurs visibles du point de mesure

Aucun émetteur visible depuis le point de mesure **Hp** (hauteur du point de mesure : 1.5 m)

### Conclusion du rapport de mesure

**Le rapport de mesure conclut au respect des valeurs limites d'exposition fixées par le décret du 3 mai 2002.**

### Résultat de l'évaluation globale de l'exposition (cas A du protocole)

Le niveau global d'exposition est le résultat de la mesure des champs électromagnétiques émis globalement par l'ensemble des émetteurs environnant le point de mesure, visités ou non, qui sont en fonctionnement au moment de la mesure.

**Niveau global d'exposition : 0.84 V/m**

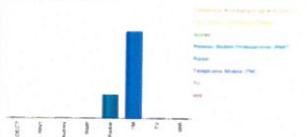
Seuil : la valeur limite la plus faible fixée par le décret du 3 mai 2002 est 26 V/m

### Annexe de l'évaluation détaillée de l'exposition pour le protocole

Le tableau ci-dessous résume les résultats de la mesure des champs électromagnétiques émis globalement par l'ensemble des émetteurs visités ou non, qui sont en fonctionnement au moment de la mesure.

Service	Bande de fréquence (MHz)	Service	Exposition (V/m)	Service de référence
DECT (téléphone sans fil)	1880-1900	Mobile (téléphone mobile)	0.02 V/m	0.02 V/m
PMR (radio amateur)	100-108/101-103	Mobile (téléphone mobile)	0.02 V/m	0.02 V/m
PMR (radio amateur)	35.47 (35.47)	Mobile (téléphone mobile)	0.02 V/m	0.02 V/m
Radar (Radar)	2230-4000 (Radar)	Mobile (téléphone mobile)	0.10 V/m	0.10 V/m
Radar (Radar)	860-1710	Mobile (téléphone mobile)	0.02 V/m	0.02 V/m
Radar (Radar)	97.5-108 (Radar)	Mobile (téléphone mobile)	0.02 V/m	0.02 V/m
Radar (Radar)	2400-2445 (Radar)	Mobile (téléphone mobile)	0.02 V/m	0.02 V/m
Radar (Radar)	9400-9750	Mobile (téléphone mobile)	0.02 V/m	0.02 V/m
Services HF	5-150	Mobile (téléphone mobile)	0.02 V/m	0.02 V/m
FM 100	100-108	Mobile (téléphone mobile)	0.24 V/m	0.24 V/m
FM 100	210-217.5	Mobile (téléphone mobile)	0.27 V/m	0.27 V/m
FM 800	761-821	Mobile (téléphone mobile)	0.21 V/m	0.21 V/m
FM 800	880-960	Mobile (téléphone mobile)	1.18 V/m	1.18 V/m
Fv	47-66/67-76	Mobile (téléphone mobile)	0.02 V/m	0.02 V/m

### Repartition du champ par service



Méthode de mesure : [voir le protocole](#)

Date : 22/10/2015

Autre : [voir le protocole](#)

Site : [voir le protocole](#)

Le tableau ci-dessous résume les résultats de la mesure des champs électromagnétiques émis globalement par l'ensemble des émetteurs visités ou non, qui sont en fonctionnement au moment de la mesure.

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

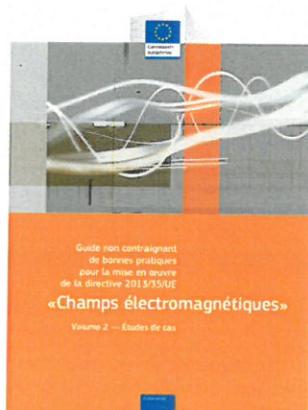
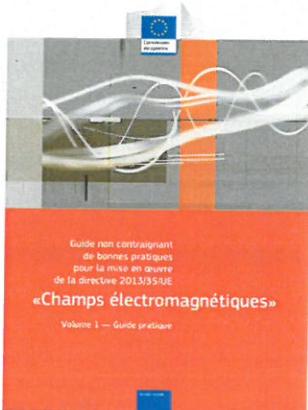


# Documentation sur la thématique

## GUIDE NON CONTRAIGNANT DE BONNES PRATIQUES POUR LA MISE EN OEUVRE DE LA DIRECTIVE 2013/35/UE "Champs Électromagnétiques"

Volume 1 : Guide pratique

Volume 2 : Étude de cas



Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017



## OUTIL DE SIMULATION INRS : OSERAY

**OSERAY**  
 Outil simplifié d'évaluation des risques dus aux rayonnements électromagnétiques

OSERAY est une application permettant d'accompagner l'employeur dans le cadre de sa démarche d'évaluation des risques. Elle s'appuie sur le Guide européen intitulé « guide non-contraignant de bonnes pratiques pour la mise en œuvre de la directive 2013/35/UE.

**Objectifs d'OSERAY**

Pour certaines familles de sources très émettantes, OSERAY propose des informations détaillées qui permettent une approximation des expositions au regard des Valeurs déclenchant l'Action (VA) définies par les articles du code du travail R.4453-6 à R.4453-12.

**Choix du type d'activité**

- Communications\_sans\_fil
- Bureau
- Infrastructure
- Sécurité
- Alimentation\_électrique
- Industrie\_légère
- Industrie\_Jourde
- Construction

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

## OUTIL DE SIMULATION INRS : OSERAY

**OSERAY**  
 Outil simplifié d'évaluation des risques dus aux rayonnements électromagnétiques

**Type d'activité**

Industrie\_légère    Chauffage diélectrique

Retour page  
 précédent  
 Suite

**Chauffage diélectrique**

- Équipement de peinture électrostatique
- Fours à résistance chauffants
- Planchers à câbles (portatifs) - présence sur le lieu de travail
- Planchers à câbles - utilisation
- Canons à chaleur (portatifs) - présence sur le lieu de travail
- Canons à chaleur - utilisation

Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNÉ  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

# OUTIL DE SIMULATION INRS : OSERAY




Outil simplifié d'évaluation des risques dus aux rayonnements électromagnétiques

Type d'équipement ou de lieu de travail	L'évaluation requise pour		
	Travailleurs sans risques particuliers (*)	Travailleurs à risques particuliers (hors porteurs d'implants actifs (**))	Travailleurs porteurs d'implants actifs (**)
Chauffage diélectrique	Oui	Oui	Oui

Calcul de VA et VLE en fonction de la fréquence

Non : Risque faible de dépassement des niveaux de référence. Une évaluation complémentaire n'est a priori pas nécessaire.  
 Oui (\*): Il est nécessaire de faire une étude approfondie par rapport aux valeurs de référence déclenchant l'action prescrite à l'article R 4453-4.  
 Oui (\*\*): Il est nécessaire de faire une étude approfondie par rapport aux valeurs de référence de la recommandation du conseil (pour le public).  
 NB : Attention au cas des personnes ayant un dispositif actif porté près du corps (colonne "travailleurs à risques particuliers (hors porteurs d'implants actifs)"). Il convient de se rapprocher du fabricant pour vérifier l'immunité du dispositif et le champ au poste de travail.

Une étude de l'INRS réalisée avec la collaboration des membres du groupe CARSAT/CRAM/INRS, a permis de définir 7 familles d'équipements industriels particulièrement émissifs dans le domaine des champs électromagnétiques. De cette étude, on en a déduit qu'au moins 100 000 opérateurs seraient susceptibles d'être exposés aux champs électromagnétiques émis par ces équipements. Pour ce type d'équipement, les résultats de cette étude peuvent être consultés en cliquant sur le bouton ci-dessous.

Résultats de l'étude INRS/Carsat/Cramif

Retour "évaluation"
Retour page précédente
Documents Experts
Organismes pour réaliser des mesures au poste de travail

**Service Prévention des Risques Professionnels - CARSAT CENTRE-VAL DE LOIRE**  
 Centre de Mesures Physiques (CIRCOP) - J. FORTUNE  
 Les champs électromagnétiques  
 Tours - le 29 septembre 2017

  
**RISQUES PROFESSIONNELS**  
 Carsat Centre-Val de Loire

# Notes

**« Risques pour la vision de l'utilisation des diodes électroluminescentes »**

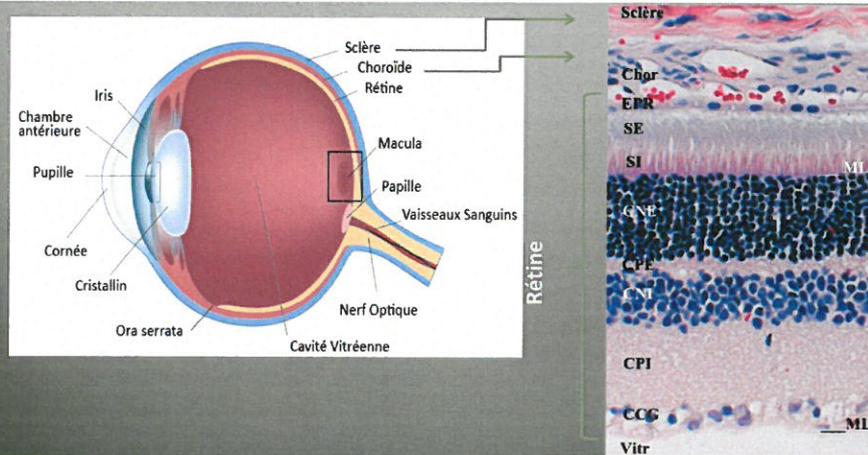
***Alicia TORRIGLIA,***  
*Directeur de Recherche*  
*INSERM U1138, CRC Jussieu Paris*

# Lampes LED et rétine. Données expérimentales.

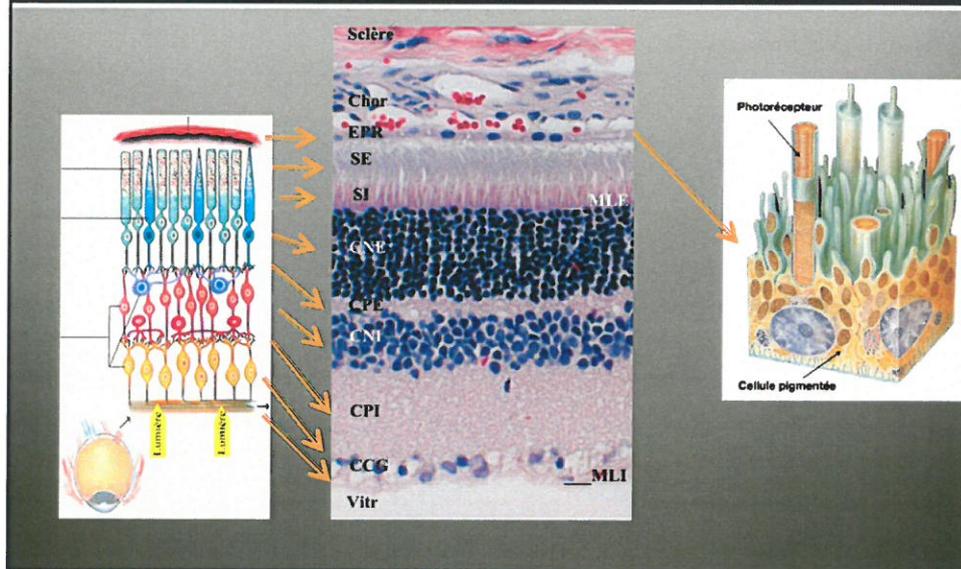
Alicia Torriglia

Directeur de Recherche  
INSERM U 1138 eq Behar-Cohen

## La rétine

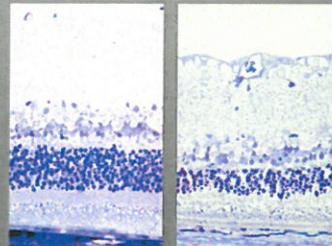
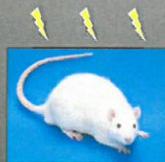


# La rétine



# Dégénérescence rétinienne induite par la lumière

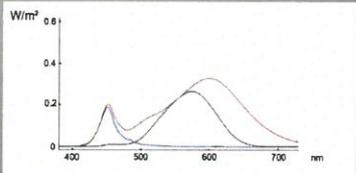
Néon(1000 lux) 1-9 jours



T5 50 µm

# Etude de la phototoxicité des LEDs

sacrifice  
 Jo 6h 12h 18h 24h      temps d'illumination  
 2030lx

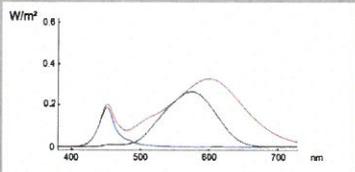





Xanlite Evolution

*Jaadane et al. Free Rad Biol Med 2015*

# Etude de l'effet de la composante bleue

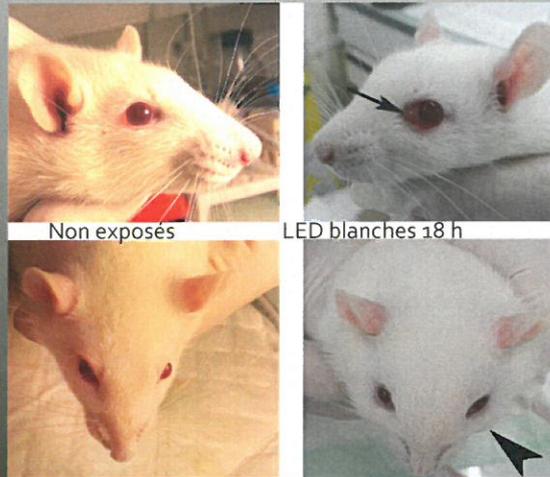


CSTB

449	467	473	507 nm
			
Cree Royal Blue	Nichia Blue	Cree Blue	Nichia Blue Green

*Jaadane et al. Free Rad Biol Med 2015*

## Exposition aux LED blanches



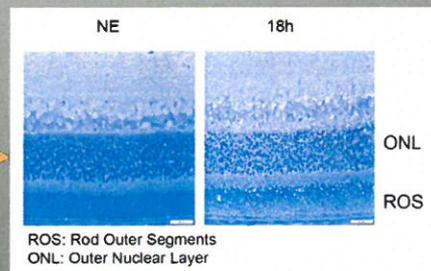
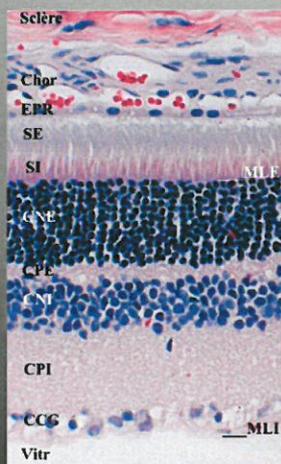
Examens oculaires  
(S.CHAHORY):  
Biomicroscopie + fond d'œil  
en ophtalmoscopie  
indirecte



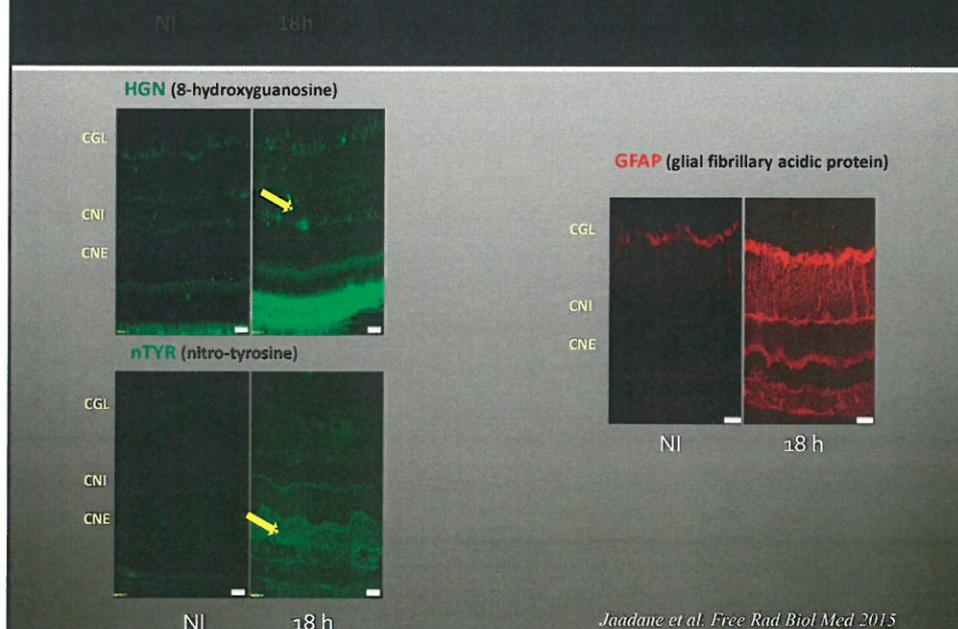
**Pas de lésions  
macroscopiques et  
pas de blanchiment  
de la rétine**

*Jaadane et al. Free Rad Biol Med 2015*

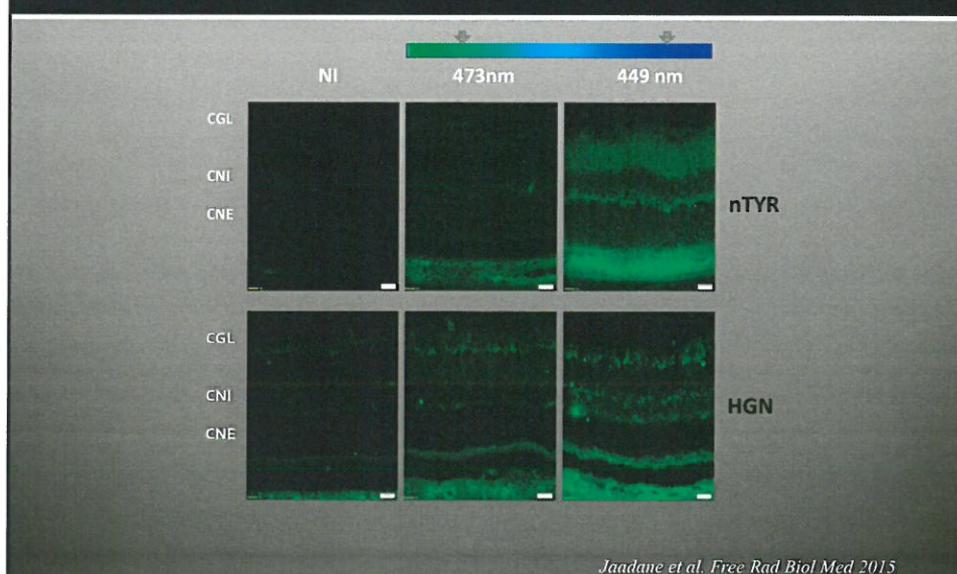
## Effets sur la rétine



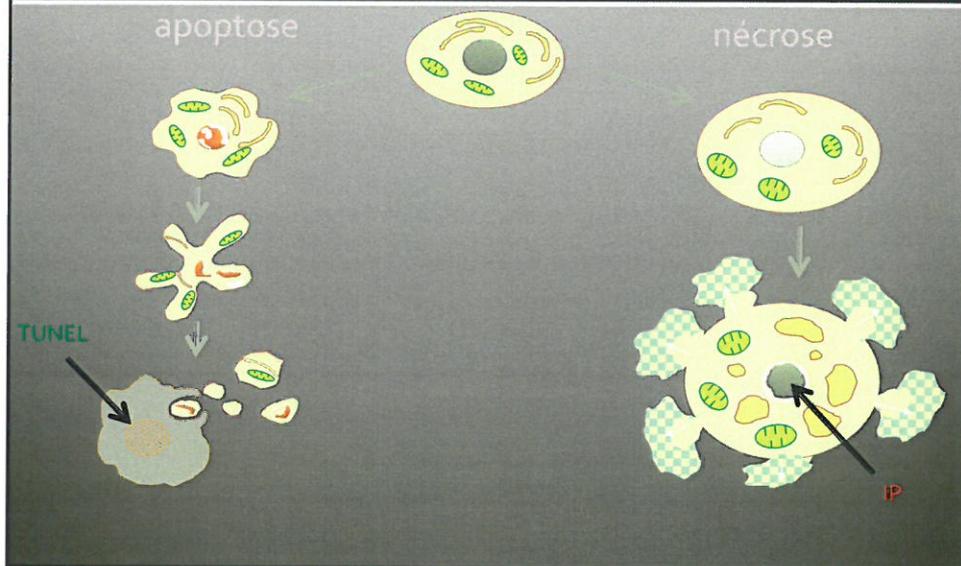
## LED et stress oxydant



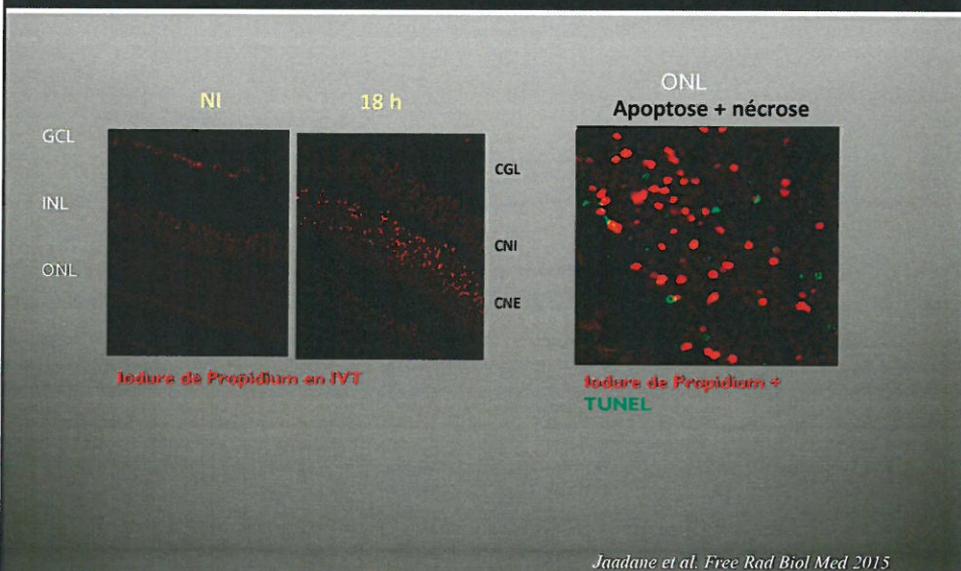
## Phototoxicité liée à la composante bleue



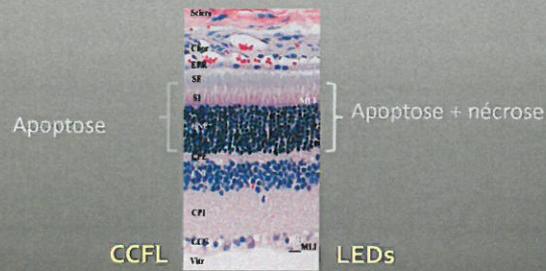
# Mécanismes de la mort cellulaire



## LEDs et mécanismes de mort des photorécepteurs

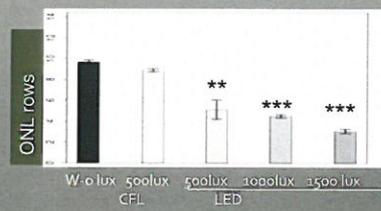
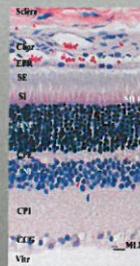


## Rétine neurale



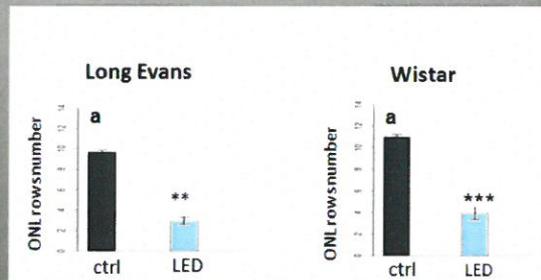
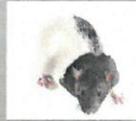
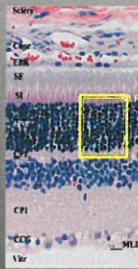
Pas de blanchiment de la rétine

## Comparaison avec les CFL



Krigel et al, Neuroscience 2016

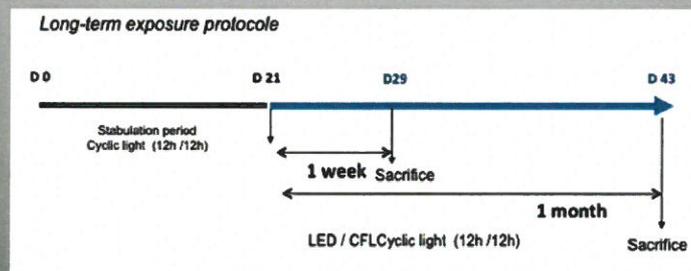
# Rats albinos vs. Rats pigmentés



6000 lx LED blanches froides

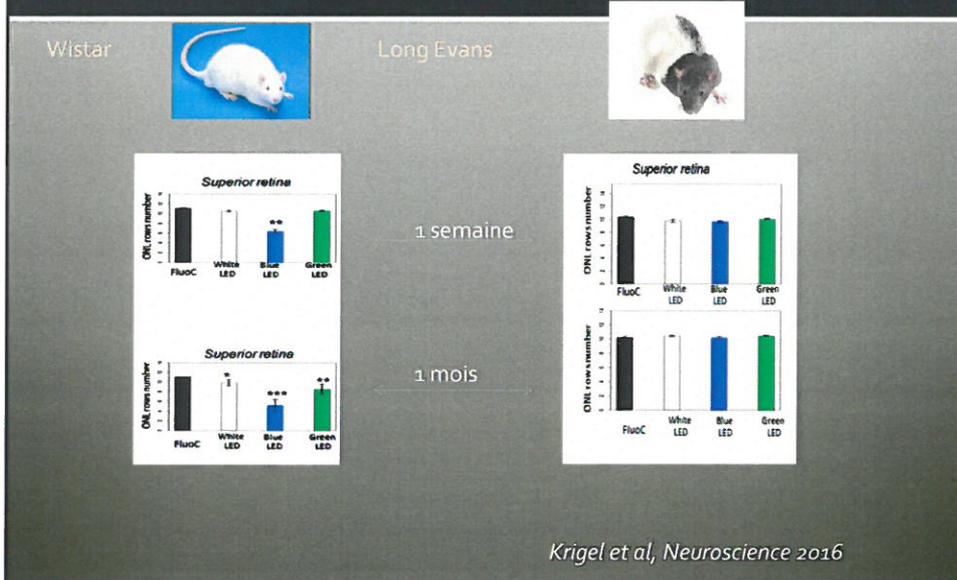
Krigel et al, Neuroscience 2016

# A long terme?

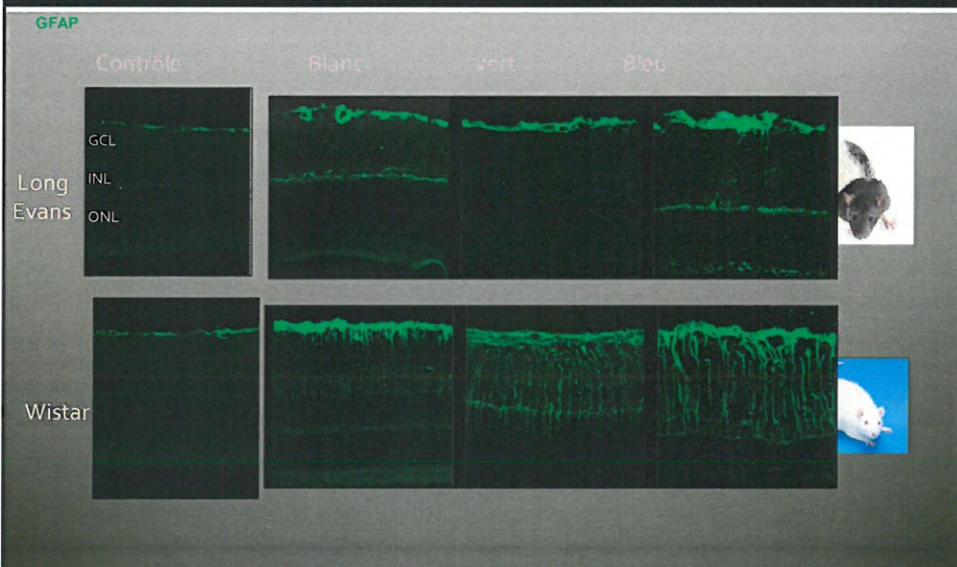


Krigel et al, Neuroscience 2016

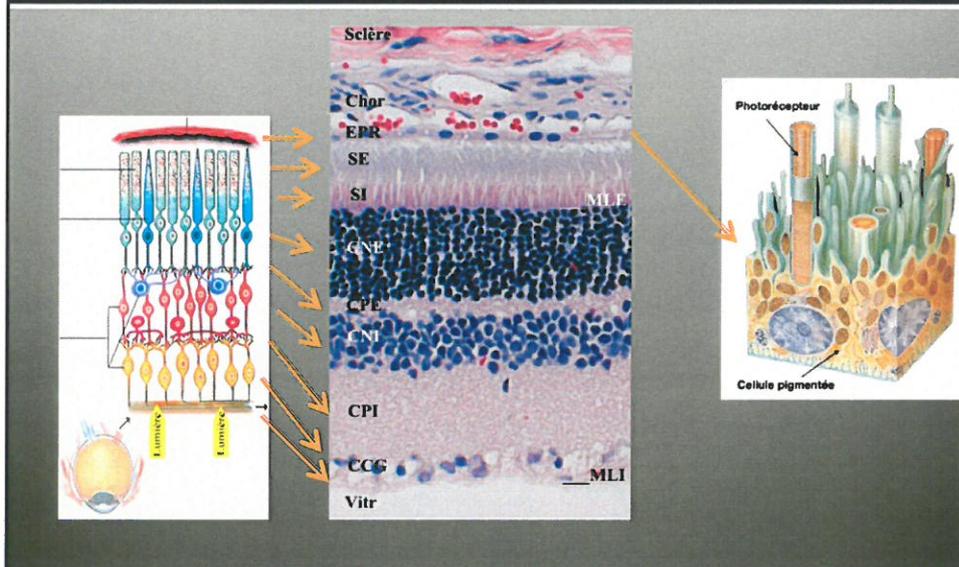
# A long terme?



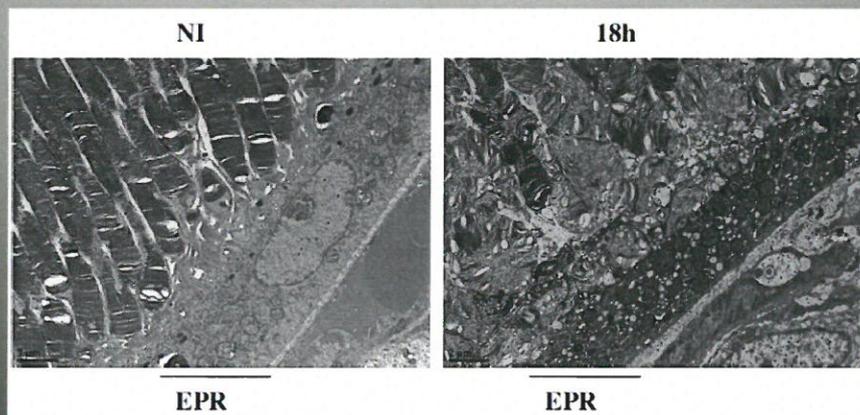
# A long terme?



# La rétine

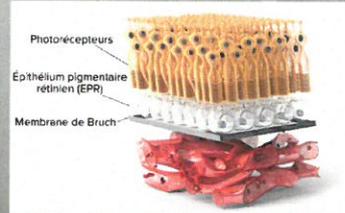
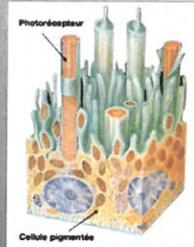


# Vacuoles dans le cytoplasme

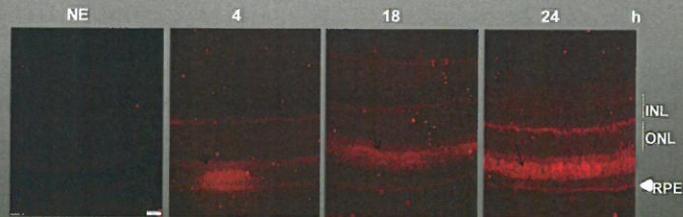


Jaadane et al, J Cell Mol Med, 2017

## Altération de la barrière hémato-rétinienne?

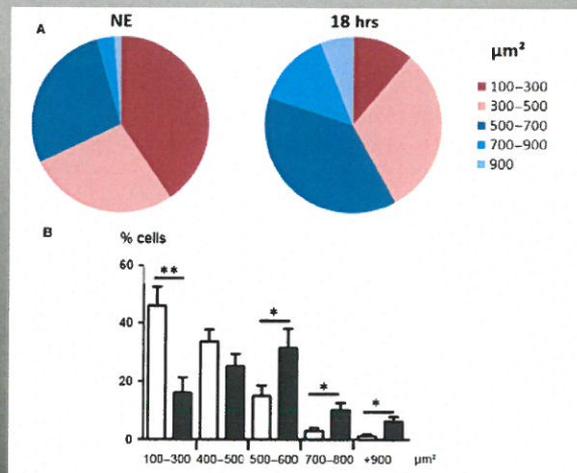


Albumine  
sérique



Jaadane et al, J Cell Mol Med, 2017

## Taille des cellules



Jaadane et al, J Cell Mol Med, 2017

## En résumé

- Les LEDs sont plus toxiques pour la rétine que les tubes fluorescents et les fluocompactes
- Lumière bleue impliquée
- Rat pigmenté mieux protégé
- La « toxicité » mesurée dépend du paramètre évalué
- L'épithélium pigmentaire est affecté

## Enjeux futurs

- Vieillesse prématurée de la rétine?
- Capital lumière?
- Physiologie de l'EPR en exposition chronique?

## Remerciements

### INSERM. Prof. Francine Behar-Cohen

- Imène Jaadane
- Michèle Savoldelli
- Laurent Jonet
- Arthur Krigel
- Marianne Berdugo
- Charlotte Andrieu

### ■ CSTB

- Pierre Boulenguez
- Samuel Carré
- Christophe Martinsons

### ■ ENVA

- Sabine Chahory

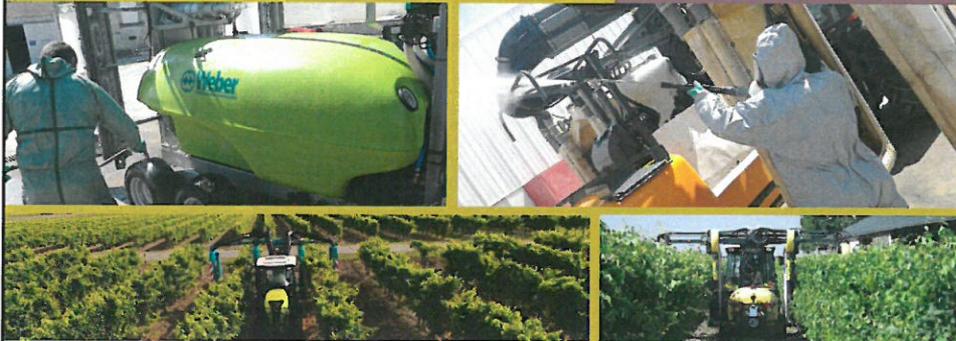
# Notes

**« Comment des exigences environnementales peuvent impacter le travail de l'utilisateur. Exemple avec les pulvérisateurs à panneaux récupérateurs utilisés en viticulture »**

***Bruno FARTHOUAT,  
Conseiller en prévention  
MSA des Charentes***

## Comment les exigences environnementales peuvent impacter le travail de l'utilisateur exemple avec les pulvérisateurs à panneaux récupérateurs utilisés en viticulture

Agir ensemble pour prévenir



Bruno Farthouat – Conseiller Prévention MSA des Charentes – 06 26 02 63 35

Service Prévention des Risques Professionnels  
[www.msadescharentes.fr](http://www.msadescharentes.fr)



## Evolution du matériel utilisé pour effectuer les traitements phytosanitaires

Prévention des Risques Professionnels

Agir ensemble pour prévenir



Pulvérisateur 2009



Pulvérisateur 2017



## Evolution du matériel utilisé pour effectuer les traitements phytosanitaires

Prévention des Risques Professionnels

Agir ensemble pour prévenir

Pourquoi cette évolution ?

- améliore la qualité de pulvérisation
- possibilité de récupérer les produits phytosanitaires (Ecophyto)
- limite les dérives (problématique avec le voisinage)



L'essentiel & plus encore

## Les incidences pour l'entreprise

Prévention des Risques Professionnels

Agir ensemble pour prévenir

- temps de travail plus important (diminution 20% du débit de chantier)
- modification de la journée type de traitement (due au nettoyage du pulvérisateur)
- modification de l'organisation du chantier
- matériel 2 à 3 fois plus cher



L'essentiel & plus encore

## Les incidences pour l'utilisateur

Prévention des Risques Professionnels

Agir ensemble pour prévenir

- nécessite une attention plus importante (surveillance des 2 panneaux et risque d'accrochage)
- matériel plus lourd donc risque de déséquilibre du tracteur
- présence d'un ordinateur de bord (assistance à l'utilisation) ... donc technicité à acquérir



## Les incidences pour l'utilisateur

Prévention des Risques Professionnels

Agir ensemble pour prévenir

- Un temps de nettoyage (et donc un temps d'exposition) 2 à 3 fois supérieur par rapport à un pulvérisateur classique
- Et une phase de nettoyage beaucoup plus exposante

[Vidéo](#)



## La phase de nettoyage du pulvérisateur à panneaux récupérateurs

Prévention des Risques Professionnels

Agir ensemble pour prévenir

- Des projections beaucoup plus importantes (dus au matériel en hauteur, aux panneaux ...)



**msa** santé  
famille  
retraite  
services  
L'essentiel & plus encore

## La phase de nettoyage du pulvérisateur à panneaux récupérateurs

Prévention des Risques Professionnels

Agir ensemble pour prévenir

- Des contacts directs avec le pulvérisateur (filtres, panneau...)



**msa** santé  
famille  
retraite  
services  
L'essentiel & plus encore

## La phase de nettoyage du pulvérisateur à panneaux récupérateurs

Prévention des Risques Professionnels

Agir ensemble pour prévenir

- Du temps de travail en position extrême (membres supérieurs)



**msa** santé  
famille  
retraite  
services  
L'essentiel & plus encore

## La phase de nettoyage du pulvérisateur à panneaux récupérateurs

Prévention des Risques Professionnels

Agir ensemble pour prévenir

- Un risque de chute de hauteur en montant sur la cuve



**msa** santé  
famille  
retraite  
services  
L'essentiel & plus encore

## Que faire pour gérer ces risques ?

Prévention des Risques Professionnels

Agir ensemble pour prévenir

- Inciter les viticulteurs à intégrer ces risques dès l'achat du pulvérisateur
- Aménager l'aire de nettoyage afin d'intégrer un matériel d'accès en hauteur
- Choisir un matériel de nettoyage et des produits adaptés au nettoyage
- Former et équiper les utilisateurs de ce matériel

A fait l'objet d'une étude cet été et d'une restitution lors du forum pulvé 2017 auprès des viticulteurs



## Que faire pour gérer ces risques ?

Prévention des Risques Professionnels

Agir ensemble pour prévenir

Ceci n'est pas complet tant que ces risques ne sont pas intégrés et gérés dès la conception du pulvérisateur

La meilleure mesure de prévention : agir auprès des constructeurs et des distributeurs avec l'appui de la profession...

Objectif des viticulteurs : construire un cahier des charges spécifique à leur vignoble et à leur travail réel pour que le pulvérisateur soit le plus fonctionnel



# Notes