



Modifications de l'activité cérébrale induites par l'exposition aux ondes GSM chez le rat : conséquences comportementales

Bruno Bontempi

Laboratoire de Neurosciences Cognitives

UMR CNRS 5106

Université Bordeaux I

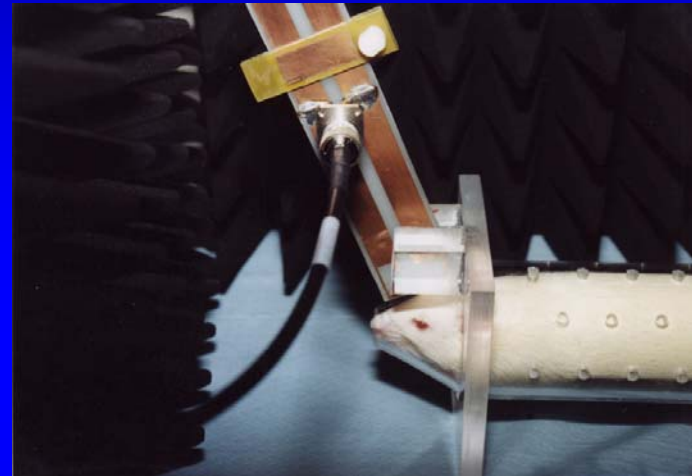
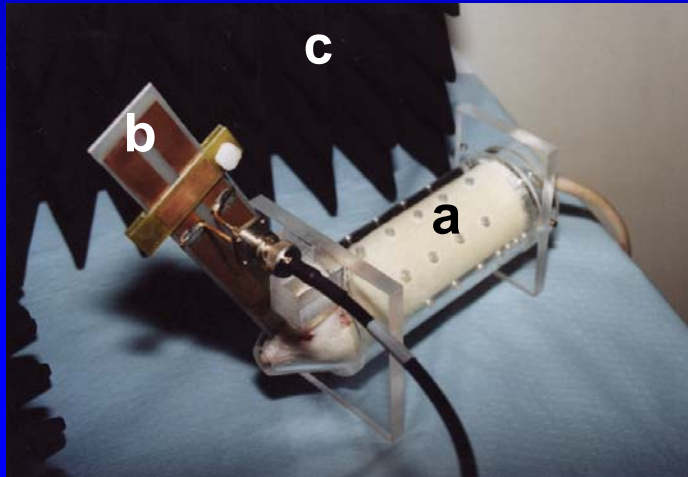
Objectifs

- Identifier, par imagerie cérébrale, les **régions les plus sensibles** aux radiofréquences de type GSM 900 MHz (exposition tête seule, traitement aigu)
 - mesure de l'expression de la protéine Fos utilisée comme marqueur d'activité neuronale
- Déterminer si l'exposition aux ondes GSM 900 Mhz peut induire des **déficits cognitifs**

Plan expérimental

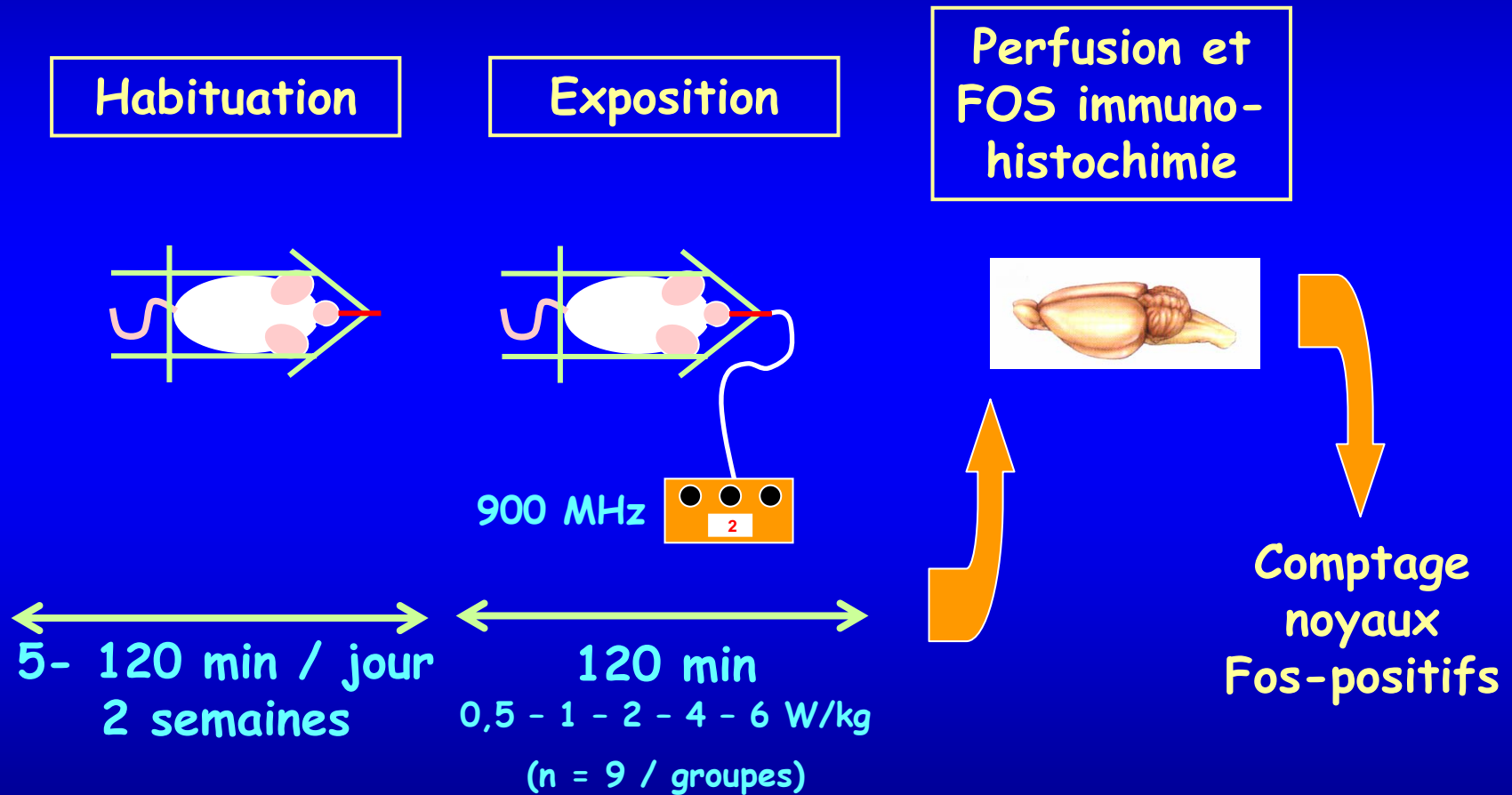
- Mesure des modifications de **l'activité neuronale** induites par l'exposition aux champs électromagnétiques dans deux conditions :
 - **Rats au repos** (cage d'animalerie) : activité basale
 - **Rats engagés dans des épreuves cognitives**
 - détecter des baisses éventuelles de l'activité neuronale difficilement observables dans un état basal
 - appréhender des modifications dans la capacité d'activation de certaines régions cérébrales en réponse à la demande cognitive

Systeme d'exposition aux ondes GSM utilisé pour le rat (exposition tête seule)

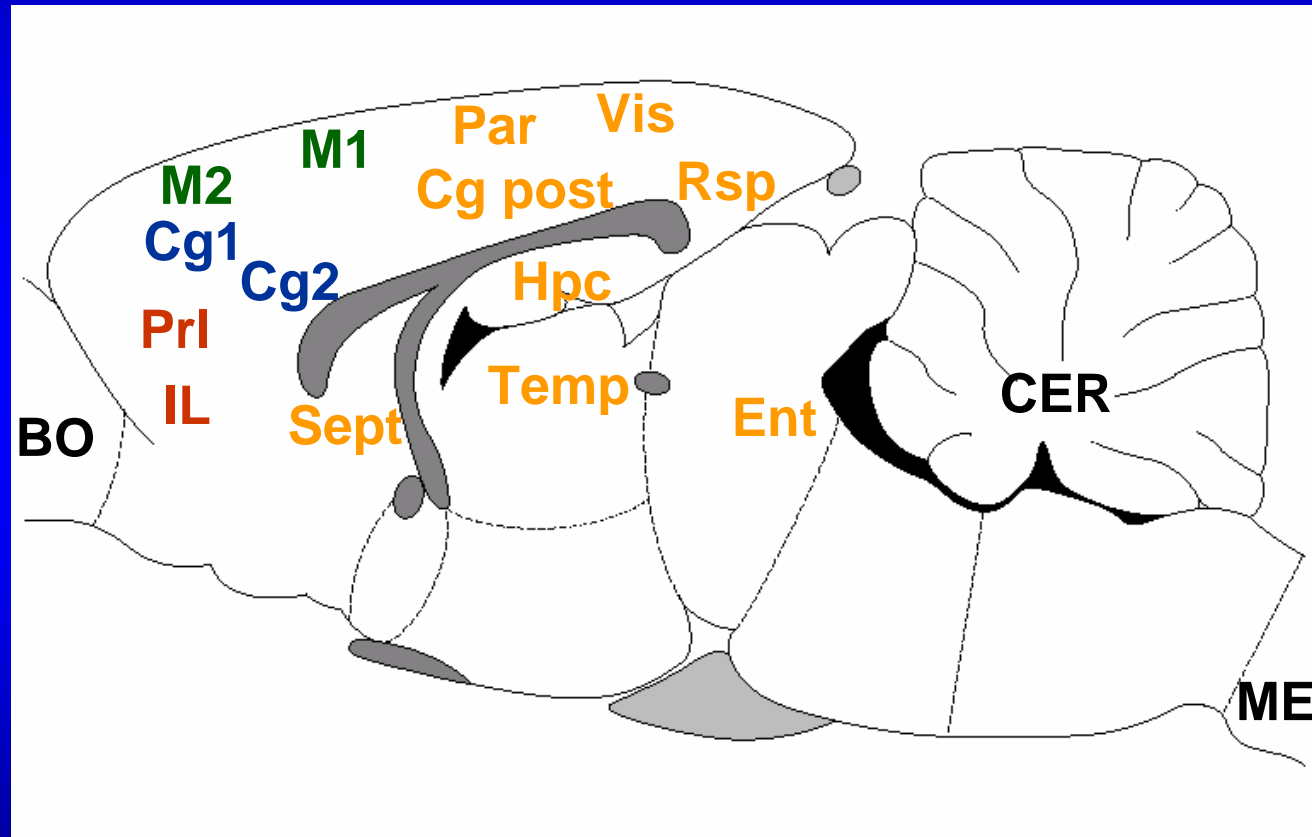


- Fusée de contention en Plexiglas transparent (a) avec l'antenne boucle (b) qui émet les ondes radiofréquences de type GSM 900 MHz
- Des panneaux de mousse absorbante (c) placés entre les fusées évitent les interférences entre les antennes boucles

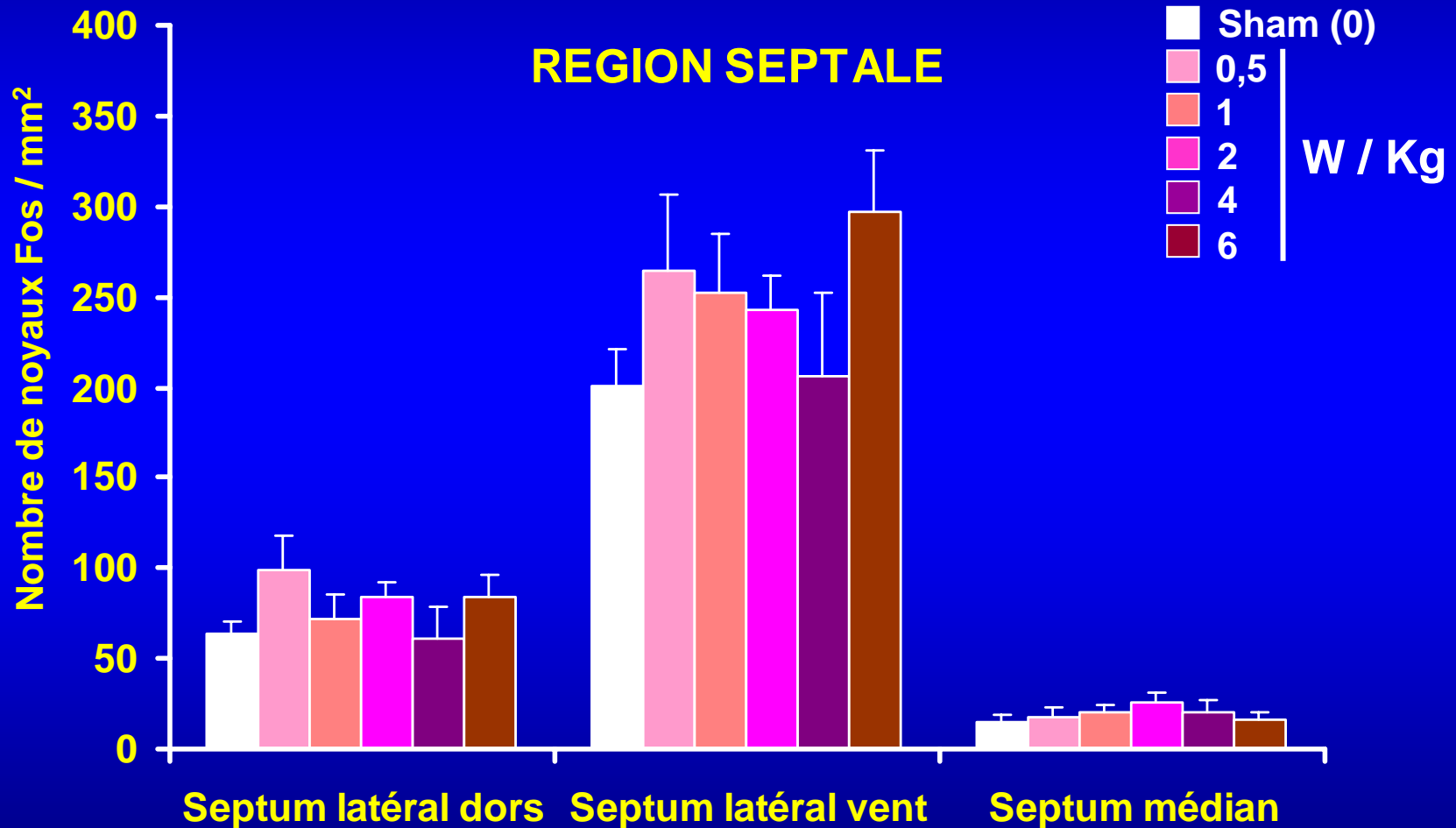
Protocole expérimental Fos : Activité basale (repos)



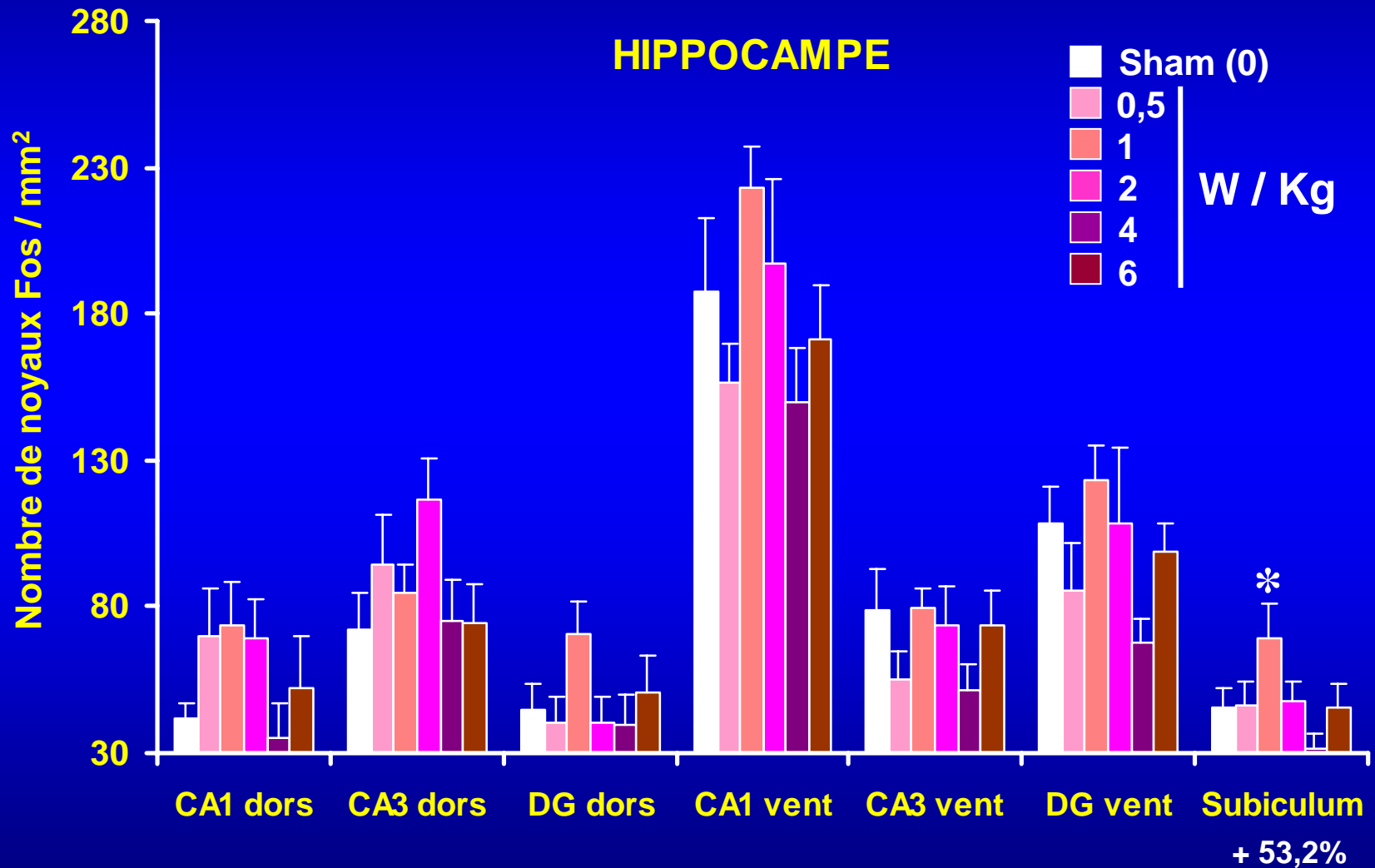
Régions cérébrales analysées



Résultats : Activité basale

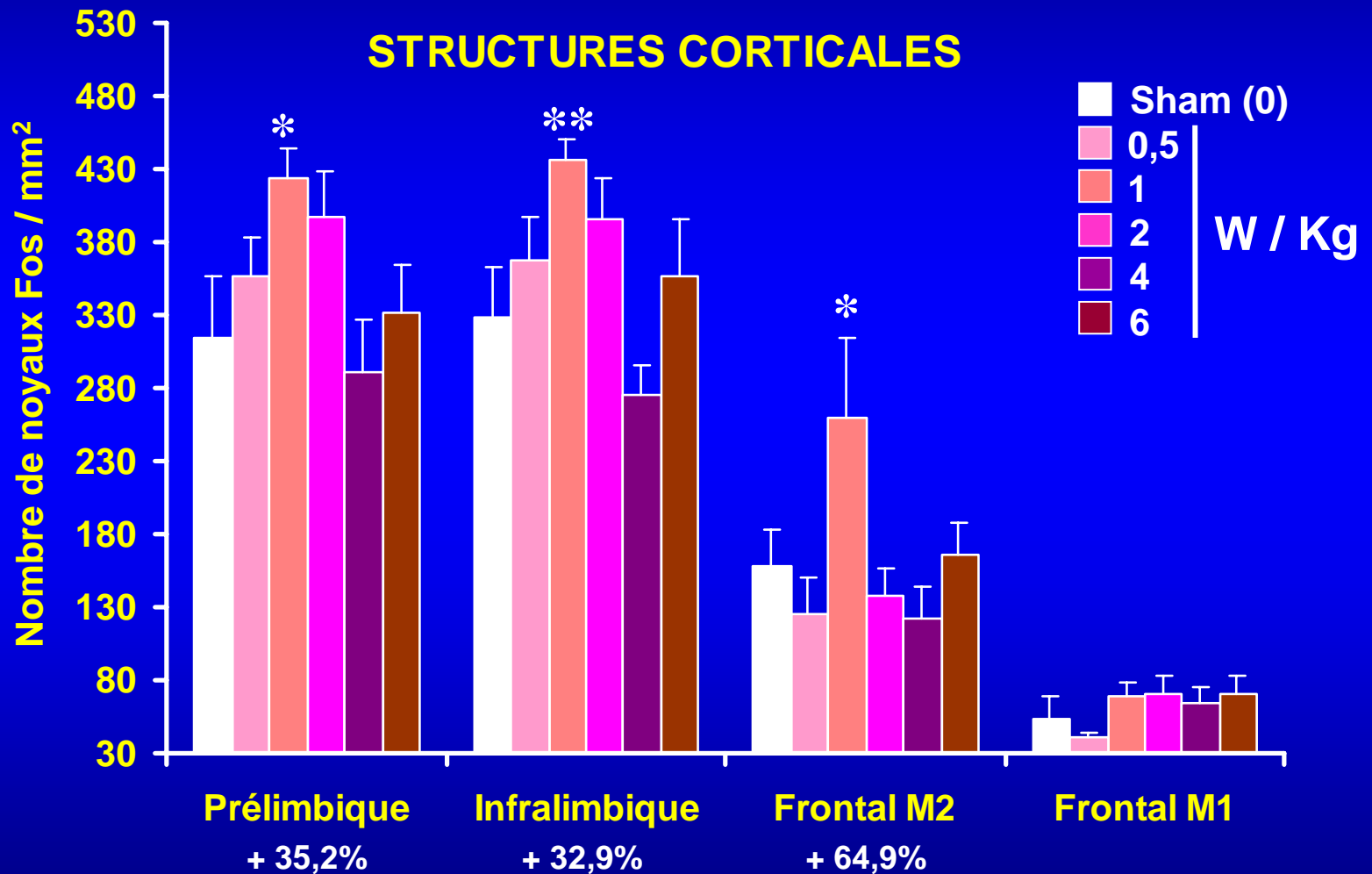


Résultats : Activité basale



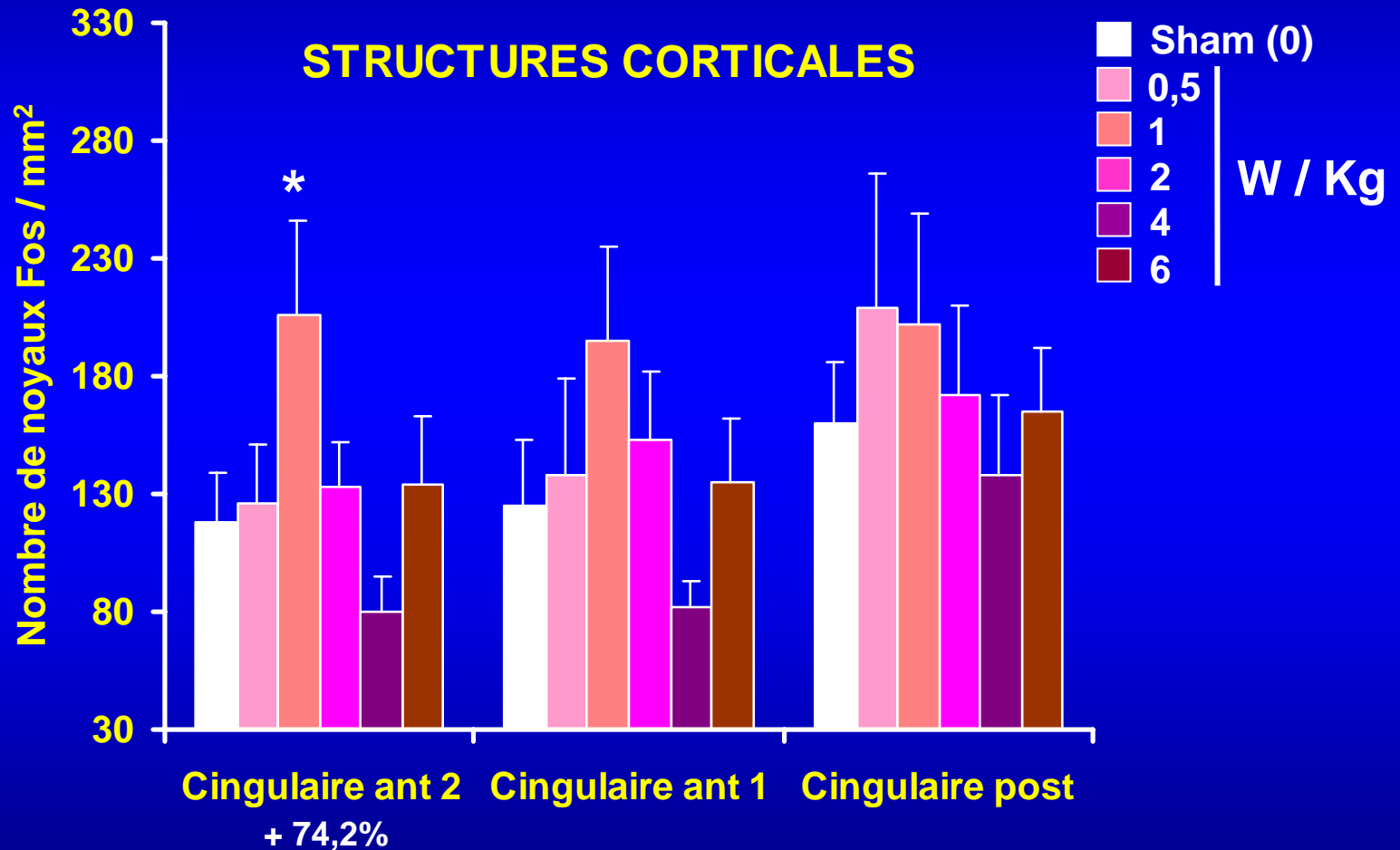
ANOVA, *post-hoc* Fisher, * $p < 0,05$

Résultats : Activité basale



ANOVA, *post-hoc* Fisher, * $p < 0,05$
** $p < 0,01$

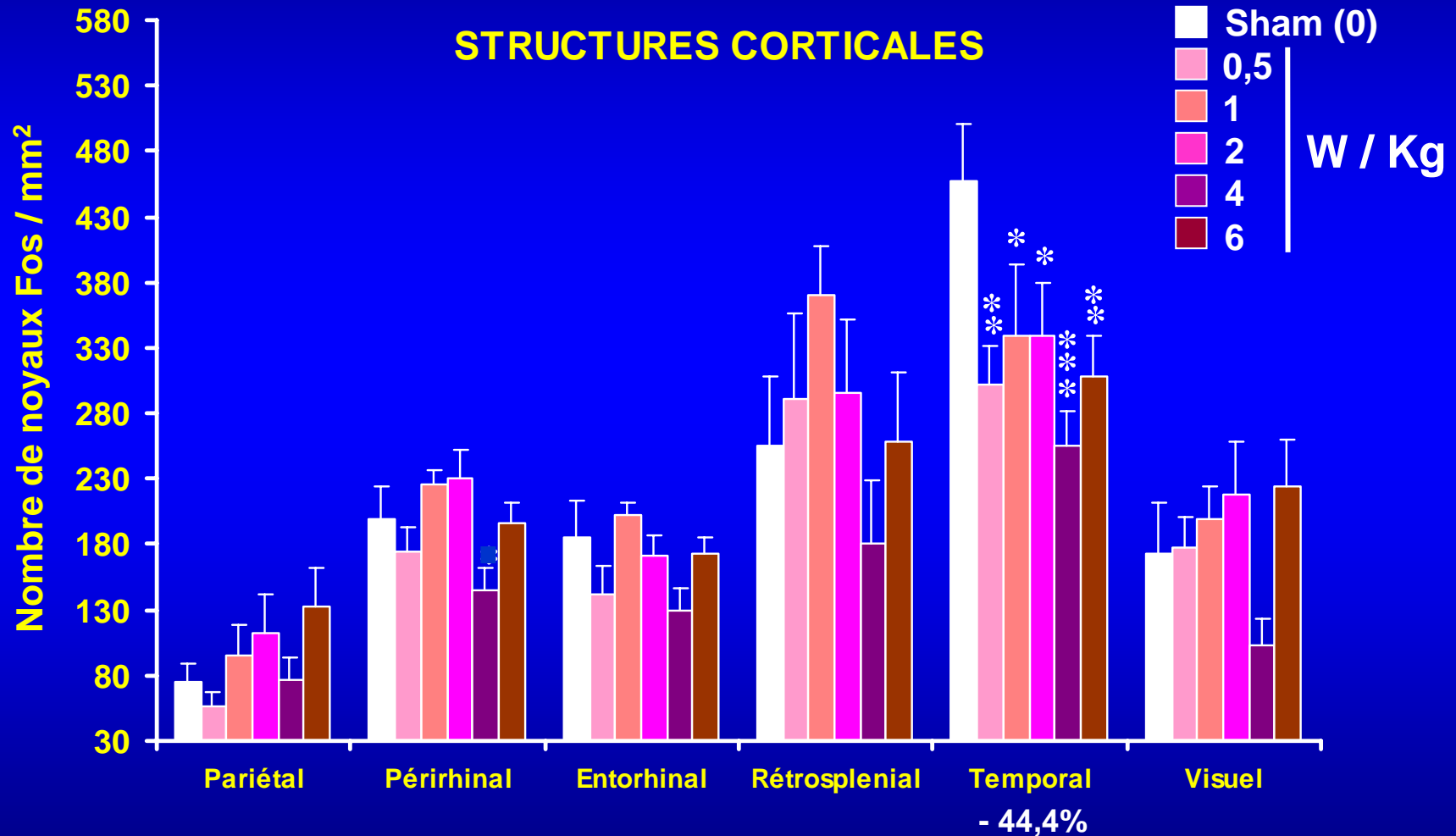
Résultats : Activité basale



ANOVA, *post-hoc* Fisher, * $p < 0,05$

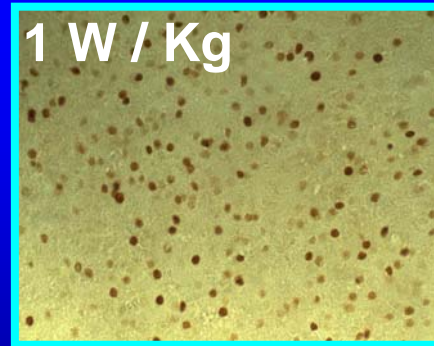
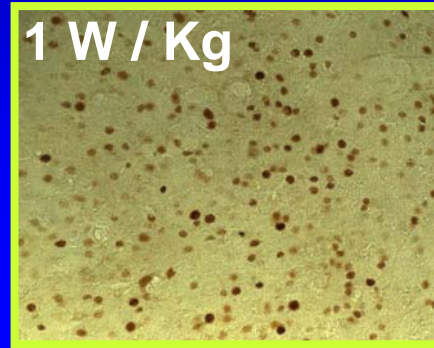
Pessac, 14 avril 2004

Résultats : Activité basale

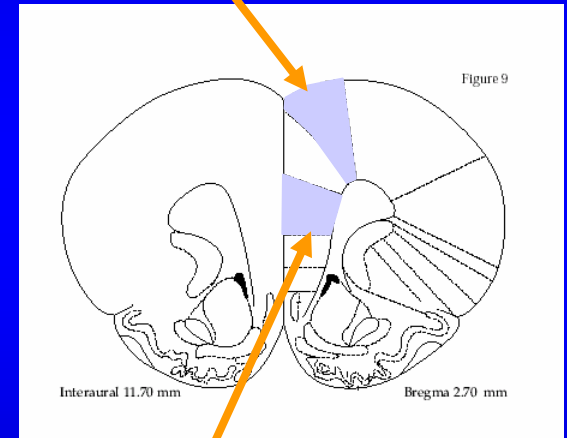


ANOVA, *post-hoc* Fisher, * $p < 0,05$;
 ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

Résultats : Exemples de marquage de la protéine Fos au niveau des cortex frontal et prélimbique

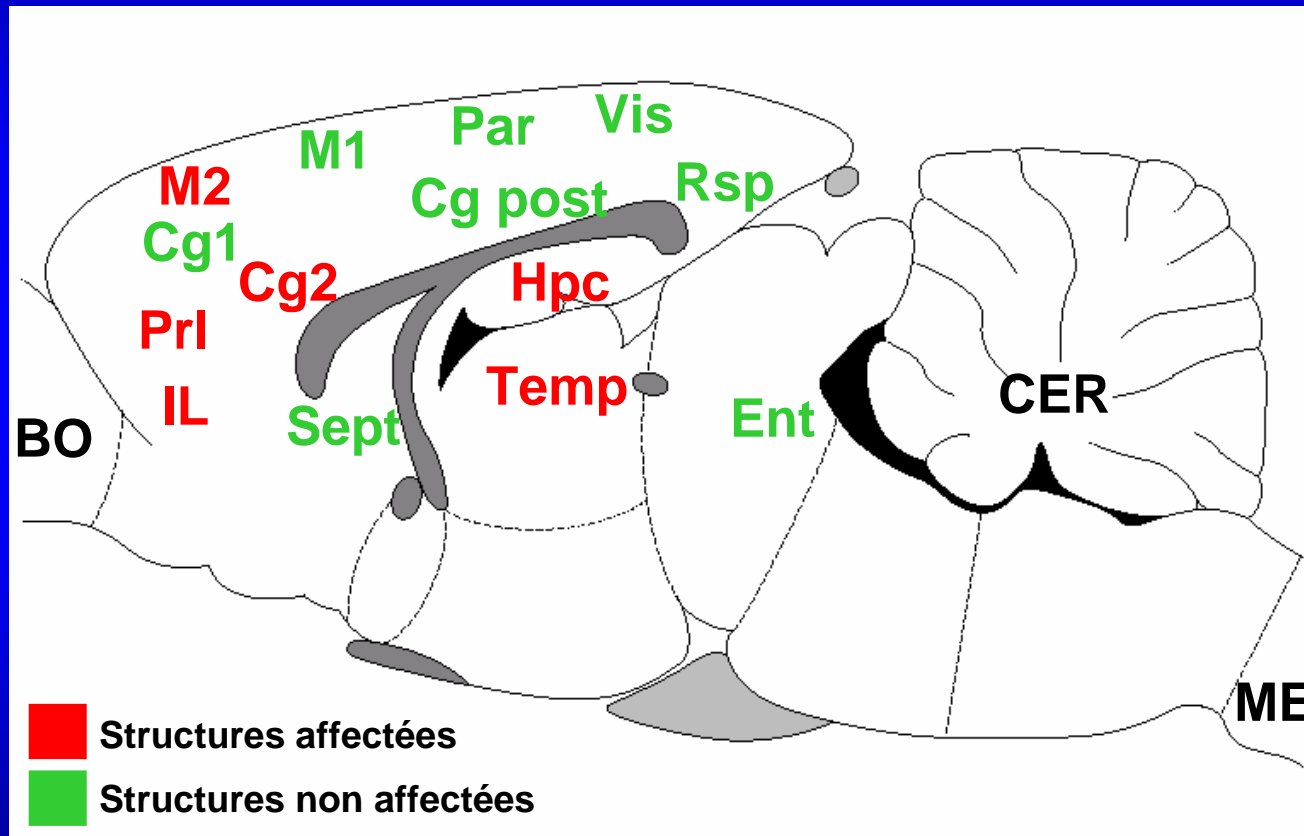


Cortex frontal (M2)



Cortex prélimbique

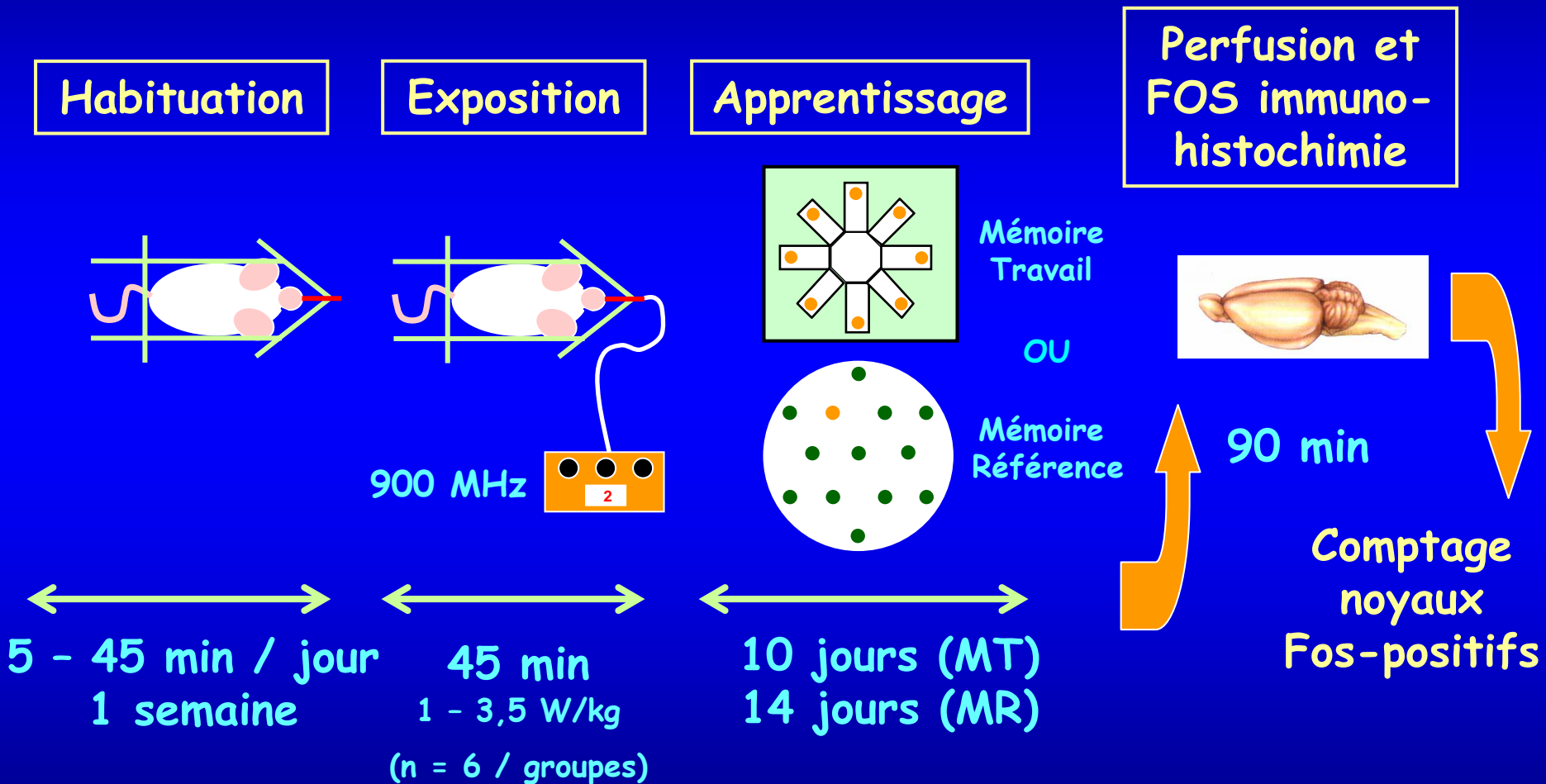
Résultats : Régions cérébrales affectées par une exposition aux ondes GSM 900 Mhz



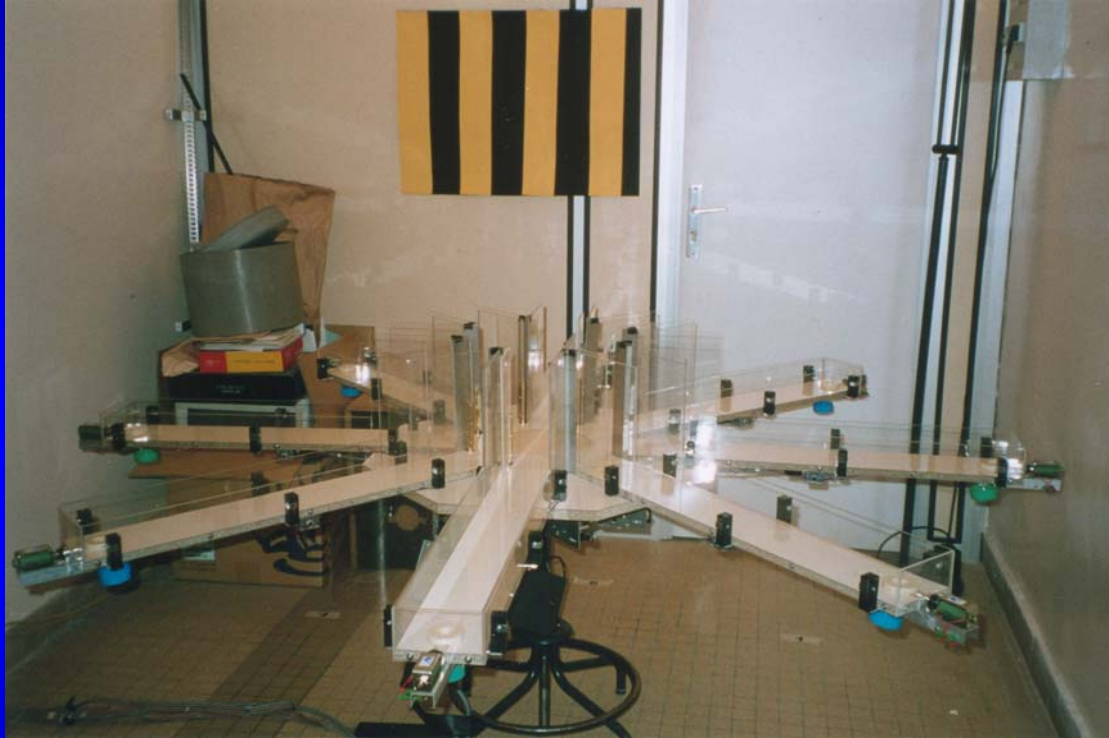
Conclusions

- La technique du c-fos a permis de détecter des modifications significatives de l'activité neuronale induites par l'exposition aux champs électromagnétiques :
 - Une exposition aiguë aux ondes GSM 900 MHz affecte de **façon différentielle** les régions cérébrales
 - Les modifications de l'activité neuronale sont « **doses-dépendantes** » avec une augmentation prépondérante au SAR de **1 W / Kg** chez les **animaux au repos** au exposés pendant 2 heures en continu
 - Les structures situées à la **périphérie du cerveau** (régions corticales) sont les plus sensibles aux rayonnements électromagnétiques

Protocole expérimental : épreuves comportementales



Tâche d'élimination (mémoire de travail spatiale)



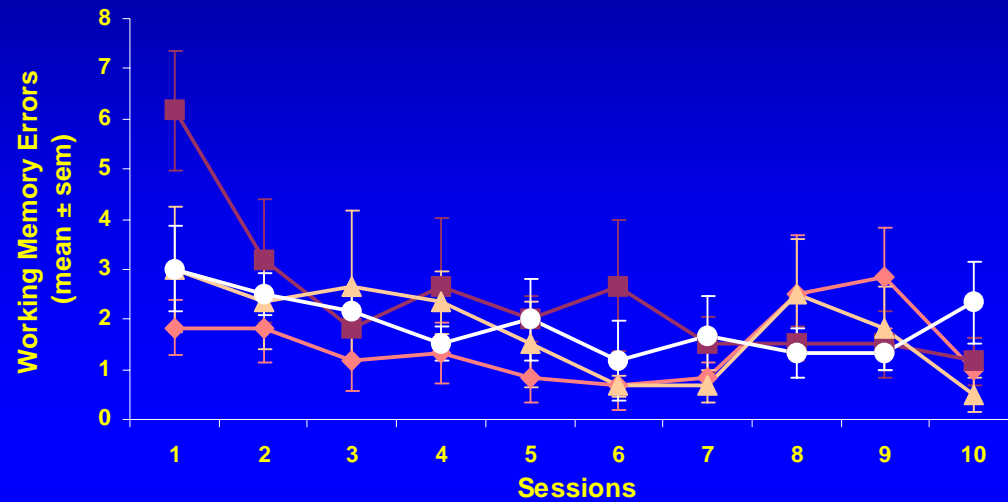
- Animaux soumis à 10 jours d'acquisition
- 1 essai quotidien
- Mémoriser la séquence de bras visités

Test de la piscine sèche (mémoire de référence spatiale)

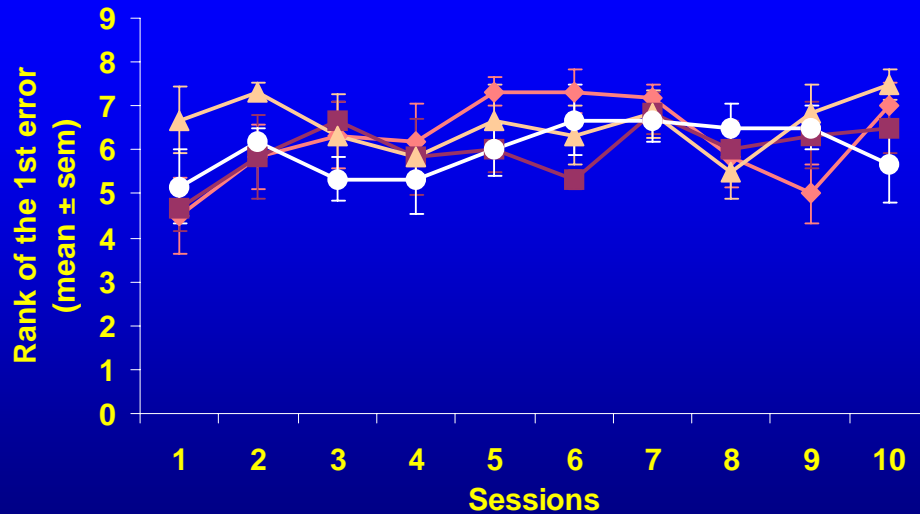


- Animaux soumis à 14 jours d'acquisition
- Séance quotidienne de 4 essais
- Mémoriser la position spatiale de la boîte appâtée

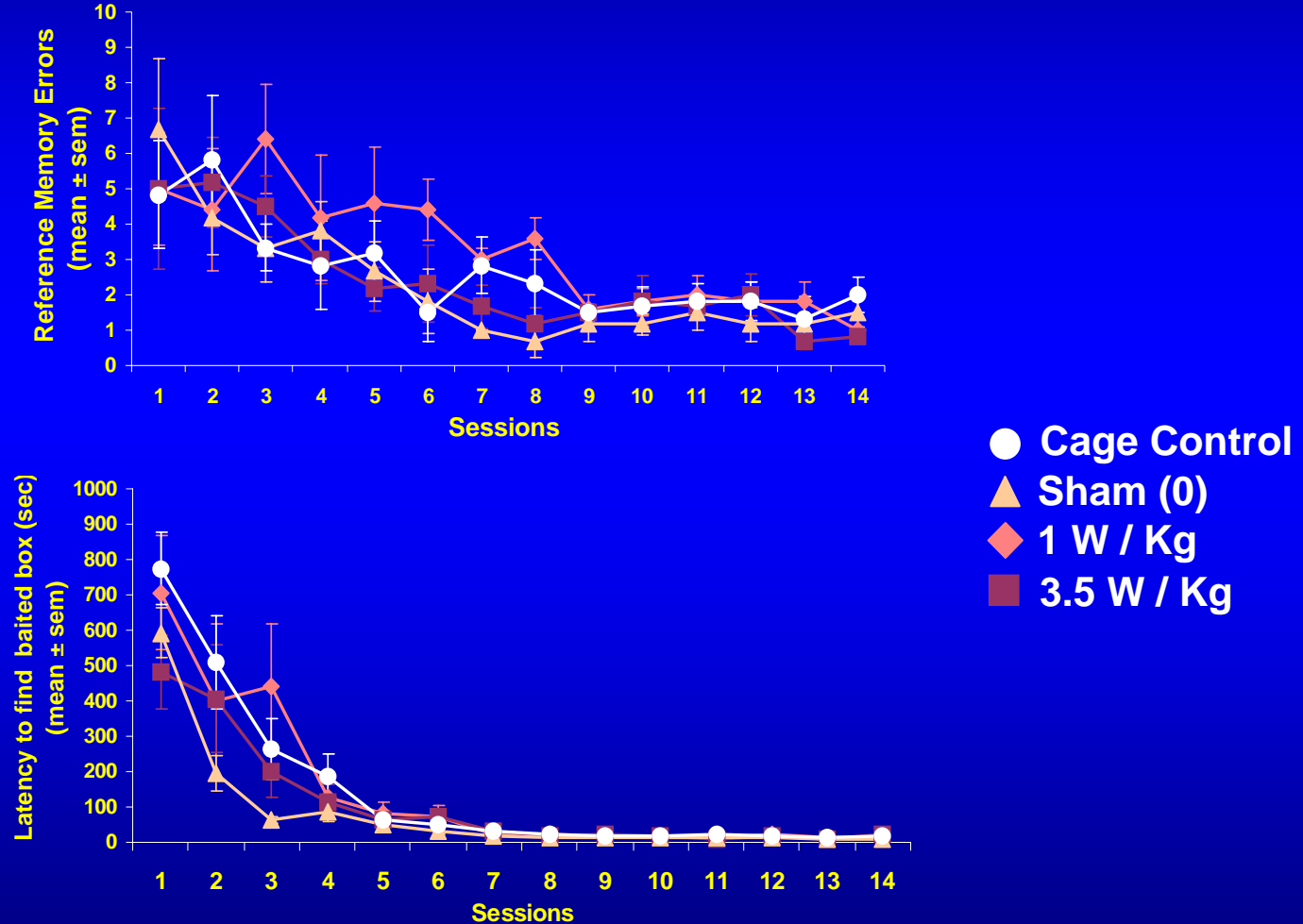
Epreuve de mémoire de travail



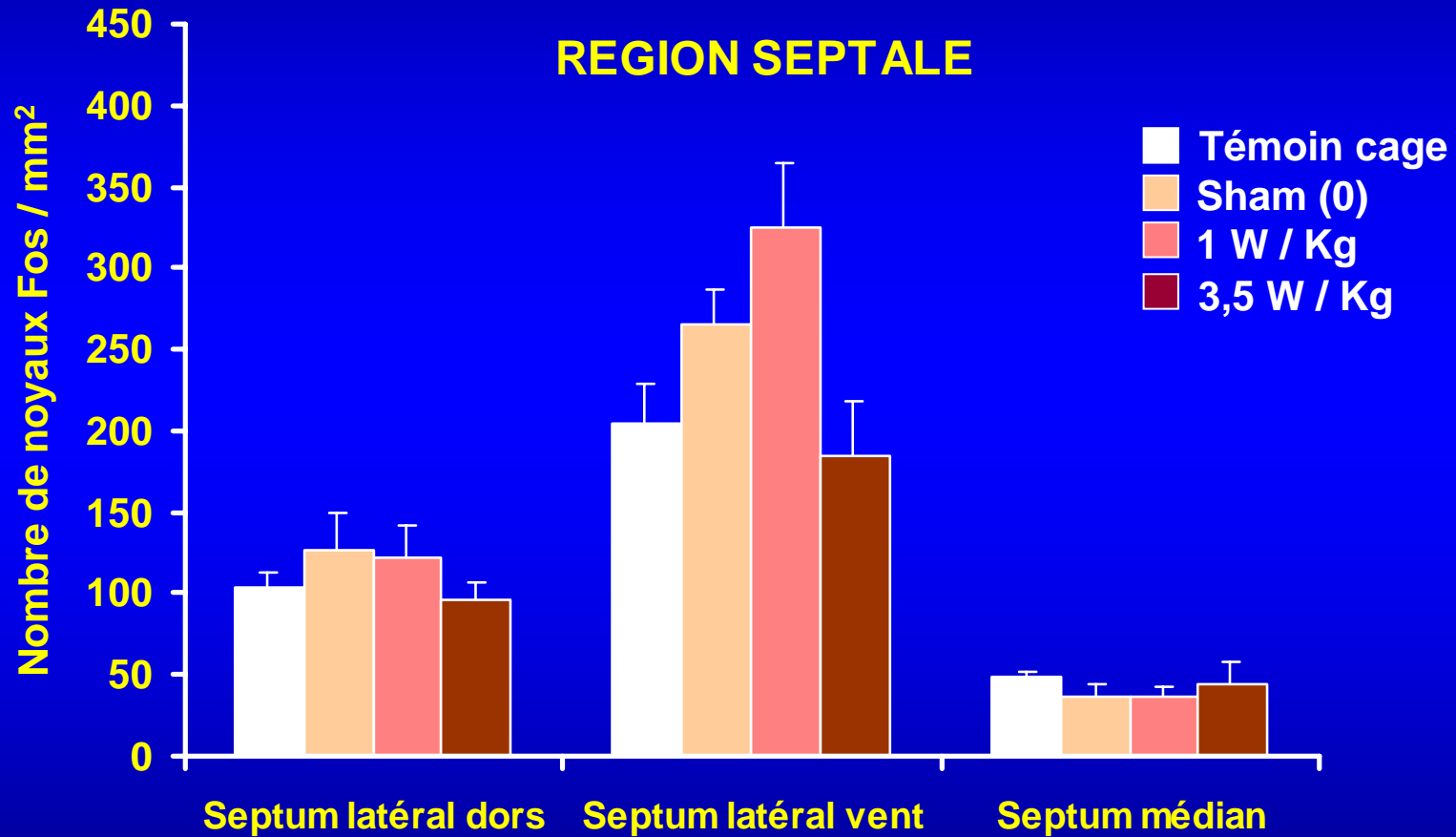
- Cage Control
- ▲ Sham (0)
- ◆ 1 W / Kg
- 3.5 W / Kg



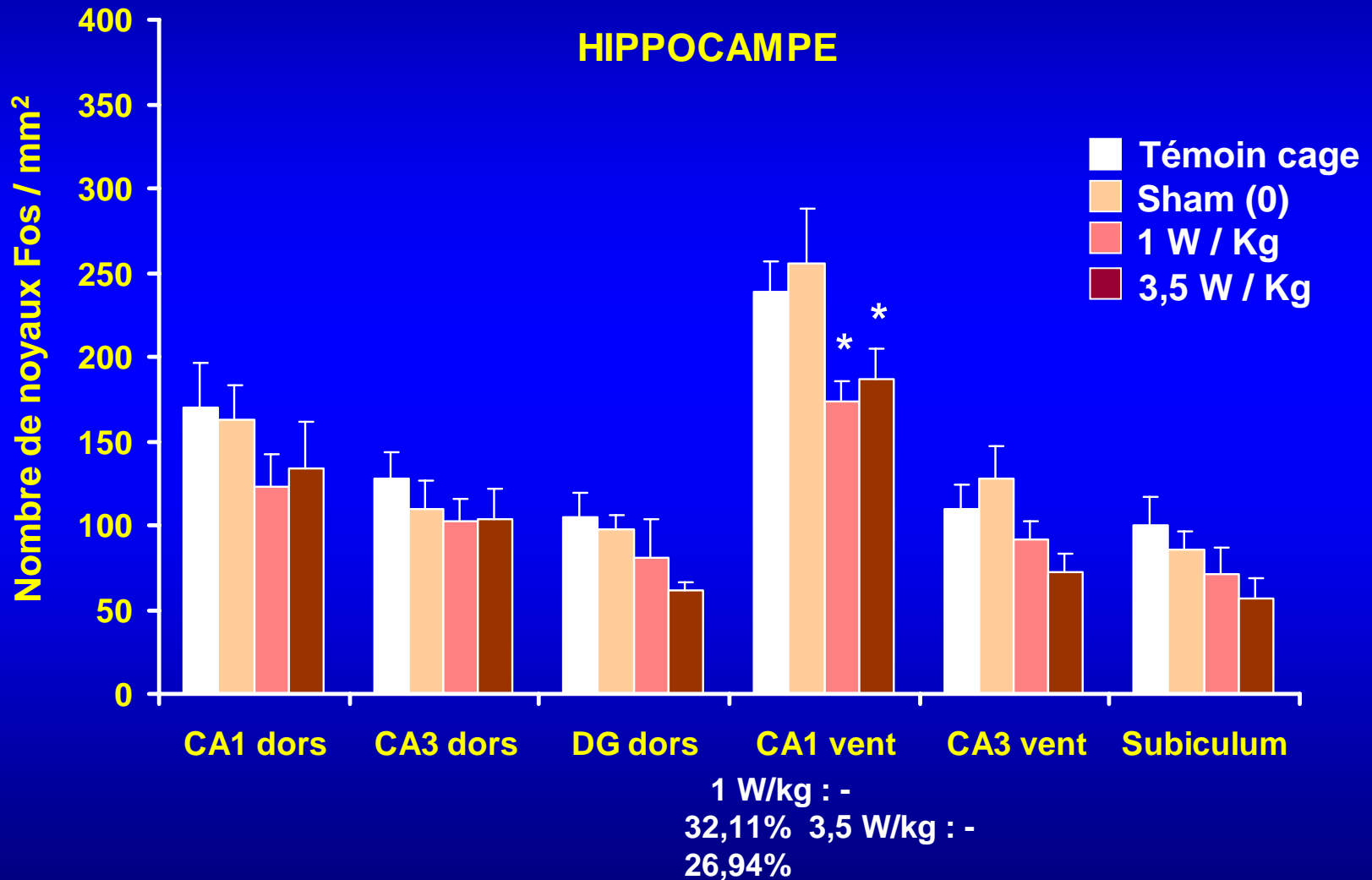
Epreuve de mémoire de référence



Résultats : Mémoire de travail

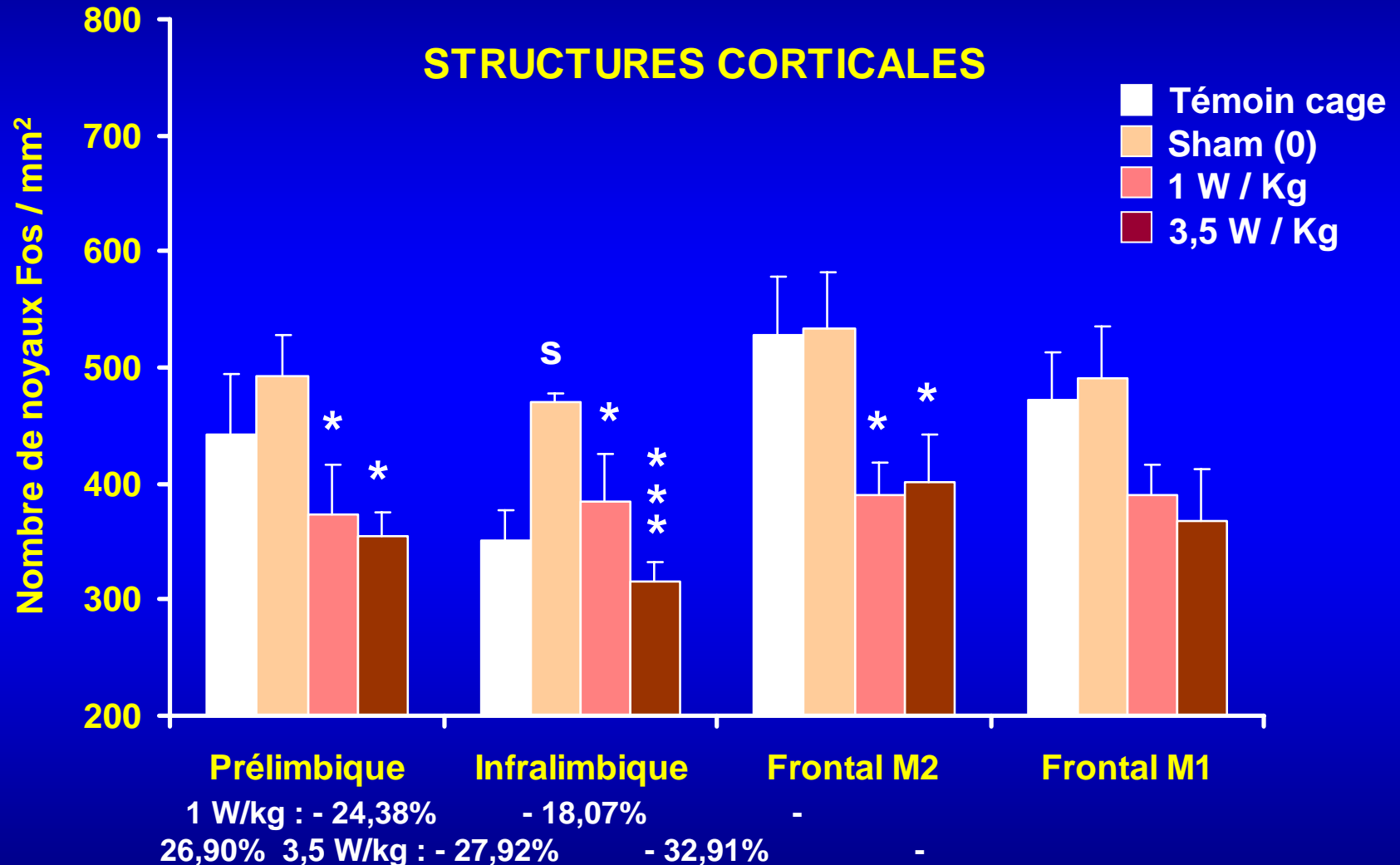


Résultats : Mémoire de travail



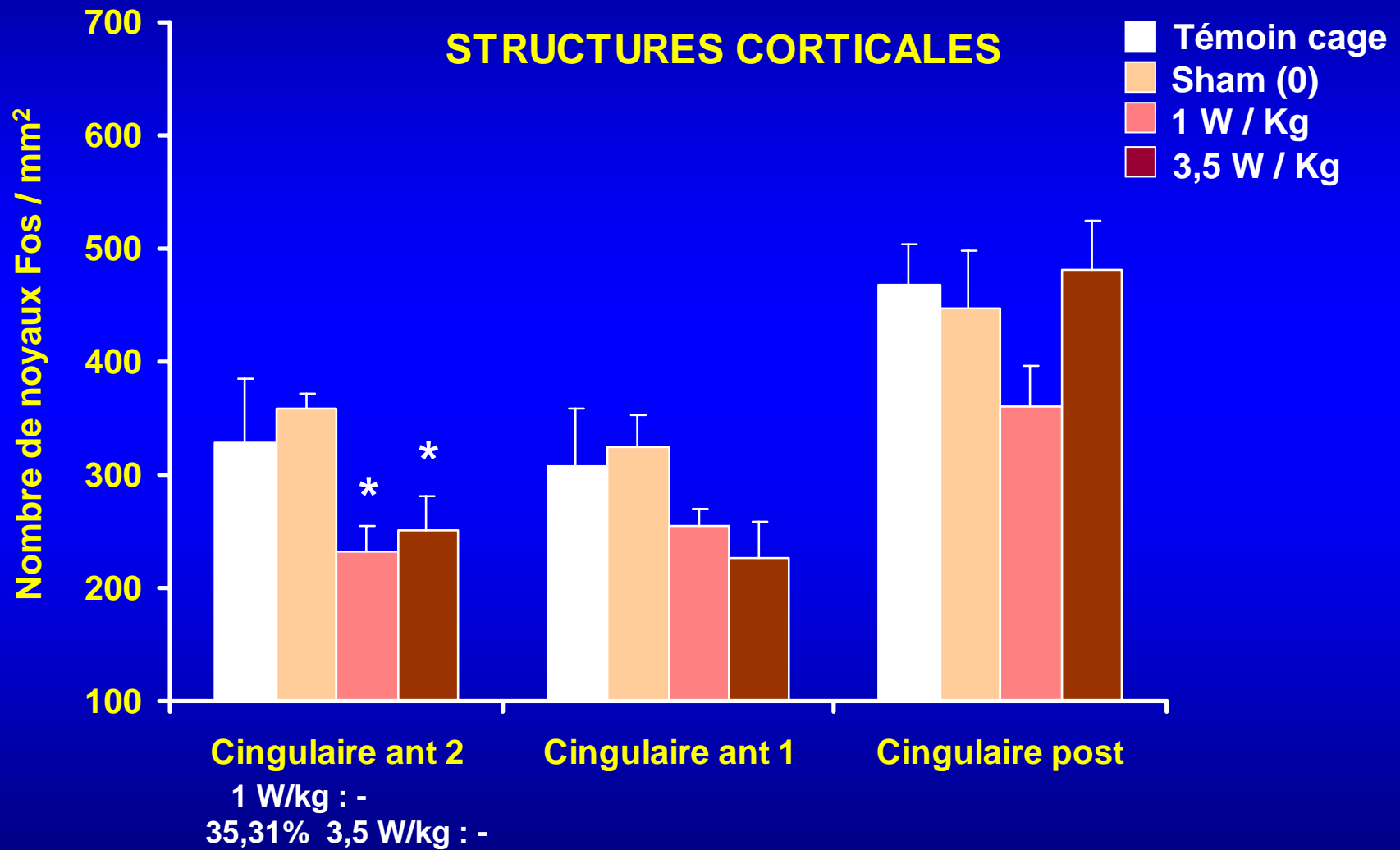
ANOVA, *post-hoc* Fisher, * $p < 0,05$

Résultats : Mémoire de travail



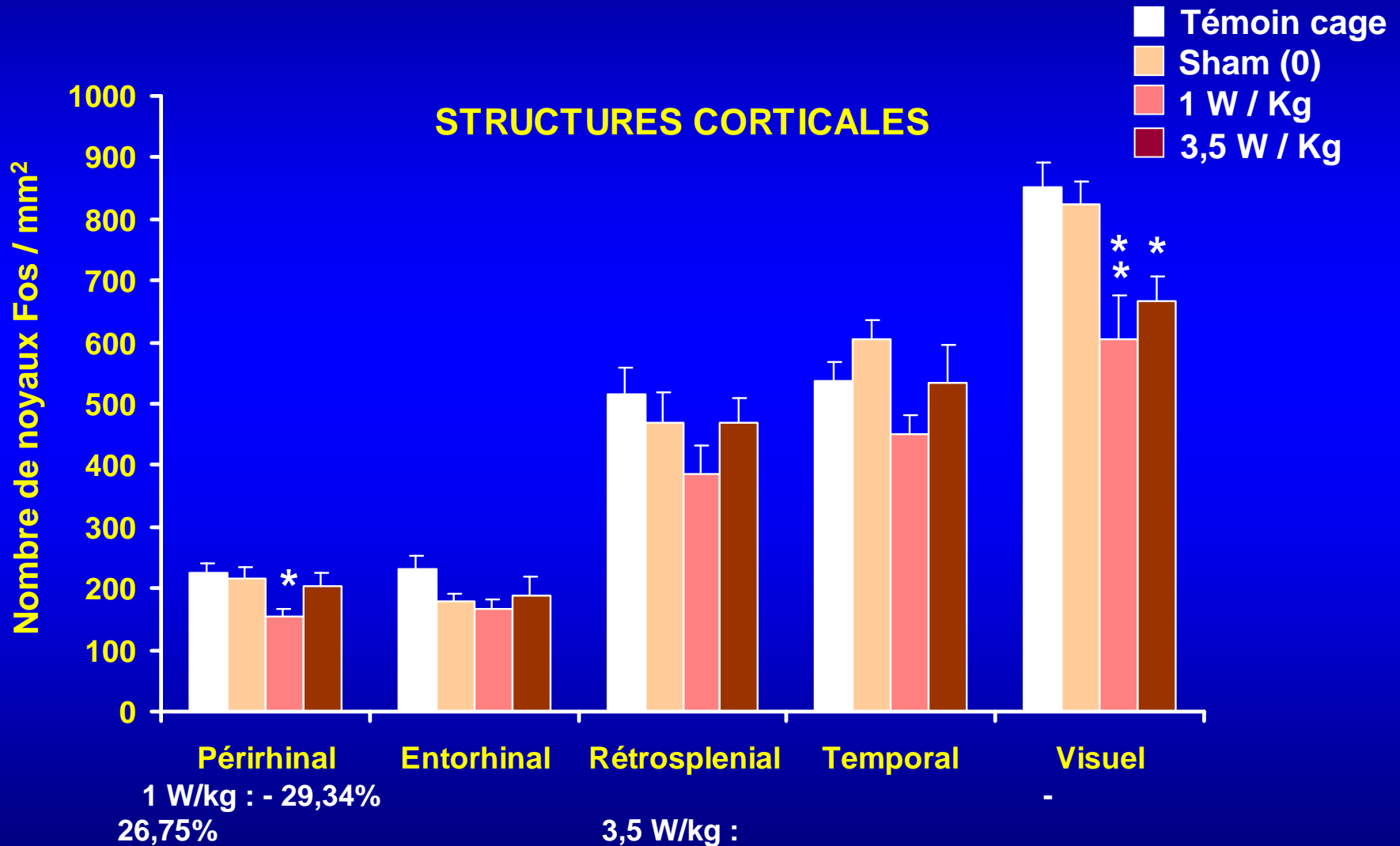
ANOVA, *post-hoc* Fisher, * $p < 0,05$;
 *** $p < 0,001$; s, $p < 0,05$ p.r. Tém cage

Résultats : Mémoire de travail



ANOVA, *post-hoc* Fisher, * p < 0,05

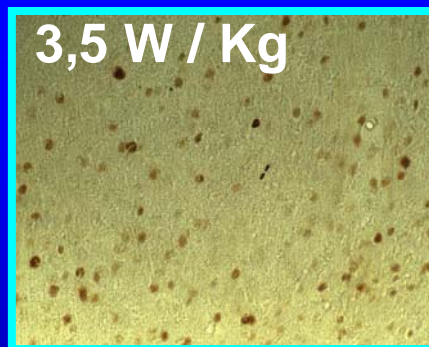
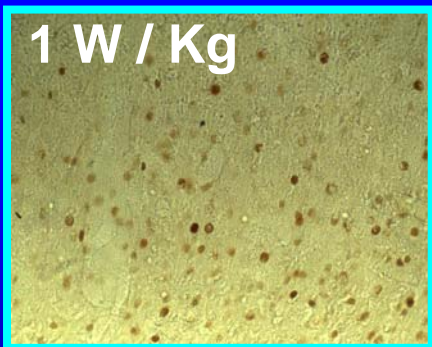
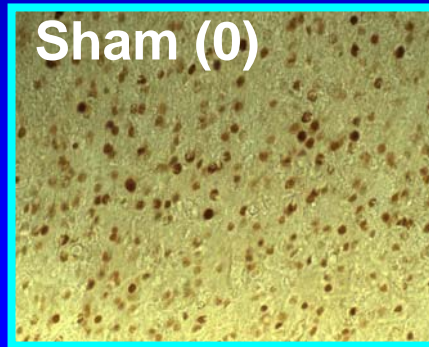
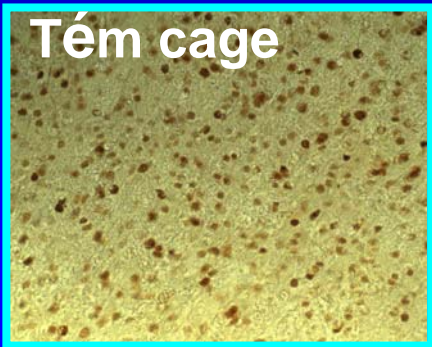
Résultats : Mémoire de travail



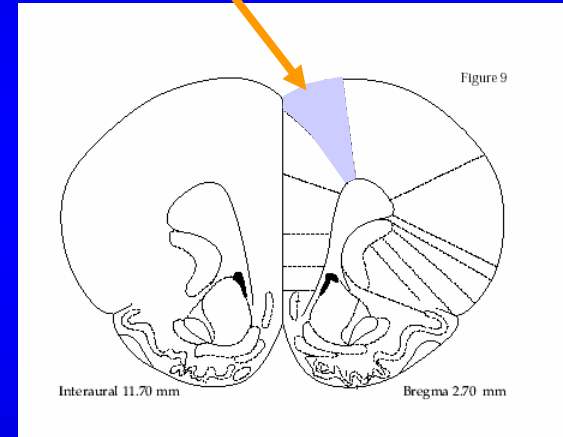
ANOVA, *post-hoc* Fisher, * $p < 0,05$;
** $p < 0,01$

Pessac, 14 avril 2004

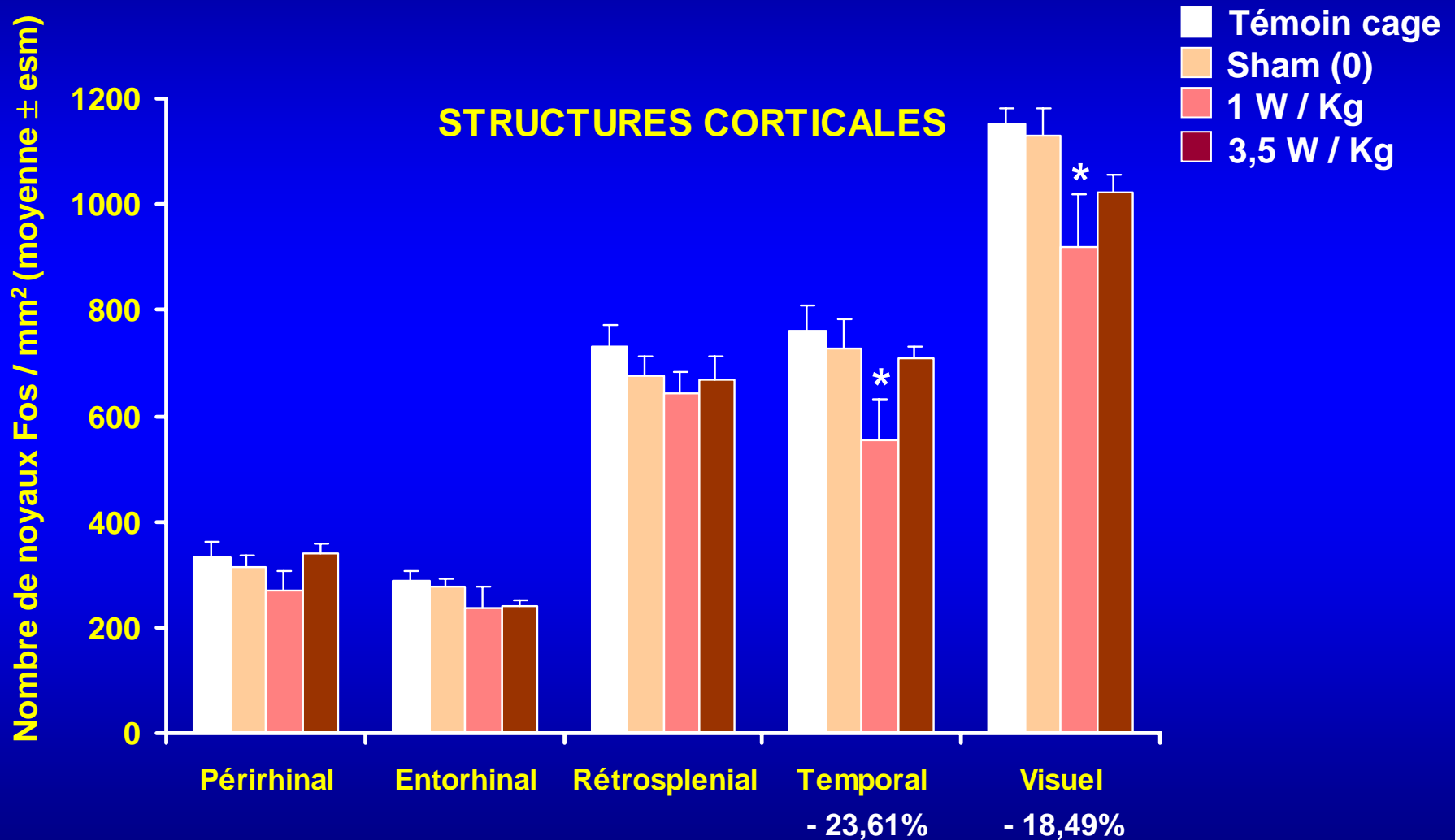
Résultats : Exemples de marquage de la protéine Fos au niveau du cortex frontal



Cortex frontal (M2)



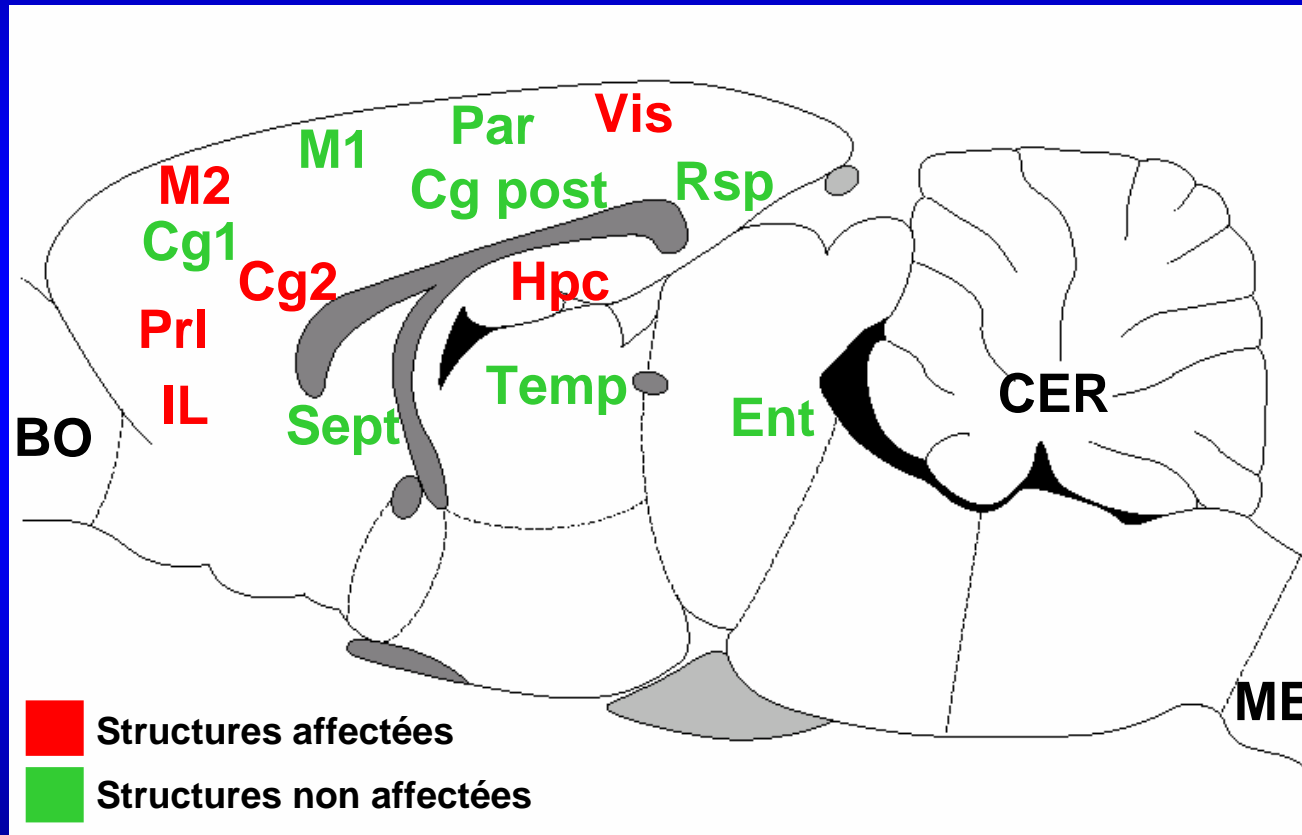
Résultats : Mémoire de référence



ANOVA, *post-hoc* Fisher, * $p < 0,05$

Pessac, 14 avril 2004

Résultats : Régions cérébrales affectées par une exposition aux ondes GSM 900 Mhz



Conclusions

- Chez l'animal placé en situation d'apprentissage, l'exposition aux ondes GSM induit un **déficit** dans la **capacité d'activation de certaines structures cérébrales** (principalement corticales) en réponse à la demande mnésique
 - Cette **hypoactivité neuronale n'est cependant pas suffisante** pour induire un déficit mnésique, en tout cas détectable dans les deux épreuves de mémoire utilisées
 - Utilisation d'épreuves comportementales présentant une **demande cognitive accrue** et mettant plus spécifiquement en jeu les **régions corticales** (mémoire à long terme, processus de consolidation mnésique...)

Conclusion générale

- Bien que les modifications de l'activité neuronale observées ne permettent pas de conclure à des effets nécessairement délétères sur le fonctionnement cérébral, ces résultats suggèrent néanmoins **l'existence de modifications importantes** de l'activité neuronale pouvant conduire à **une réorganisation des circuits cérébraux** en réponse aux ondes GSM
- Des expériences complémentaires utilisant des marqueurs plus spécifiques de la souffrance neuronale (GFAP, HSP70...) et visant également à étudier les effets d'une exposition chronique (semaines) aux ondes GSM sont nécessaires

Remerciements

Laboratoire PIOM, Pessac (CNRS UMR 5501)

- Rachid Anane
- Bernard Veyret

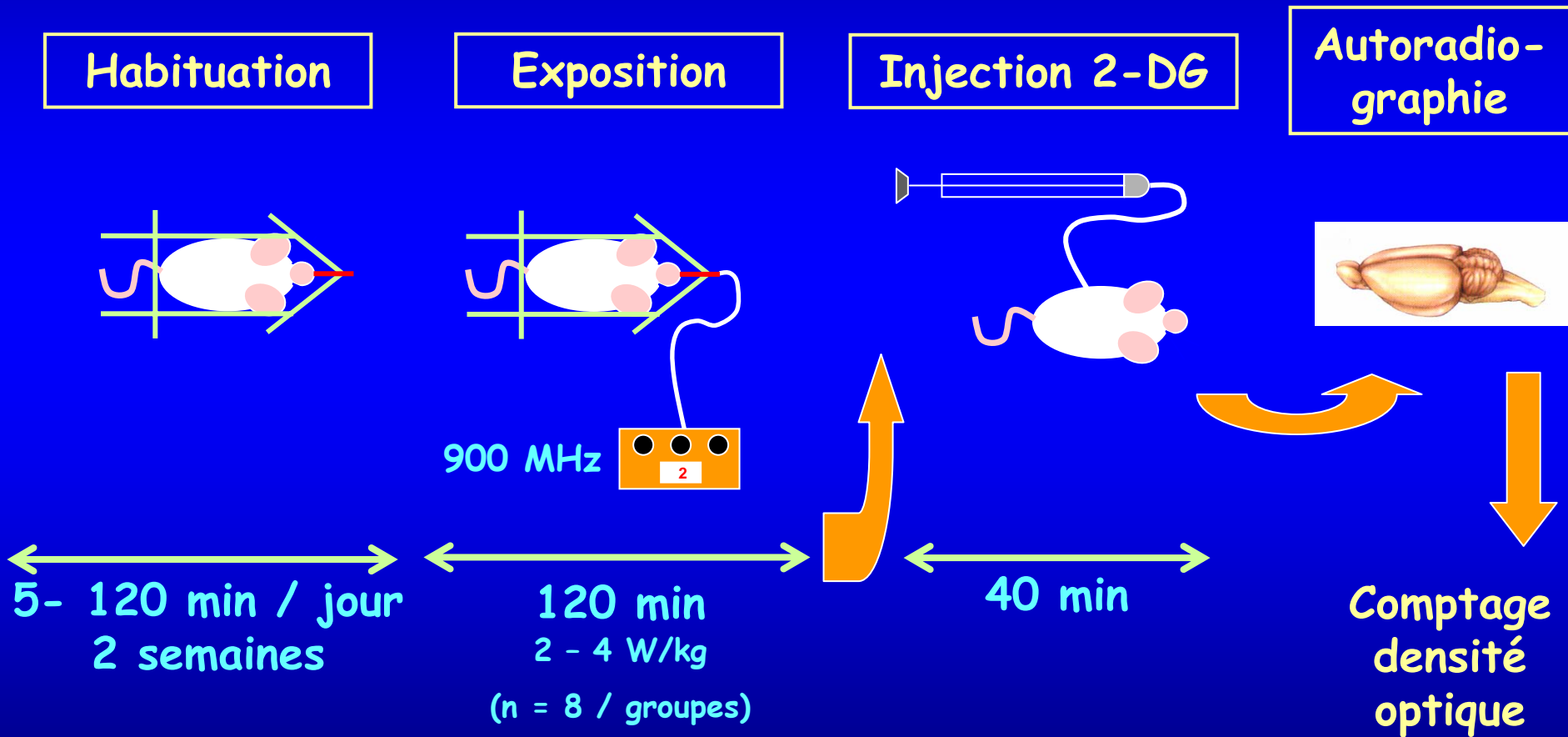
Laboratoire NAMC, Orsay (CNRS UMR 8620)

- Diane Dubreuil
- Jean-Marc Edeline

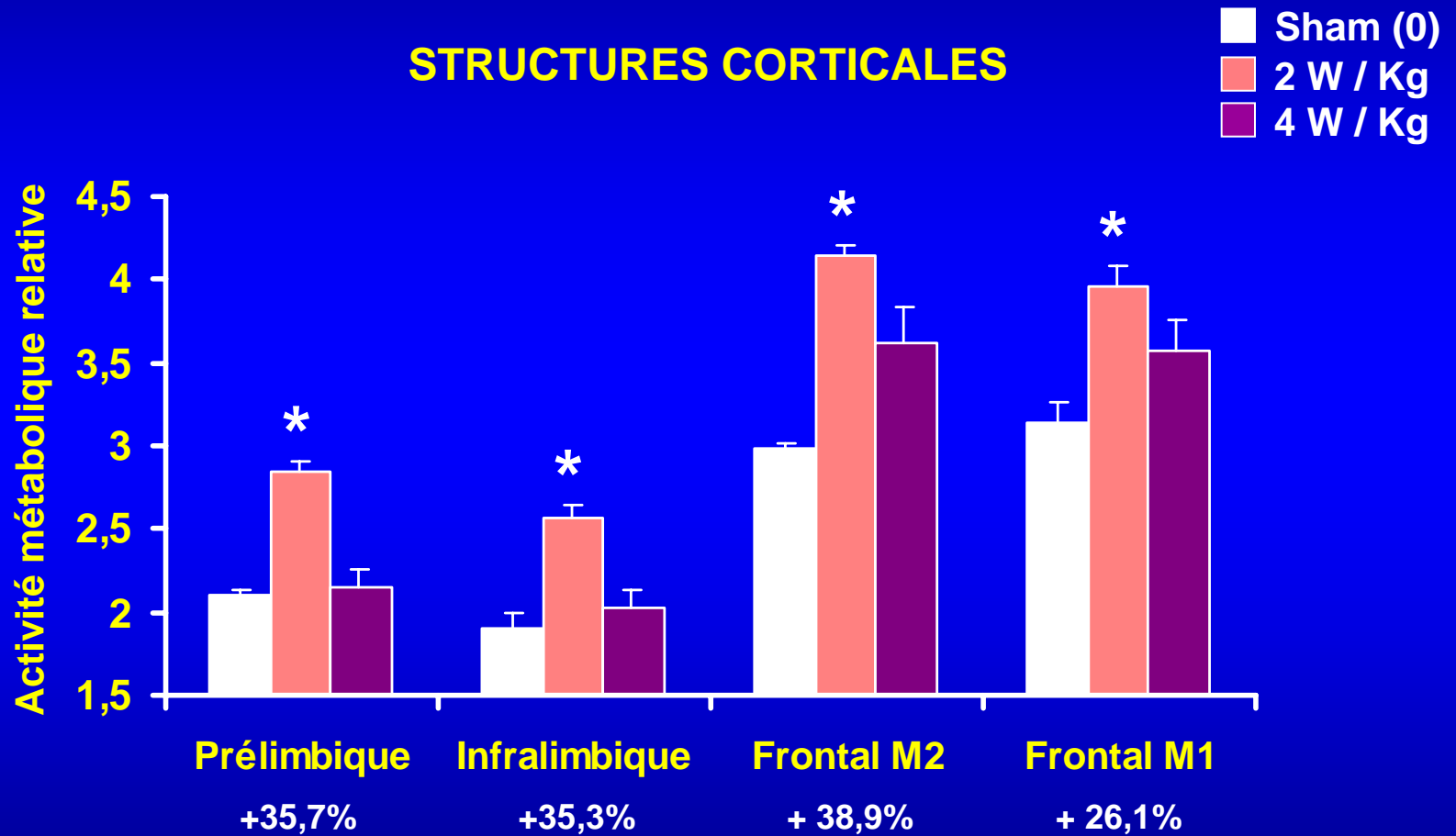
Laboratoire de Physiopathologie des Maladies Psychiatriques, Paris (INSERM E0117)

- Thérèse Jay

Protocole expérimental 2-DG : Activité basale (repos)



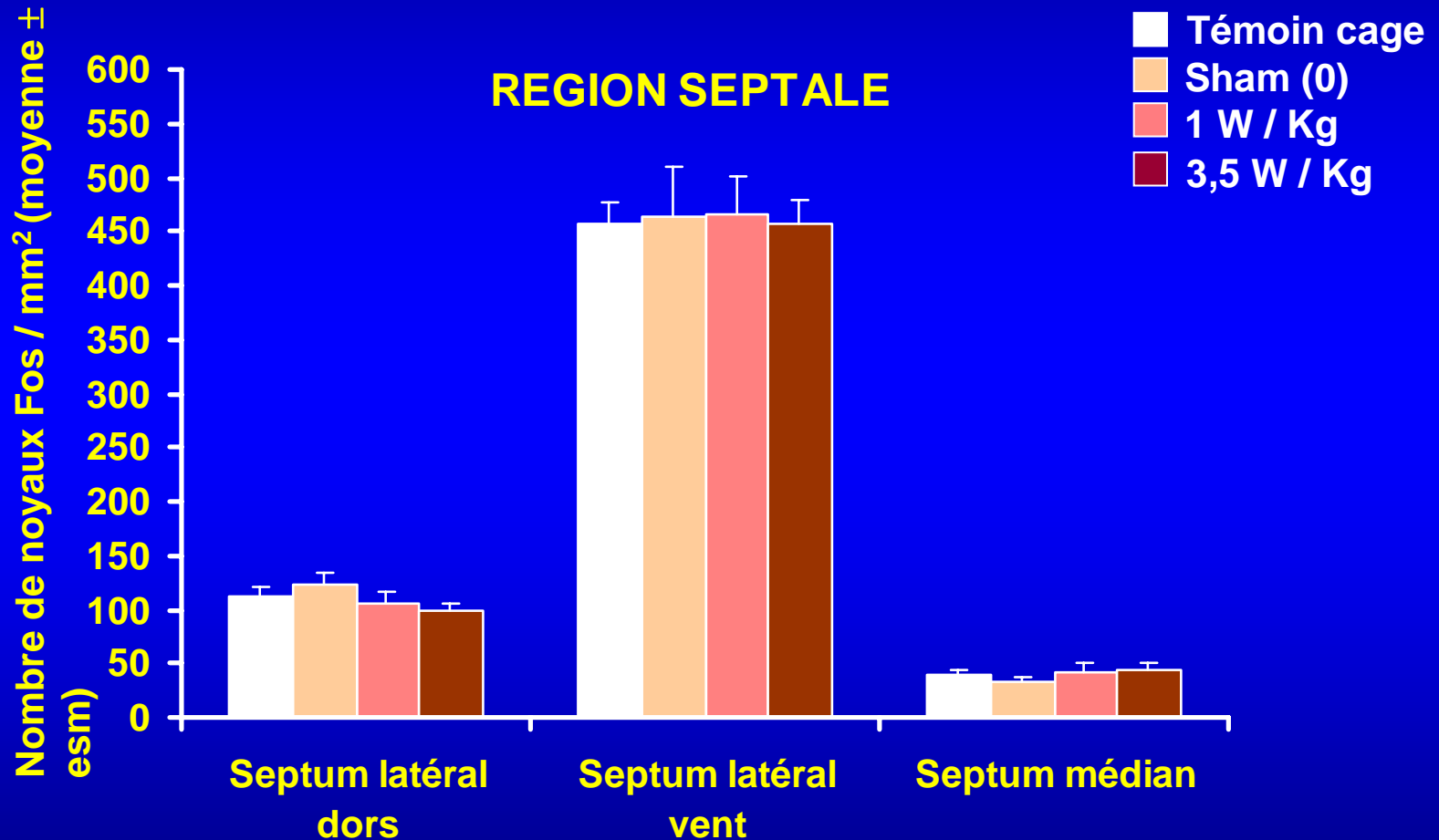
Résultats : Activité basale



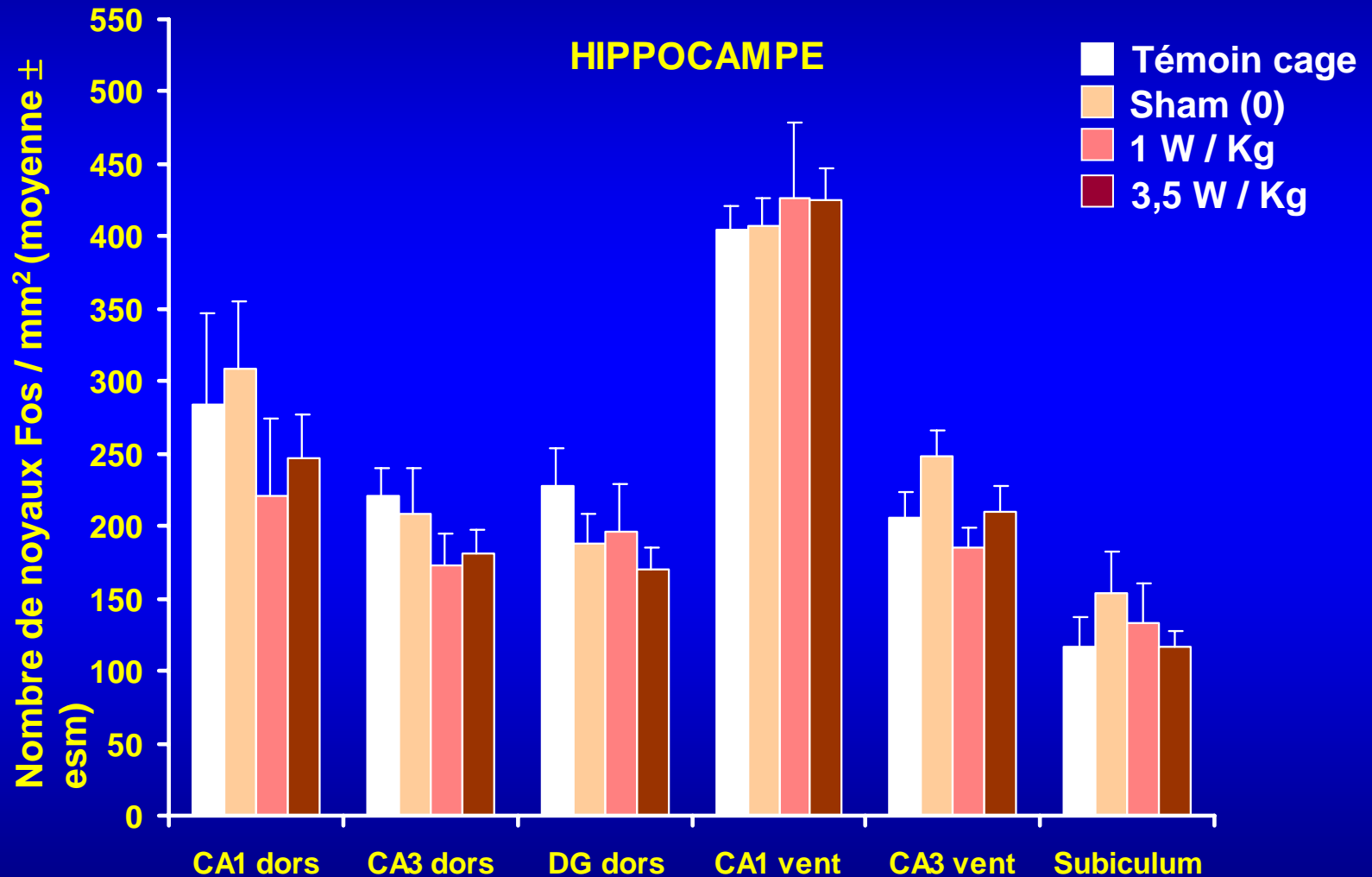
ANOVA, *post-hoc* Fisher, * $p < 0,05$

Pessac, 14 avril 2004

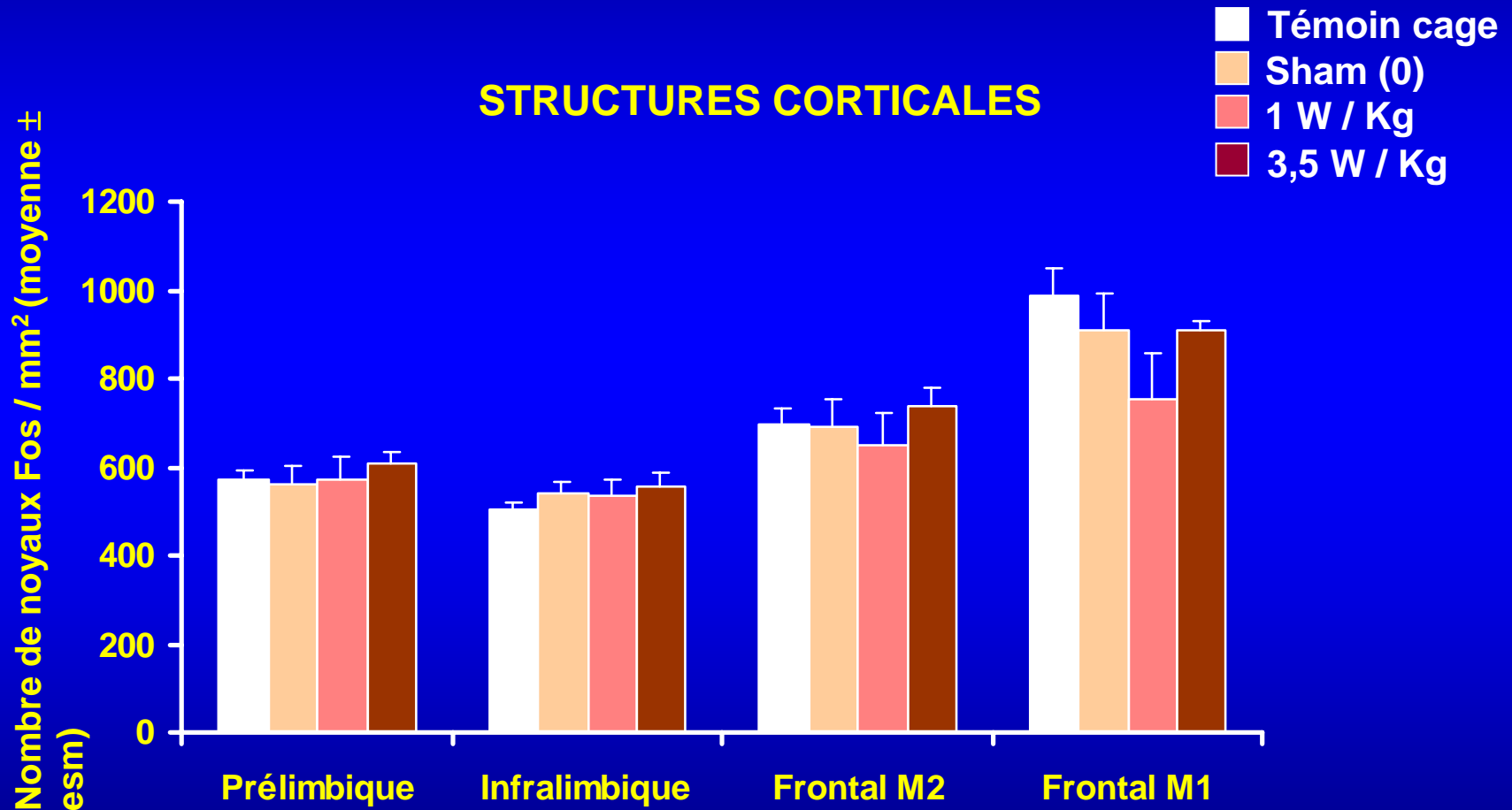
Résultats : Mémoire de référence



Résultats : Mémoire de référence



Résultats : Mémoire de référence



Résultats : Mémoire de référence

