

# Barrière hémato-encéphalique et téléphones mobiles

Date de la mise à jour : 18.02.2003

## L'essentiel...

La barrière hémato-encéphalique joue un rôle prépondérant dans la protection du cerveau. Une augmentation de sa perméabilité peut avoir des conséquences néfastes pour les cellules nerveuses.

De nombreuses études ont été menées, uniquement chez l'animal, sur l'effet des radiofréquences sur la perméabilité de la barrière hémato-encéphalique :

- Les études anciennes concluent à une augmentation de la perméabilité lors de l'exposition aux radiofréquences ; elles ont été réalisées le plus souvent à des niveaux d'exposition engendrant des effets thermiques, considérés alors comme responsables de l'augmentation de cette perméabilité.
- Les résultats des études récentes, réalisées avec des fréquences similaires à celles de la téléphonie mobile, sont contradictoires, difficiles à interpréter car ils feraient intervenir des effets non-thermiques, et peu comparables car les méthodes utilisées (niveaux et durée d'exposition, ...) sont différentes.

Les résultats des études menées à ce jour ne permettent donc pas de tirer des conclusions définitives, notamment parce que l'extrapolation de leurs résultats de l'animal à l'homme est délicate

## Généralités sur la barrière hémato-encéphalique

### Définition et localisation

La barrière hémato-encéphalique (BHE), aussi appelée barrière sang-cerveau, est une « membrane » séparant les vaisseaux sanguins (capillaires, essentiellement) des neurones cérébraux [cellules nerveuses]. La BHE existe dans presque toutes les régions du cerveau.

Elle a comme particularité d'être quasi imperméable aux différentes molécules et substances circulant dans l'organisme. La raison de cette faible perméabilité est la façon dont les cellules de la paroi des capillaires cérébraux sont disposées les unes par rapport aux autres. En effet, ces cellules sont liées par des jonctions dites « serrées », assurant donc une étanchéité complète entre elles. Cette structure est spécifique aux capillaires cérébraux (Figure 1).

### Fonctions

De part sa structure, la BHE possède plusieurs fonctions.

Elle régule les transferts **du sang vers le cerveau** par :

- Passage sélectif de certaines substances comme l'eau, l'oxygène, le dioxyde de carbone, le glucose, (principale source d'énergie des neurones) ou de quelques acides aminés indispensables pour la synthèse de protéines. Ce passage peut s'effectuer grâce à des transporteurs spécifiques.
- Imperméabilité aux protéines plasmatiques ainsi qu'à de nombreuses molécules de grande taille, pouvant être potentiellement toxiques pour les neurones.

D'autre part, la BHE constitue un obstacle à la fuite de neurotransmetteurs **du cerveau vers le sang**.

Schématiquement, on peut comparer la BHE à un filtre très sélectif. Ce rôle, en contribuant au maintien et à la régulation du milieu dans lequel « baignent » les neurones, participe à **l'isolement et à la protection du cerveau**.

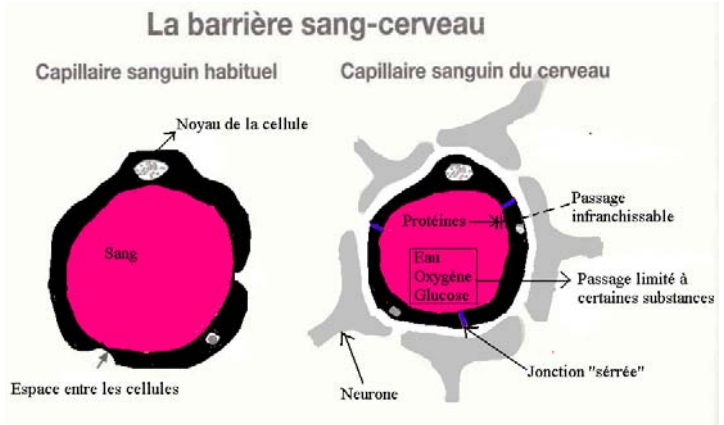


Figure 1 : Structure des capillaires du cerveau

### Pathologies

La BHE est susceptible de devenir anormalement perméable dans diverses circonstances : inflammation, irradiation, présence d'une tumeur cérébrale, etc.

La conséquence de cette **perméabilité anormale** est alors la **pénétration dans le cerveau de substances** habituellement exclues et **pouvant être néfastes** pour les neurones.

# Rôle des téléphones mobiles sur la perméabilité de la BHE

## Effets biologiques des champs électromagnétiques (radiofréquence)

Une onde de radiofréquence (ou micro-onde, microwave en anglais) qui entre en contact avec du tissu vivant est susceptible de créer deux types d'effet :

- Effets thermiques : ils sont engendrés par l'exposition à des champs de forte intensité. Ils se traduisent par une augmentation de la température du corps ou du tissu exposé et peuvent entraîner, chez l'animal, des modifications du système nerveux ou du système de reproduction.
- Effets non thermiques ou spécifiques : d'autres effets ont été décrits qui ne paraissent pas être dus à un dégagement de chaleur. Ils ont été rapportés pour de faible densité de puissance ( $< 1 \text{ mW/cm}^2$ ) et avec un Débit d'Absorption Spécifique (DAS) faible ( $< 1 \text{ W/Kg}$ ) (Tableau 1).

Les effets thermiques peuvent entraîner une augmentation de la perméabilité de la BHE. Cependant les effets non thermiques sont aussi soupçonnés d'augmenter cette perméabilité. Dans le cas des fréquences liées aux téléphones mobiles, ce sont ces effets non thermiques qui seraient à considérer.

Tableau 1 : Débit d'absorption spécifique

### Débit d'absorption spécifique (DAS)

Le DAS représente la puissance absorbée dans les tissus par unité de masse. Il est exprimé en Watts/Kg.

Lorsque le corps entier est exposé au rayonnement, le **DAS moyen** est défini comme le rapport entre la puissance totale absorbée par l'individu et sa masse.

Lorsqu'une partie du corps est particulièrement soumise au rayonnement, le DAS est également évalué sur une masse de référence. Dans ce cas, une valeur de DAS plus élevée peut être tolérée localement à condition que le DAS moyen ne soit pas dépassé.

### Restrictions de base en cours actuellement pour le public dans les bandes de fréquences de la téléphonie mobile

DAS corps entier : 0,08 W/Kg

DAS local (cerveau) : 2 W/Kg

Ces limites ne doivent pas être dépassées.

## Historique

Depuis une vingtaine d'années, de nombreuses études expérimentales sur des animaux ont étudié les effets des radiofréquences sur la perméabilité de la BHE. Leurs résultats montraient une augmentation de la perméabilité de la BHE lors de l'exposition aux radiofréquences (1-7). Toutefois, cette augmentation était le plus souvent observée pour des fréquences de 2450 MHz, avec des DAS élevés, associés à une augmentation de la température corporelle (1-3), suggérant un lien avec des effets thermiques.

Depuis l'apparition des téléphones mobiles, les recherches ont été réorientées sur les fréquences de 900 MHz (et de 1500 MHz dans certains pays).

## Téléphones mobiles et BHE

Les études citées ont été sélectionnées sur les critères suivants : fréquences étudiées correspondant aux fréquences de téléphonie mobile, études les plus souvent référencées dans les articles consacrés à la BHE. Ce sont toutes des études expérimentales réalisées sur des animaux, *in vivo* (Tableau 2).

Parmi les études publiées dans des revues scientifiques :

- certaines sont en faveur d'une augmentation de la perméabilité de la BHE lors de l'exposition aux radiofréquences. Persson (9) et Salford (10) ont montré que les radiofréquences continues ou pulsées (915MHz, DAS cerveau : 0,016 à 5 W/Kg) augmentaient la perméabilité de la BHE à l'albumine (protéine plasmatique) chez les rats exposés. L'augmentation était nette pour la plus haute valeur de DAS, mais non négligeable au dessous de 0,1 W/Kg.
- d'autres retrouvaient une perméabilité de la BHE uniquement pour des DAS élevés ou des durées d'exposition importantes. Fritze (11) a montré que les radiofréquences des téléphones mobiles (900 MHz) augmentaient la perméabilité de la BHE à l'albumine pour un DAS cerveau égal à 7,5 W/Kg chez des rats exposés dans un « carrousel ». Finnie (12) n'a rapporté qu'une augmentation négligeable de la perméabilité chez des souris exposées de façon prolongée (1 heure, 5 jours/semaine, pendant 104 semaines) à des radiofréquences de type GSM.
- d'autres encore ne retrouvent aucune perméabilité de la BHE : Tsurita (13) chez des rats exposés à un champ de 1439 MHz 1 heure, 5 jours/semaine pendant 2 ou 4 semaines pour un DAS cerveau de 2 W/Kg, et Finnie (14), dans une précédente étude, pour une durée d'exposition d'une heure seulement à un DAS corps entier de 4 W/Kg.

Une étude encore non publiée\*, réalisée par le Pr. Aubineau au cours du programme COmmunication MObile et BIOlogie (COMOBIO), conclut : « l'exposition de la tête de rats à un signal de type GSM 900 MHz à des niveaux de DAS de 2 W/Kg moyennés sur l'ensemble du cerveau peut induire une perméabilisation des vaisseaux sanguins intracrâniens, aussi bien dans la dure-mère [enveloppe du cerveau risquant d'être plus exposée aux radiofréquences car située plus près du téléphone mobile] que dans le cerveau [...]. Pour l'exposition des rats à des niveaux de DAS cérébral de 0,5 W/Kg, l'influence des ondes se réduit considérablement dans le cerveau mais demeure importante dans la dure-mère. » Ces résultats préliminaires suggèrent que ce type de radiofréquences pourrait engendrer un processus inflammatoire localisé en particulier dans la dure-mère et pourrait alors être en relation avec des crises de migraine chez des personnes prédisposées.

\* ces résultats sont disponibles sur : [www.tsi.enst.fr/comobio](http://www.tsi.enst.fr/comobio)

## Limites de ces études

Un certain nombre de difficultés concernant ces études expérimentales doivent être soulevées.

L'appréciation de diverses expériences dans leur globalité se heurte aux problèmes suivants :

- Variabilité des niveaux et des durées d'exposition.
- Définition imprécise des DAS cerveau.
- Problème de l'anesthésique employé, modifiant la thermorégulation de l'animal et ayant parfois une action directe sur la BHE.

- Evaluation imprécise ou inexistante de variables physiologiques, comme le stress chez l'animal, pouvant modifier la perméabilité BHE.

La plus grande complexité est l'extrapolation des résultats de ces études de l'animal à l'homme (15).

Tableau 2 : Etudes expérimentales *in vivo* considérant l'exposition des radiofréquences et la perméabilité de la BHE, publiées dans des revues scientifiques

Auteurs	Exposition	Modèle	Marqueurs	Principaux résultats
Persson <i>et al.</i> 1992 (9)	915 MHz pulsé / continu	Rats	Bleu d'Evans Albumine Fibrinogène	Augmentation de la perméabilité
Salford <i>et al.</i> 1994 (10)	915 MHz pulsé pendant 2 heures ➤ DAS cerveau : 0,016 à 5 W/Kg	Rats	Albumine Fibrinogène	Augmentation de la perméabilité pour l'albumine Pas d'augmentation pour le fibrinogène
Fritze <i>et al.</i> 1997 (11)	900 MHz pulsé / continu pendant 4 heures ➤ DAS cerveau : 0,3 à 7,5 W/Kg	Rats	Albumine	Augmentation de la perméabilité pour DAS = 7,5 W/Kg Pas d'augmentation de la perméabilité pour DAS < 7,5 W/Kg Réversibilité de la perméabilité
Tsurita <i>et al.</i> 2000 (13)	1439 MHz pendant 1 heure, 5 jours par semaine pendant 2 ou 4 semaines. ➤ DAS cerveau : 2 W/Kg ➤ DAS moyen corps entier : 0,25 W/Kg	Rats	Bleu d'Evans Albumine	Pas d'augmentation de la perméabilité
Finnie <i>et al.</i> 2001 (14)	898,4 MHz pendant 1 heure ➤ DAS corps entier : 4,0 W/Kg	Souris	Albumine	Pas d'augmentation significative de la perméabilité
Finnie <i>et al.</i> 2002 (12)	900 MHz pendant 1 heure, 5 jours par semaine, pendant 104 semaines ➤ DAS corps entier : 0,25 à 4,0 W/Kg	Souris	Albumine	Augmentation négligeable de la perméabilité

## Références

1. Frey AH, Feld SR, Frey B. Neural function and behavior: defining the relationship. *Ann N Y Acad Sci* 1975;247:433-9.
2. Oscar KJ, Hawkins TD. Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats. *Brain Res* 1977;126(2):281-93.
3. Albert EN, Kerns JM. Reversible microwave effects on the blood-brain barrier. *Brain Res* 1981;230(1-2):153-64.
4. Lin JC, Lin MF. Studies on microwave and blood-brain barrier interaction. *Bioelectromagnetics* 1980;1(3):313-23.
5. Goldman H, Lin JC, Murphy S, Lin MF. Cerebrovascular permeability to 86Rb in the rat after exposure to pulsed microwaves. *Bioelectromagnetics* 1984;5(3):323-30.
6. Neubauer C, Phelan AM, Kues H, Lange DG. Microwave irradiation of rats at 2.45 GHz activates pinocytotic-like uptake of tracer by capillary endothelial cells of cerebral cortex. *Bioelectromagnetics* 1990;11(4):261-8.
7. Moriyama E, Salzman M, Broadwell RD. Blood-brain barrier alteration after microwave-induced hyperthermia is purely a thermal effect: I. Temperature and power measurements. *Surg Neurol* 1991;35(3):177-82.
8. Lin JC, Lin MF. Microwave hyperthermia-induced blood-brain barrier alterations. *Radiat Res* 1982;89(1):77-87.
9. Persson BR, Salford LG, Brun A, Eberhardt JL, Malmgren L. Increased permeability of the blood-brain barrier induced by magnetic and electromagnetic fields. *Ann N Y Acad Sci* 1992;649:356-8.
10. Salford LG, Brun A, Stureson K, Eberhardt JL, Persson BR. Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50, and 200 Hz. *Microsc Res Tech* 1994;27(6):535-42.
11. Fritze K, Sommer C, Schmitz B, Mies G, Hossmann KA, Kiessling M, et al. Effect of global system for mobile communication (GSM) microwave exposure on blood-brain barrier permeability in rat. *Acta Neuropathol (Berl)* 1997;94(5):465-70.
12. Finnie JW, Blumbergs PC, Manavis J, Utteridge TD, Gebiski V, Davies RA, et al. Effect of long-term mobile communication microwave exposure on vascular permeability in mouse brain. *Pathology* 2002;34(4):344-7.
13. Tsurita G, Nagawa H, Ueno S, Watanabe S, Taki M. Biological and morphological effects on the brain after exposure of rats to a 1439 MHz TDMA field. *Bioelectromagnetics* 2000;21(5):364-71.
14. Finnie JW, Blumbergs PC, Manavis J, Utteridge TD, Gebiski V, Swift JG, et al. Effect of global system for mobile communication (GSM)-like radiofrequency fields on vascular permeability in mouse brain. *Pathology* 2001;33(3):338-40.
15. Commission de la sécurité des consommateurs. Deuxième avis relatif à la téléphonie mobile. Décembre 2002.