

**MARS 2024 – VOL. 13 N° 2**

**CONNECTIVITÉ FONCTIONNELLE DE L'HIPPOCAMPE AN-  
TÉRIEUR ET POSTÉRIEUR DANS L'ÉPILEPSIE FOCALE  
PHARMACO-RÉSISTANTE**

Clémentine POULIOT\*, Florence COUTURE, Nicolas ROY & Philippe ALBOUY

*École de psychologie, Université Laval*

*\*[clementine.pouliot.1@ulaval.ca](mailto:clementine.pouliot.1@ulaval.ca)*

**Pour citer l'article**

Pouliot, C., Couture, F., Roy, N. & Albouy, P. (2024). Connectivité fonctionnelle de l'hippocampe antérieur et postérieur dans l'épilepsie focale pharmaco-résistante *Psycause : Revue scientifique étudiante de l'École de psychologie de l'Université Laval*, 13(2), 22-25.

# CONNECTIVITÉ FONCTIONNELLE DE L'HIPPOCAMPE ANTÉRIEUR ET POSTÉRIEUR DANS L'ÉPILEPSIE FOCAL PHARMACO-RÉSISTANTE

Clémentine POULIOT\*, Florence COUTURE, Nicolas ROY & Philippe ALBOUY

École de psychologie, Université Laval

\*clementine.pouliot.1@ulaval.ca

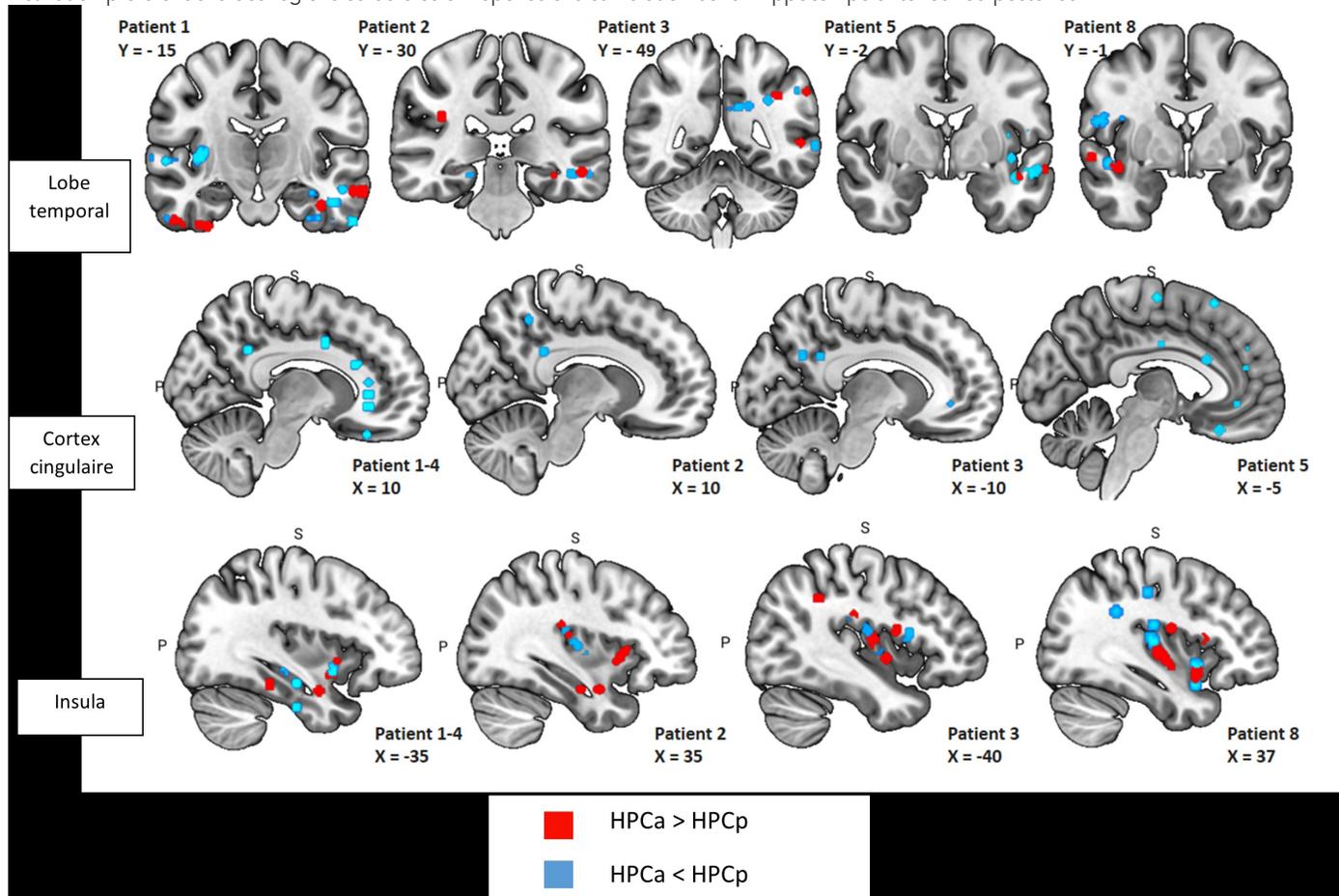
**Mots-clés:** Connectivité fonctionnelle, hippocampe, épilepsie focale pharmaco-résistante, stéréo-électroencéphalographie

L'épilepsie focale pharmaco-résistante (EFPR) est caractérisée par de l'activité électrique anormale dans un hémisphère du cerveau causant des crises soudaines, lesquelles résistent aux traitements pharmacologiques. Afin de réduire les crises, une chirurgie de la région responsable, la zone épileptogène (ZE), est parfois proposée. Cette chirurgie nécessite un bilan pré-chirurgical avec implantation d'électrodes intracérébrales (stéréo-électroencéphalographie, SEEG) chez les patients afin de localiser la ZE. Ces dernières permettent la stimulation intracrânienne et l'enregistrement des réponses cérébrales.

La chirurgie de la ZE cible souvent l'hippocampe (HPC) en raison de sa forte association avec l'épilepsie du lobe temporal. L'HPC joue un rôle important dans la mémoire, la navigation spatiale et la régulation des émotions (Andersen et al., 2007). Il est de plus en plus reconnu que ses régions antérieure (HPCa) et postérieure (HPCp) sont impliquées dans des fonctions cognitives différentes (Poppenk et al., 2013). Des profils de connectivité fonctionnelle distincts rapportés par des études de neuro-imagerie non invasive pourraient expliquer cette spécialisation. La connectivité fonctionnelle implique la synchronisation de groupes de neurones situés

**Figure 1**

Activation préférentielle des régions cérébrales en réponse à la stimulation dans l'hippocampe antérieur ou postérieur



Note. Cerveau MNI sur lequel sont représentés les points de contact des électrodes qui répondent à la stimulation dans l'HPC. Les régions en rouge répondent préférentiellement à la stimulation dans l'HPCa (par rapport à l'HPCp) et les régions en bleu répondent préférentiellement à une stimulation dans l'HPCp (par rapport à l'HPCa). Le cortex cingulaire et le cortex pariétal répondent préférentiellement à une stimulation de l'HPCp, alors qu'un grand recouvrement est observé dans l'insula. Il n'y a pas de sujet 4 parce qu'il s'agit du même sujet que le 1, en raison d'une réimplantation chez ce patient. Les sujets 6 et 7 ne sont pas représentés parce qu'ils ont été exclus des analyses pour des raisons techniques. Les autres sujets non représentés (8 pour le cortex cingulaire, 5 pour l'insula et pour le cortex pariétal) n'avaient pas de point de contact répondant préférentiellement à l'HPCa ou l'HPCp pour cette région donnée.

**Tableau 1**

Comparaison du nombre de contacts répondant significativement à la stimulation dans l'hippocampe antérieur et postérieur et valeur d'activation moyenne

Région AAL3	Hippocampe antérieur		Hippocampe postérieur		Différence d'activation HPCa - HPCp
	Nombre de contacts significatifs	Valeur d'activation moyenne	Nombre de contacts significatifs	Valeur d'activation moyenne	
Gyrus cingulaire postérieur	4	6.5	2	25.5	-19.0
Gyrus supra-marginal	6	3.3	9	20.9	-17.6
Pôle temporal: gyrus temporal supérieur	10	6.8	8	20.3	-13.5
Opuscule rolandique	33	3.5	52	9.2	-5.7
Gyrus pariétal supérieur	3	1.3	4	5.0	-3.7
Gyrus rectus	2	3.0	5	6.6	-3.6
Insula	172	7.0	146	10.5	-3.5
Gyrus orbital postérieur	1	1.0	8	4.1	-3.1
Gyrus frontal supérieur - médian	7	1.3	13	4.1	-2.8
Noyau lenticulaire-Putamen	28	5.7	28	8.2	-2.5
Gyrus fusiforme	71	5.7	22	7.5	-1.8
Gyrus frontal moyen	1	1.0	4	2.8	-1.8
Gyrus postcentral	3	3.0	3	4.7	-1.7
Gyrus frontal supérieur dorsolatéral	1	2.0	5	3.6	-1.6
Hippocampe	53	8.4	29	9.8	-1.5
Précunéus	2	2.0	5	3.4	-1.4
Cortex cingulaire antérieur-supracallosal	2	1.5	14	2.6	-1.1
Gyrus frontal inférieur - partie triangulaire	5	1.4	13	2.5	-1.1
Gyrus parahippocampique	13	7.2	10	8.2	-1.0
Gyrus temporal inférieur	86	5.8	34	6.7	-0.9
IFG pars orbitallis	1	1.0	7	1.9	-0.9
Cortex cingulaire antérieur-prégénual	2	2.0	12	2.3	-0.3
Pôle temporal : gyrus temporal moyen	5	1.4	4	1.5	-0.1
Gyrus précentral	6	2.0	13	2.1	-0.1
Gyrus occipital moyen	1	1.0	1	1.0	0.0
Amygdale	11	3.4	5	3.2	0.2
Aire motrice supplémentaire	2	1.5	3	1.0	0.5
Gyrus cingulaire et paracingulaire moyens	11	6.3	17	5.6	0.6
Gyrus temporal moyen	140	10.1	73	7.0	3.1
Gyrus temporal supérieur	35	9.3	32	5.4	3.9
Gyrus lingual	2	7.0	3	1.7	5.3
Gyrus frontal inférieur - partie operculaire	3	13.7	13	6.8	6.8
Gyrus angulaire	0	N/A	5	13.8	N/A
Cortex cingulaire antérieur-subgénual	0	N/A	3	1.3	N/A
Gyrus orbital médian	0	N/A	4	3.8	N/A
Lobule paracentral	0	N/A	1	1.0	N/A
Gyrus pariétal supérieur	0	N/A	1	13.0	N/A
N/A	5	4.2	8	10.6	N/A
Total	727		619		

Note. Représente le nombre de contacts qui enregistrent une activité significative lors de la stimulation dans l'hippocampe antérieur et postérieur. Une différence d'activation positive représente une valeur d'activation plus grande dans l'hippocampe antérieur, alors qu'une différence d'activation négative représente une valeur d'activation plus grande dans l'hippocampe postérieur.

à différents endroits du cerveau (Fingelkurts et al., 2005). L'HPCa serait plus connecté avec les aires préfrontales et temporales alors que l'HPCp serait plus connecté aux aires cingulaire et pariétale inférieures (Poppenk et al., 2013). La présente étude vise à préciser cette distinction grâce à des approches de stimulations intracrâniennes associées à la mesure directe de l'activité intracrânienne par la SEEG. Plus précisément, cette étude vise à définir les régions cérébrales répondant préférentiellement à la stimulation dans l'une ou l'autre des divisions de l'HPC.

## Méthode

Les données proviennent de 5 patients (3 femmes et 2 hommes, âge moyen de 29 ans, 6.9 ÉT) atteints d'ÉFPR, implantés avec des électrodes pour une SEEG en préparation d'une intervention chirurgicale à l'Hôpital Enfant-Jésus, CHU de Québec, Université Laval. Entre 12 à 18 électrodes, ayant 10 à 15 points de contact dont au moins un dans l'HPCa et un dans l'HPCp, sont implantées par patient. Les contacts dans l'HPC sont catégorisés en suivant la division proposée par Poppenk et al. (2013); en coordonnées MNI (x, y, z), l'HPCa se situe à  $y \geq -21$  et l'HPCp à  $y \leq -22$ . Afin de délimiter la ZE, l'équipe médicale stimule chaque contact de chaque électrode à 1 Hz pendant 30 s pour provoquer des crises similaires à celles observées naturellement. Les données enregistrées sont ensuite importées dans Brainstorm avec un filtre coupe-bande à 60, 120 et 180 Hz.

Les analyses visent à identifier les contacts répondant préférentiellement à la stimulation dans l'HPCa et dans l'HPCp. Pour chaque patient, chaque contact situé dans l'HPC (contacts A) est païré à chaque contact situé ailleurs dans le cerveau (contacts B). Pour chaque stimulation des contacts A, des fenêtres temporelles sont délimitées de - 30 s à + 30 s, où le temps zéro correspond au début de la stimulation. Chaque période pré-stimulation (- 30 à 0 s), correspondant à la période de référence, et chaque période de stimulation (0 à 30 s) sont utilisées pour produire des cartes temps-fréquence (TF) normalisées selon la période de référence. Des tests-t corrigés par Bonferroni (dans le temps et les fréquences) sont ensuite appliqués à ces cartes pour déceler les variations significatives d'énergie du signal par rapport à la période de référence.

La force d'activation enregistrée sur le contact B en réponse à la stimulation du contact A est calculée en additionnant les valeurs T significatives de la carte TF associée à la paire A-B, puis en divisant le résultat par le nombre de test-t réalisés par carte. Ensuite, pour chaque contact B, la force d'activation en réponse à la stimulation de l'HPCp est soustraite de celle de l'HPCa.

## Résultats et discussion

La Tableau 1 présente le nombre de contacts qui répondent significativement à la stimulation dans l'HPCa et l'HPCp et la force moyenne d'activation. La dernière colonne présente la connectivité préférentielle des régions échantillonnées selon la différence des valeurs d'activation moyenne. Les résultats appuient partiellement ceux de Poppenk et al. (2013) : les régions synchronisant préférentiellement leur activité avec l'HPCa sont les gyros frontal inférieur (IFG), lingual, temporal moyen et temporal supérieur. Les régions se synchronisant préférentiellement à l'HPCp sont le pôle temporal, l'opuscule rolandique et les gyros cingulaire postérieur, pariétal inférieur, supramarginal, angulaire, rectus et orbital médian.

Ainsi, la résection de l'HPCa ou de l'HPCp pourrait entraîner des conséquences distinctes sur le fonctionnement cognitif des patients en fonction de leur profil de connectivité. Par exemple, l'IFG gauche est une structure impliquée dans la production de la parole et l'IFG droit dans le contrôle attentionnel (Emch et al., 2019). La résection de l'HPCa pourrait donc affecter la récupération d'information verbale pertinente. La connectivité du gyrus cingulaire postérieur à l'HPCp soutient la mémoire visuelle chez des patients épileptiques (Barnett et al., 2019), indiquant que la résection de l'HPCp pourrait altérer cette fonction (Barnett et al., 2019).

L'insula et le lobe temporal se synchronisent autant à la stimulation de l'HPCa que l'HPCp (figure 1). Certaines caractéristiques de l'étude (p. ex. précision temporelle de la SEEG, division discrète de l'HPC pour les analyses) peuvent expliquer ces résultats. Dans de prochaines études, une analyse de gradient permettrait d'évaluer les variations de connectivité en continu le long de l'axe hippocampique.

## Références

- Andersen, P., Morris, R., Amaral, D., O'Keefe, J. et Bliss, T. (2007). Historical perspective: Proposed functions, biological characteristics, and neurobiological models of the hippocampus. Dans *The Hippocampus Book* (p. 9-36). Oxford University Press.
- Barnett, A. J., Man, V., et McAndrews, M. P. (2019). Parcellation of the hippocampus using resting functional connectivity in temporal lobe epilepsy. *Frontiers in Neurology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2019.00920>
- Emch, M., von Bastian, C. C., et Koch, K. (2019). Neural correlates of verbal working memory: An fMRI meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2019.00180>

Fingelkurts, A. A., Fingelkurts, A. A. et Kähkönen, S. (2005). Functional connectivity in the brain—is it an elusive concept? *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 28(8), 827-836. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2004.10.009>

Poppenk, J., Evensmoen, H. R., Moscovitch, M. et Nadel, L. (2013). Long-axis specialization of the human hippocampus. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(5), 230-240. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.03.005>

## Pour citer l'article

Pouliot, C., Couture, F., Roy, N. & Albouy, P. (2024). Connectivité fonctionnelle de l'hippocampe antérieur et postérieur dans l'épilepsie focale pharmaco-résistante *Psycause : Revue scientifique étudiante de l'École de psychologie de l'Université Laval*, 13(2), 22-25.