



## Une revue narrative sur l'insula : Gardienne de la relation corps-cerveau ?

\*May Werren et Cherine Fahim. Université de Fribourg, Unité de psychologie clinique et de la santé. Département de psychologie Rue P.-A.-de-Faucigny 2 CH-1700 Fribourg.

\***Auteurs correspondantes** : Madame May Werren. [may.werren@unifr.ch](mailto:may.werren@unifr.ch) et Cherine Fahim. [cherine.fahimfahmy@unifr.ch](mailto:cherine.fahimfahmy@unifr.ch)

**Citation**: Werren, M., Fahim, C. (2024). Une revue narrative sur l'insula : Gardienne de la relation corps-cerveau ?. Cortica 3(1) 413-460 <https://doi.org/10.26034/cortica.2024.4852>

### Résumé

Cet article propose une revue narrative exhaustive sur l'insula, une région cérébrale complexe et stratégiquement située, et son rôle central dans les interactions corps-cerveau-comportement. Il souligne l'importance de l'insula dans la perception interne (intéroception), le traitement émotionnel et cognitif, ainsi que dans diverses fonctions neuropsychologiques. L'article évoque l'histoire de la découverte de l'insula, sa structure unique, ses connexions tentaculaires avec d'autres régions cérébrales, et son implication dans des fonctions sensorimotrices, émotionnelles, sociales, et cognitives. Il aborde également le rôle de l'insula dans la régulation émotionnelle, mettant en lumière son

interaction avec le cortex préfrontal ventromédian et le cortex temporo-pariétal.

La revue se concentre sur l'impact de l'insula dans divers troubles psychiques tels que la dépression, les troubles alimentaires, le syndrome de stress post-traumatique, et les troubles du spectre autistique, suggérant que les dysfonctionnements de l'insula peuvent être un dénominateur commun à plusieurs pathologies mentales. Des approches thérapeutiques innovantes, telles que la méditation de pleine conscience et le neurofeedback par IRMf, sont discutées comme moyens potentiels d'améliorer la fonctionnalité de l'insula et de traiter les troubles associés.

L'article souligne l'importance cruciale de poursuivre la recherche sur l'insula pour mieux comprendre son rôle dans la santé mentale et

physique, ainsi que pour développer des stratégies thérapeutiques ciblées. En résumé, cette revue narrative offre une perspective complète sur l'insula, mettant en évidence son rôle pivot dans l'intégration des processus corporels, émotionnels et cognitifs, et son potentiel en tant que cible thérapeutique dans le traitement des troubles psychiques.

### **Abstract**

This article presents an exhaustive narrative review of the insula, a complex and strategically located brain region, and its central role in body-brain-behavior interactions. It emphasizes the importance of the insula in internal perception (interoception), emotional and cognitive processing, as well as in various neuropsychological functions. The article discusses the history of the insula's discovery, its unique structure, its tentacular connections with other brain regions, and its involvement in sensorimotor, emotional, social, and cognitive functions. It also addresses the role of the insula in emotional regulation, highlighting its interaction with the ventromedial prefrontal cortex and the temporoparietal cortex.

The review focuses on the impact of the insula in various psychiatric disorders such as depression, eating disorders, post-traumatic stress syndrome, and autism spectrum disorders, suggesting that insula dysfunctions may be a common denominator in several mental health conditions. Innovative therapeutic approaches, such as mindfulness meditation and real-time fMRI neurofeedback,

are discussed as potential means to improve insula functionality and treat associated disorders.

The article underlines the crucial importance of continuing research on the insula to better understand its role in mental and physical health, as well as to develop targeted therapeutic strategies. In summary, this narrative review offers a comprehensive perspective on the insula, highlighting its pivotal role in the integration of bodily, emotional, and cognitive processes, and its potential as a therapeutic target in the treatment of psychiatric disorders.

### **1. Introduction**

L'objectif de cette revue narrative est de présenter une synthèse de l'état de connaissances actuelles sur les liens entre corps-cerveau-comportement impliquant l'insula. Les progrès réalisés dans la compréhension de l'insula au cours des dernières décennies sont examinés. Un nombre exponentiel d'études confirme que l'insula, une île tentaculaire cachée dans le cerveau, a des connexions avec les quatre grands lobes : occipital, temporal, pariétal et frontal (Frank & Greenlee, 2018; Gu et al., 2013; Nieuwenhuys, 2012a; Uddin et al., 2017). Ces études ont élargi la compréhension de l'insula en tant (1) qu'une aire associative au niveau sensorielle, viscérale, vestibulaire, somatosensorielle, soulignant ses fonctions à multiples facettes ; (2) ainsi qu'une zone intégrative intéroceptive et extéroceptive jouant le rôle de gardienne du

portail entre les les émotions, les marqueurs somatiques, l'homéostasie, la prise de décision, la cognition sociale et la conscience ((Bud) Craig & D, 2009; Fermin et al., 2022; Mazzola et al., 2019; Michel, 2017; Molnar-Szakacs & Uddin, 2022; Vicario et al., 2020). Ayant des connections tentaculaires vers de nombreuses parties des régions corticales et sous-corticales, impliquées dans l'analyse à la fois des informations émotionnelles visuelles et auditives, de la douleur et de la représentation neuronale du soi, il s'agit d'une des parties du cerveau la plus impliquée dans la relation corps-cerveau-comportement (Tisserand et al., 2023).

À la lumière de ces données, des chercheurs avancent que l'attention portée aux états intéroceptifs active sélectivement plusieurs régions de l'insula, l'une étroitement liée au système somatosensoriel, l'autre légèrement plus antérieure qui est étroitement couplée à une région du cortex préfrontal ventromédian impliquée dans la régulation émotionnelle des réponses autonomes, et une région du cortex temporo-pariétal impliquée dans les schémas corporels, ainsi que dans les « méta-représentations » de l'état homéostatique du corps (Simmons et al., 2013). Ces méta-représentations sont des « marqueurs somatiques » qui donnent lieu à la sensibilité émotionnellement texturée familièrement décrite comme le « soi » (Craig, 2002; Damasio, 1994). Au milieu de cet océan d'informations, il nous semble donc pertinent de présenter une vue d'ensemble de la

littérature scientifique sur l'insula afin de mieux élucider ses fonctions. Cet article porte sur la question suivante : Quelle est le rôle de l'insula dans le lien corps-cerveau-comportement ? Sur la base de la pléthore des études démontrant le rôle significatif de l'insula cité précédemment, ci-dessous nous allons développer chaque rôle, l'examiner à l'aide des études plus approfondies, établir des relations entre les concepts, les théories et les arguments, analyser et comparer des positions diverses, ainsi qu'explorer les perspectives des recherches sur l'insula.

## **2. A la découverte d'une île cachée dotée d'un emplacement stratégique et une connectivité tentaculaire**

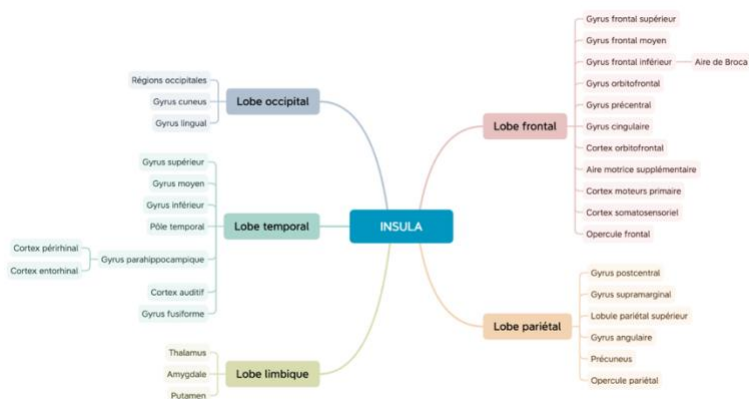
En 1796, Johann-Christian Reil (1759-1813) découvre l'insula, une île en latin en forme d'une pyramide inversée, bien cachée dans le cerveau (Bahşi et al., 2022; Binder et al., 2007).

Les connaissances actuelles sur la structure du cerveau nous permettent de distinguer clairement quatre lobes extérieurs, à savoir les lobes occipital, pariétal, temporal et frontal, ainsi que deux lobes dissimulés sous la masse cérébrale qui sont le lobe limbique (également appelé système limbique) et le lobe insulaire (voir la figure 1 ci-dessous), aussi appelé insula (Rossi, 2018). Chacun de ces lobes est composé d'aires primaires qui accueillent des informations provenant des récepteurs sensoriels et somesthésiques ainsi que d'aires associatives qui réceptionnent et intègrent les

informations reçues par les aires primaires (Rossi, 2018).

### Figure 1

Carte conceptuelle des connexions entre l'insula et les lobes



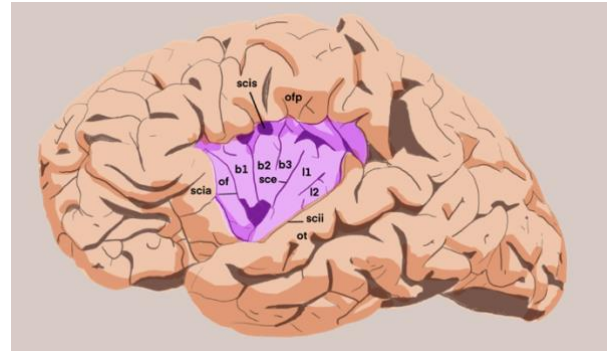
Sources : (Boucher et al., 2017), (Ghaziri et al., 2017). Carte conceptuelle faite sur le logiciel Xmind®.

L'insula, a une architecture complexe et sa connectivité à de multiples régions du cerveau lui confère une position centrale et stratégique qui joue un rôle important dans de nombreuses fonctions neuropsychologiques (Boucher et al., 2017). En effet, le cortex insulaire est présent dans chaque hémisphère du cerveau et se niche dans le sillon latéral qui isole le lobe temporal des lobes frontal et pariétal (Namkung et al., 2018). Ce sillon divise l'insula en 2 parties : une partie antérieure, constituée de 3 petites circonvolutions cérébrales, principalement reliée aux zones temporales et frontales et avec le gyrus cingulaire antérieur, et une partie postérieure composée de 2 gyri plus grands (voir Figure 2 ci-dessous) et qui est

majoritairement connectée à l'activité neuropsychologique (Boucher et al., 2017).

### Figure 2

L'insula

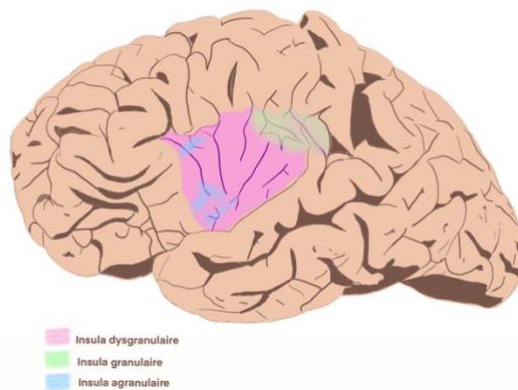


Note. Abréviations : of est l'opercule orbitofrontal ; ofp est l'opercule frontopariétal ; ot est l'opercule temporal ; scia, sillon insulaire circulaire antérieur ; scii, sillon insulaire circulaire inférieur ; scis, sillon insulaire circulaire supérieur ; sce, sillon central de l'insula ; b1, gyrus court antérieur ; b2, gyrus court moyen ; b3, gyrus court postérieur ; l1, gyrus long antérieur ; l2, gyrus long postérieur. Source : Stephen Oppenheimer ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Human\\_Insular\\_Anatomy.png#filelinks](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Human_Insular_Anatomy.png#filelinks)), Image inversée, retracée et colorisée par May Werren sur le logiciel Procreate®, <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

Le périmètre du cortex insulaire est déterminé par le sillon circulaire et ce sont les plissures des opercules temporaux, pariétaux et frontaux qui le recouvrent (Namkung et al., 2018). Si l'on prend en compte l'arrangement, les contours et le genre de neurones que l'on trouve dans les cellules du cortex insulaire et, comme nous pouvons le voir dans la figure 3 ci-dessous, on distingue alors trois zones : la zone granulaire, située dans la partie arrière ; la zone disgranulaire, qui se trouve dans la partie intermédiaire ; et la zone agranulaire située dans la partie avant (Boucher et al., 2017).

**Figure 3**

*Les zones granulaires de l'insula*

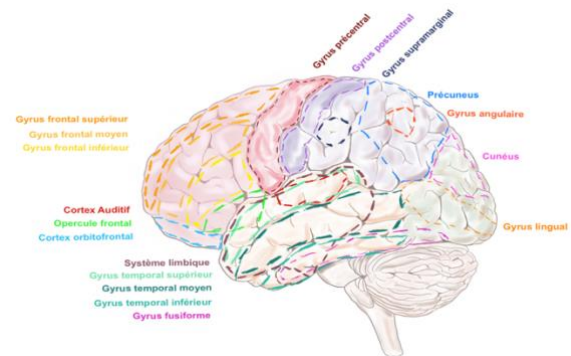


Note. Adapté de Insular cortex - Functional complexity and clinical correlations (Eduardo E. Benarroch, 2019).

Une étude menée en 2017 par Ghaziri et ses collègues a permis d'établir une multitude de liaisons entre le cortex insulaire et les 4 lobes extérieurs du cerveau, ainsi qu'avec le système limbique. Cette étude a particulièrement été pionnière dans la mise en évidence de connexions entre l'insula et plusieurs gyri du lobe pariétal, à savoir avec le gyrus cingulaire, le gyrus supramarginal et le gyrus angulaire. Des connexions ont également été établies entre l'insula et le gyrus parahippocampique, ainsi qu'avec le précuneus et les régions occipitales (voir figure 4 ci-dessous).

**Figure 4**

*Les connexions entre l'insula et les lobes*



Note. Dessin du cerveau : Sauledeg ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Šoninis\\_smegenų\\_vaizdas.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Šoninis_smegenų_vaizdas.jpg)), „Šoninis smegenų vaizdas“, Redessiné et colorié et adapté par May Werren, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>  
Sources : (Boucher et al., 2017), (Ghaziri et al., 2017)

Une fois ces relations structurelles établies, il est possible de commencer à comprendre et à étudier les implications de l'emplacement stratégique de l'insula et les fonctions qui découlent de cette connectivité tentaculaire. Les recherches menées par Ghaziri et ses collègues (2017) sur des patients atteints de lésions distinctes dans le cortex insulaire ont identifié et confirmé certains de ces liens. : le lien entre les connexions de l'insula avec le lobe frontal qui met à jour son rôle dans plusieurs mécanismes engagés dans le langage, ainsi qu'un niveau du fonctionnement exécutif de haut niveau impliqué dans les prises de décisions émotionnelles, dites « à risque ». Des déficits auditifs importants ont aussi été observés, confirmant le lien de l'insula avec les aires auditives du lobe temporal. Les connexions avec le lobe pariétal quant à elles ont été mises en évidence lors

d'observation de troubles tels que l'héminégligence.

Certaines fonctions neuropsychologiques, telles que la représentation spatio-temporelle, la capacité de s'identifier à autrui au niveau du ressenti, les sensations de douleurs ainsi que la manière dont on agit en société, se font également écho entre l'insula et le cortex cingulaire (Torta & Cauda, 2011). Les relations entre le cortex insulaire et le lobe occipital pourraient, quant à elles, jouer un rôle dans les troubles d'identification des mots et des expressions affectives sur le visage d'autrui ainsi que dans la perception de soi et de son corps (Dal Monte et al., 2013). Enfin, certaines régions du lobe pariétal connectées à l'insula (à savoir le gyrus supramarginal et le précuneus) semblent également avoir une fonction au niveau de la conscience de soi et de la capacité à ressentir de la compassion pour autrui (Karnath & Baier, 2010).

Ghaziri et ses collègues (2017) ont même avancé l'hypothèse que les cortex insulaires des 2 hémisphères n'assuraient pas les mêmes fonctions et connexions. Comment cela se passe-t-il exactement ? Les informations relatives à la perception des stimuli internes atteignent l'insula postérieure via des entrées sensorielles bottom-up qui prennent leur source dans les voies spinales dédiées et dans le tronc cérébral, à travers le thalamus et ses différents relais spécifiques (Namkung et al., 2018). Ces informations sont ensuite envoyées sur la partie antérieure du cortex insulaire où elles sont amalgamées aux signaux de nature émotionnelle, cognitive et

motivationale qui proviennent d'autres régions corticales. En d'autres termes, de par son emplacement stratégique et ses connexions, l'insula antérieure est, elle, impliquée dans l'intégration des sentiments subjectifs dans ces processus liés à la cognition et à la motivation (Namkung et al., 2018).

Le cortex insulaire, en résumé, « contient des cartes topographiques intéroceptives ou viscéro-sensorielles situées principalement dans sa sous-région granulaire, s'étendant dans une direction postérieure à antérieure, qui représentent des informations vestibulaires, nociceptives, thermoréceptives, viscérales et gustatives » (Fermin et al., 2022, p.6).

### **3. Dans les profondeurs de l'île aux trésors**

Au cours des dernières années, ce sont des méthodes d'études ayant recours à la stimulation cérébrale profonde, à l'analyse d'images cérébrales et de lésions qui ont permis d'identifier et d'étudier les fonctions remplies par l'insula mentionnées ci-dessus (Boucher et al., 2017). Sur la base d'une méta-analyse couvrant plus de 1500 expériences en IRMf, les chercheurs ont synthétisé les différentes fonctions de l'insula en trois grands groupes : un groupe situé dans la partie moyenne et postérieure de l'insula et qui aurait un rôle sensorimoteur, un deuxième groupe situé dans la région arrière et ventrale et assurant un rôle au niveau émotionnel et social et enfin un dernier groupe dans la partie

arrière et dorsale du cortex insulaire en charge des fonctions cognitives (Haruki & Ogawa, 2021). L'étude de Haruki et Ogawa (2021) rejoint les conclusions de celle menée par Ghaziri et collègues (2017) : les parties droite et gauche de l'insula, ainsi que les parties postérieures et antérieures ne remplissent pas les mêmes fonctions, révélant ainsi une absence de symétrie neuronale. Par exemple, une émotion positive va activer la partie arrière et médiane gauche alors qu'une émotion négative va avoir un impact sur la partie arrière bilatérale (Haruki & Ogawa, 2021). Ces résultats sont en lien avec la nature connexionniste de l'insula discutée en première partie de cette revue.

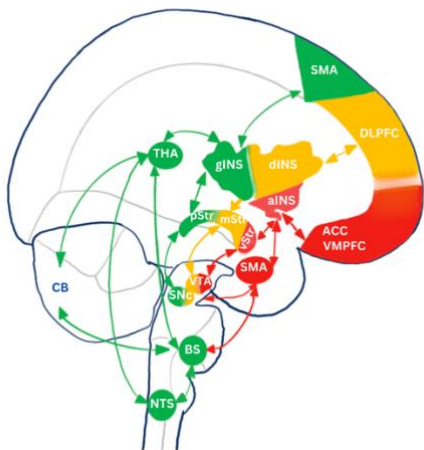
#### **4. L'intéroception, ou comment l'insula communique avec le corps**

Dans des études qui se sont basées sur l'analyse d'images cérébrales, lorsque les chercheurs ont demandé aux participants de porter leur attention aux sentiments de soif, à leur rythme cardiaque et à leur système de digestion, ils ont pu observer une réaction importante du cortex insulaire, suggérant le rôle-clé que l'insula semblerait jouer dans la perception interne, aussi appelée l'intéroception, caractérisée par la perception des stimuli sensoriels bottom-up venant du corps (Boucher et al., 2017). D'autres études effectuées dans le cadre d'opérations chirurgicales pour l'épilepsie ont aussi révélé la fonction importante assurée par l'insula au sein du « cerveau viscéral » : en innervant la partie basse de l'insula, on a pu constater des

réactions et des souffrances au niveau de l'estomac, un sentiment de haut-le-cœur, une impression de va-et-vient au niveau du système digestif ainsi que d'autres sensations somatosensorielles (Boucher et al., 2017). Selon une étude de 2022, d'après les observations de Fermin et ses collègues, ce sont l'insula et le cortex cingulaire antérieur qui réceptionneraient énormément de données provenant du corps, et en particulier des viscères, via les noyaux thalamiques. Ils ont développé un modèle, le IMAC (Insula Hierarchical Modular Adaptive Interoception Control) selon lequel les 3 zones de l'insula seraient désignées pour donner sens à ces perceptions somatosensorielles internes. Ce modèle présente l'idée que, de par son architecture et sa modularité, l'insula - qui est connectée au cortex préfrontal, au striatum et qui s'adapte aux systèmes de dopamine et d'acétylcholine - serait le facilitateur entre : le besoin que les réponses somatiques et viscérales s'adaptent à une situation ou une attitude, et l'image qui ressort des perceptions internes conscientes, elles-mêmes nées des sentiments initiaux ressentis et des fonctionnements viscéraux dont ils découlent. Ces données intéroceptives arrivent au cortex insulaire par le tronc cérébral grâce au système nerveux sympathique qui transmet donc des indications relatives à la souffrance physique et viscérale, au métabolisme et à la chaleur du corps (voir Figure 5 ci-dessous). Les prévisions du modèle de Fermin et ses collègues ont été corroborées par les observations faites lors d'une méta-analyse

d'imageries cérébrales qui ont relevé que le cortex insulaire antérieur, incluant principalement la zone granulaire mais aussi la zone dysgranulaire, était sollicité dans des situations nouvelles nécessitant exploration, planification et apprentissage alors que le cortex insulaire postérieur est sollicité pour gérer les indications provenant des viscères. Sur la base du modèle IMAC, on comprend mieux pourquoi l'insula est activée lors de nombreuses situations en lien avec les émotions, les compétences sociales, les motivations et les compétences cognitives.

**Figure 5**  
*Représentation schématique de l'emplacement neuroanatomique des structures cérébrales soutenant l'inférence intéroceptive active de l'insula*



Note. SMA (aire motrice supplémentaire), DLPFC (cortex préfrontal dorsolatéral), VMPFC (cortex préfrontal ventromédian), ACC (cingulum antérieur), gINS (insula granulaire), dINS (insula dysgranulaire), aINS (insula agranulaire), pStr (striatum postérieur), mStr (striatum dorsomédial), vStr (striatum ventral), THA (thalamus), VTA (aire tegmentale ventrale), SNc (substance noire pars compacta), CB (cervelet), NTS (noyau du tractus solitaire), BS (tronc cérébral)  
Source : (Fermin et al., 2022)

De nombreuses études ont montré que les subdivisions de l'insula étaient activées par divers types de tâches. Ainsi, la région dorsale antérieure a été sollicitée par des tâches cognitives comme l'attention, la mémorisation et le langage, tandis que la région ventrale antérieure a été mobilisée dans le domaine socio-émotionnel pour traiter des émotions et de l'empathie. La région dorsale médiane postérieure a été identifiée pour sa part comme étant associée aux fonctions. En plus des différences de localisation anatomique, une asymétrie neuronale dans l'insula a également été suggérée, selon laquelle les émotions positives sont associées à une activation de la partie gauche de l'insula antérieure et moyenne, tandis que les émotions négatives activent l'insula antérieure et moyenne bilatérale (Haruki & Ogawa, 2021). De récentes recherches ont mis en lumière plusieurs aspects de l'intéroception, et l'étude de Haruki et Ogawa (2021) a révélé l'implication différenciée des subdivisions de l'insula dans l'attention et la précision intéroceptive. L'attention portée à l'intéroception a entraîné l'activation bilatérale de la partie médiane-antérieure de l'insula. En revanche, la précision intéroceptive, c'est-à-dire la capacité à percevoir de façon précise les changements dans le corps, était corrélée positivement avec l'activité de la partie dorsale de l'insula antérieure droite, qui est considérée comme le centre de contrôle attentionnel. Dans les sections qui suivent, nous allons détailler les fonctions sensorimotrices dans la portion moyenne-postérieure, les fonctions



socioémotionnelles dans la région antérieure ventrale et les fonctions cognitives dans la portion antérieure dorsale.

#### **4.1. Le rôle sensorimoteur**

Grâce aux recherches menées par Boucher et ses collègues (2017), plusieurs fonctions sensorimotrices de l'insula ont pu être mises à jour. Ils ont proposé que le cortex insulaire joue un rôle important dans les sensations de douleur et dans l'identification des impressions de chaud ou de froid. Des patients atteints de lésions autour de l'insula postérieure et de l'opercule du lobe pariétal ont mentionné ressentir une souffrance majeure couplée d'une déperdition de sensations de chaleur du côté opposé de la lésion, indiquant ainsi un lien étroit entre les rôles de perception de la douleur et de la température joués par l'insula. Boucher et ses collègues ont également mentionné dans leurs recherches des études effectuées par d'autres collaborateurs sur des patients atteints de lésions à l'insula qui avaient confirmé l'implication du cortex insulaire (en particulier la partie arrière) non seulement dans le traitement premier des informations auditives, mais aussi au niveau du traitement séquentiel des stimuli auditifs dans le temps et enfin dans la perception de l'intensité des sons durant la phase ultérieure de traitement. Enfin, la partie située à l'avant-haut du cortex insulaire serait impliquée dans le traitement gustatif et sa perception interne ; la partie avant basse jouerait un rôle dans la détection des impressions viscérales ainsi que dans

l'identification et l'expectative gustative ; et la partie arrière serait liée, entre autres, aux sensations gustatives orales au niveau de la texture et de l'intensité des goûts. C'est ainsi que l'insula serait déterminante dans l'appréciation gustative et dans la distinction entre une odeur plaisante ou déplaisante.

#### **4.2. Le rôle émotionnel et social**

Le traitement des indications émotionnelles passe par un grand réseau formé de différentes aires du cerveau, situées en surface ou en profondeur, comme l'hypothalamus, l'amygdale, le tronc cérébral, le cortex cingulaire et le cortex insulaire. Maintes analyses d'images cérébrales ont montré la mise en activité de l'insula quand les participant.e.s prennent part à des tâches émotionnelles : la partie avant de l'insula serait sollicitée dans des scénarios de rappel à la mémoire de souvenirs joyeux, tristes ou teintés de colère ou de peur. Une activité a également été remarquée lors de tâches impliquant le visionnage d'images à haute valence affective, ce qui a été validé chez des patients avec une lésion au cortex insulaire gauche et qui avaient du mal à coordonner d'une manière appropriée l'intensité des sentiments ressentis avec le contenu affectif des images présentées (Boucher et al., 2017). Les résultats de l'étude de Fermin et ses collègues (2022) les ont menés à développer une nouvelle orientation théorique qui stipule que c'est un mélange de sensations internes qui créent nos sentiments émotifs et comme vu plus haut dans cet article, à la fois de par

sa structure et sa connectivité et de par son rôle critique dans le processus intéroceptif, l'insula contribue certainement à la naissance de la prise de conscience des émotions ressenties venant de ces sentiments émotifs. Dans leur étude de 2022, Min et ses collègues ont établi le lien entre la régulation des émotions et le cortex insulaire : il semblerait que la régulation bottom-up ait un effet excitateur au niveau des zones liées à la conscience des émotions telles que, entre autres, la partie avant de l'insula, et que la régulation top-down ait un effet calmant sur la partie arrière de l'insula, qui réceptionne des informations intéroceptives. Il a également été observé que, dans plusieurs parties cérébrales notamment l'insula gauche et une petite zone de l'insula droite, qu'il s'agisse d'une baisse ou d'une augmentation de l'intensité des émotions, la hausse de l'activité était suivie par une perception subjective émotionnelle de toute façon plus intense. L'insula peut donc aider à identifier et communiquer la charge émotive car elle est liée en même temps aux processus intéroceptifs et aux sentiments émotionnels. L'insula semble également agir comme des neurones miroirs, encourageant notre capacité à nous identifier à une autre personne et à comprendre ce qu'il ou elle ressent et conduisant à des réactions physiques reflétant ce ressenti (Fermin et al., 2022). Dans une méta-analyse sur l'empathie couvrant 40 études en neuro-imagerie fonctionnelle, il a été observé que le cortex insulaire avant droit jouait un rôle dans le

ressenti de l'empathie et que la partie avant gauche serait plus concernée par l'impression émotive et par l'estimation cognitive de l'empathie. Cette étude a également mis à jour un réseau structurel impliqué dans l'empathie et qui comprend, entre autres, la partie avant bilatérale de l'insula (Boucher et al., 2017). Boucher et ses collègues font également le rappel d'une autre étude très référencée dans la littérature qui a pour échantillon des patients ayant subi une ablation du cortex insulaire dans le cadre de leur épilepsie. Ces patients n'arrivaient pas à identifier la manifestation expressive sur les visages des sentiments de joie, de peur ou de surprise sous-entendant le rôle que joue l'insula dans l'identification de ces sentiments, et plus largement, dans l'empathie et les connaissances sociales (Boucher et al., 2017).

### **4.3. Le rôle cognitif**

Les fonctions exécutives désignent les processus mentaux impliqués dans la planification, l'attention, la mémorisation des instructions et la gestion simultanée de plusieurs tâches (Molnar-Szakacs & Uddin, 2022). Selon Molnar-Szakacs et Uddin (2022), le contrôle exécutif est une fonction cognitive avancée qui s'appuie sur des circuits cérébraux étendus. Les caractéristiques micro-anatomiques et la connectivité tentaculaire du cortex insulaire lui confèrent un rôle crucial dans la sélection et la fusion de stimuli multi sensoriels, tant internes qu'externes, et lui permettent de mettre en œuvre des fonctions de contrôle supérieures.

Les preuves disponibles suggèrent de manière convaincante que l'insula antérieure est un carrefour d'intégration et un pivot pour le changement de réseau, lui donnant ainsi un rôle capital dans le contrôle exécutif. Il semblerait aussi que l'organisation de l'insula reflète la structure globale du cortex, ce qui explique comment ces signaux peuvent communiquer des informations sur les processus sensoriels et exécutifs. Le cortex insulaire joue donc un rôle important dans la hiérarchisation de ces fonctions et des réponses aux stimuli pertinents (Molnar-Szakacs & Uddin, 2022).

C'est également grâce à l'imagerie cérébrale que maintes études ont pu mettre en évidence le caractère structurel essentiel de l'insula dans le réseau de saillance, système lié à l'attention et dont le but est de sélectionner le stimulus le plus approprié à traiter pour que le comportement le plus adéquat au contexte puisse être engendré. C'est en ce sens que ce réseau de saillance favorise l'accès aux ressources liées à l'attention et à la mémoire de travail (Boucher et al., 2017). Selon cette approche, c'est l'insula antérieure qui repère et guide l'attention quand un nouveau stimulus est présenté (ou lorsqu'il ressort) en retransmettant cette information, d'une manière ascendante, aux autres aires corticales qui vont alors se charger de contrôler l'attention (processus descendant ou top-down). C'est le rôle intégratif de l'insula, notamment en ce qui concerne les messages viscéraux, qui agit ici et qui va avoir un effet sur la perception saillante ou pas, des stimuli

(Boucher et al., 2017). Ce serait donc l'insula antérieure, en réseau avec le cortex cingulaire antérieur dorsal, qui agirait sur la mise en marche des réseaux d'attention et de saillance (Boucher et al., 2017) qui sont essentiels aux fonctions exécutives. Plus précisément, c'est l'insula antérieure dorsale qui est connectée à l'opercule frontal et sa partie ventrale, elle, est reliée aux zones limbiques (Haruki & Ogawa, 2021).

L'étude de Molnar-Szakacs et Uddin (2022) a suggéré que la façon dont l'insula est organisée pourrait expliquer pourquoi certaines fonctions sont mieux contrôlées d'un côté du cerveau plutôt que de l'autre. Plus spécifiquement, le côté droit de l'insula semble être plus impliqué dans la gestion des sensations internes du corps et de notre propre perception de nos émotions et états mentaux dans différentes tâches cognitives et affectives. Le cortex insulaire antérieur droit agit comme un médiateur dans le traitement cognitif de haut niveau en incorporant les signaux autonomes et permet de représenter l'état émotionnel conscient d'un individu ainsi que la valeur émotionnelle subjective de stimuli externes. Cette région est également importante pour les modèles de conscience subjective et d'identification de la saillance. Les recherches ont montré que l'insula antérieure droite est impliquée dans de nombreuses tâches de contrôle cognitif et émotionnel, affectant de manière causale l'activité de plusieurs autres régions cérébrales et que les lésions de cette région peuvent perturber la régulation des processus

cognitifs. La manière dont les connexions cérébrales sont organisées montre que l'insula droite est impliquée dans la perception de la saillance, la focalisation de l'attention, la conscience du corps et la stimulation physiologique, alors que la partie gauche du cortex insulaire est impliquée dans la gestion de la pensée et de l'émotion, ainsi que dans la capacité à se mettre à la place d'autrui.

## **5. L'insula, gardienne de notre bien-être physique et mental**

Cette connectivité tentaculaire, ces différents rôles et cet emplacement unique et stratégique de l'insula que nous venons de couvrir dans les parties ci-dessus nous invitent à nous interroger sur son rôle potentiel dans les troubles psychiques et à explorer les mécanismes sous-jacents.

### **5.1. Saillance, intéroception et régulation : les 3 clés du cortex insulaire**

Les recherches sur l'anatomie et les fonctions de l'insula soutiennent l'idée selon laquelle il existerait une représentation corticale intéroceptive située dans le cortex insulaire antérieur de l'hémisphère droit (Zhao et al., 2022). Comme vu précédemment, un des rôles centraux de l'insula, surtout de sa partie antérieure, est de fusionner les données internes du corps avec celles provenant de l'environnement externe, contribuant ainsi à l'intéroception (Tan et al., 2022). Dans leur étude, Tan et ses collaborateurs-trices (2022) expliquent que les signaux corporels en

provenance de l'insula moyenne et postérieure sont transmis par l'insula antérieure vers l'hypothalamus et le tronc cérébral, et que, en collaboration avec le cortex cingulaire antérieur, l'insula antérieure est une partie clé du réseau de saillance détectant la saillance émotionnelle (Tan et al., 2022). Plus précisément, la partie droite de l'insula antérieure joue un rôle crucial dans le réseau de saillance en permettant la transition entre les réseaux du mode par défaut et du réseau exécutif central. Cette transition dynamique dirige l'attention et les réponses comportementales vers des éléments internes ou externes en fonction de leur importance (Ries et al., 2019). Il est aussi suggéré que l'insula établit une connexion structurelle et fonctionnelle entre les processus psychologiques et physiologiques liés à l'expérience sociale affective et à la régulation émotionnelle (Zhao et al., 2022). Ainsi, l'attribution de la saillance par l'insula antérieure impacte l'intéroception, la prise de décision et la régulation des émotions (Tan et al., 2022). D'importantes hypothèses avancent aussi que notre conscience des sensations internes joue un rôle dans la manière dont nous réagissons émotionnellement et comportementalement, ce qui affecte nos prises de décision et la gestion de nos émotions (Tan et al., 2022). En somme, l'insula émerge comme une région corticale essentielle dans l'évaluation subjective de la perception globale de l'état corporel (Tran The, 2021). Selon l'étude de Beauchaine et ses collègues (2019), le cortex

insulaire a un rôle crucial dans la régulation des émotions : le dysfonctionnement du cortex insulaire et du gyrus frontal inférieur droit rend vulnérable à la dysrégulation émotionnelle, et peut être influencé par des facteurs environnementaux adverses qui peuvent augmenter la tendance à développer des troubles psychiatriques plus graves. On observe des différences de volume dans l'insula dans une variété de syndromes psychiques caractérisés par une dysrégulation émotionnelle. Dans l'ensemble, les recherches accumulées suggèrent que l'insula et d'autres régions corticales sont sensibles aux effets neuro plastiques dégénératifs du stress et des traumatismes, ce qui a des conséquences néfastes pour le développement des compétences en régulation émotionnelle. Ils en ont conclu que l'observation d'un volume moindre de matière grise dans le cortex insulaire représentait une vulnérabilité aux fluctuations émotionnelles et à ses manifestations psychiatriques (Beauchaine et al., 2019).

## **5.2. Les eaux troubles**

Selon les recherches de Stern et ses collaborateurs (2019), la conscience intéroceptive étant étroitement liée au fonctionnement émotionnel, des modifications de cette conscience ont été identifiées comme des éléments contributifs à divers troubles psychiques, notamment les troubles obsessionnels compulsifs (TOC), les troubles alimentaires, l'anxiété, la dépression et la dépendance aux drogues. Réciproquement, il

a été également observé que de nombreux troubles présentaient des dysfonctionnements dans les circuits intéroceptifs, en particulier ceux situés dans l'insula (Stern et al., 2019). En étudiant la dépression par exemple, des méta-analyses ont repéré une activité inhabituelle de l'insula chez les individus souffrant de dépression, au sein du réseau insula-cortex préfrontal dorso-latéral (L. Zhao et al., 2022). Dans leur étude, Zhao et ses collègues (2022) ont constaté une relation positive entre les volumes de matière grise dans l'insula et les scores de la dimension liée à la dépression, ou autrement dit, que des dépressions à plus hauts scores étaient liées à un volume plus important du cortex insulaire. Des taux élevés de comorbidité entre les troubles dépressifs et les troubles d'anxiété sociale ont été également observés, suggérant ainsi des symptômes et causes communs, comme des déficits en interactions sociales et une dysrégulation émotionnelle, liant ainsi le dysfonctionnement de l'insula à la sévérité des symptômes dans ces deux troubles. Leurs résultats ont mis en évidence une relation positive significative entre la dépression/l'anxiété sociale et leur impact sur la connectivité de l'insula avec le cortex préfrontal latéral dorsal (L. Zhao et al., 2022). Aussi, les individus atteints de troubles dépressifs manifestent divers symptômes somatiques et viscéraux, dont certains sont liés à des altérations structurelles et fonctionnelles de l'insula ainsi que d'autres zones cérébrales impliquées dans l'intéroception (Fermin et al., 2022). Dans leur

étude de 2019, Ries et ses collègues mentionnent également que la quantité de données provenant d'imageries cérébrales sur des patients dépressifs avait confirmé la relevance de la configuration fonctionnelle des réseaux cérébraux quand il s'agit de la pathophysiologie de la dépression majeure. D'après une méta-analyse récente, et comme mentionné dans l'étude de Boucher et ses collègues (2017), la schizophrénie et les troubles anxieux sont tous deux liés à une diminution significative de matière grise dans le cortex insulaire antérieur, des deux côtés du cerveau. Lors d'épisodes d'hallucinations acoustiques ou verbales, une augmentation de l'activité dans l'insula droite a été observée. Les altérations du fonctionnement de l'insula pourraient expliquer les déficits sensoriels et émotionnels observés chez les patients schizophrènes, ainsi que l'attribution erronée des informations corporelles internes à une source extérieure, ce qui contribue au phénomène hallucinatoire (Boucher et al., 2017). Divers changements dans la perception du corps ont été régulièrement constatés chez les personnes atteintes de schizophrénie : plusieurs études ont révélé que les hallucinations somatiques, accompagnées de sensations corporelles et viscérales inhabituelles, étaient fréquentes chez ces patients (Tran The, 2021). Les résultats issus de l'imagerie cérébrale ont également amené certains chercheurs à avancer l'hypothèse que la perception des changements physiologiques et leur évolution au fil du temps contribuent au sentiment de

soi, et que l'insula était une zone du cerveau essentielle pour distinguer ce qui fait partie du soi de ce qui n'en fait pas partie (Tran The, 2021). Tran The et ses collègues (2021) ont alors postulé que les symptômes positifs observés dans la schizophrénie pourraient avoir un lien avec les anomalies de l'insula via une perception de l'état interne modifiée. Ils mentionnent aussi que certains scientifiques avaient observé, chez les patients atteints de schizophrénie, des changements dans les connexions actives de l'insula postérieure droite avec les régions sensori-motrices primaires. De même, ils ont constaté une augmentation des liens fonctionnels entre l'insula et le thalamus et ces altérations dans les connexions fonctionnelles semblaient être proportionnelles à la sévérité des symptômes actifs. Ils mentionnent aussi certaines recherches qui suggèrent que la perte du sentiment de propriété de notre propre corps pourrait être associée à une altération des signaux sensori-moteurs et visuels en raison d'atteintes au cortex insulaire postérieur. Chez les patients schizophrènes, cette diminution de la connectivité fonctionnelle entre l'insula postérieure et la zone sensori-motrice pourrait conduire à une intégration inhabituelle des signaux corporels et visuels, ce qui altère la distinction entre soi et autrui (Tran The, 2021). En outre, étant donné que la représentation des états du corps intégrée dans l'insula antérieure est cruciale au sentiment de soi, les anomalies du cortex insulaire chez les individus atteints de schizophrénie pourraient de même

expliquer les altérations du sentiment de soi caractéristiques de ce trouble (Tran The, 2021).

Le cortex insulaire postérieur est associé à la détection des sensations internes du corps, ce qui est essentiel pour comprendre nos propres émotions ainsi que celles des autres ; cette région joue donc un rôle dans la reconnaissance des émotions, en particulier l'empathie (Wang et al., 2021). L'empathie est cruciale pour interagir socialement et communiquer efficacement puisqu'elle consiste à comprendre et partager les émotions d'autrui. Étant essentielle pour notre pérennité et notre succès dans les milieux sociaux, des lacunes dans cette faculté ont été liées à des difficultés dans les interactions sociales (Wang et al., 2021). Les troubles du spectre autistique (TSA) sont des affections neurodéveloppementales intriquées, marquées par des déficits en communication sociale et des comportements limités ou répétitifs et se manifestent par des altérations étendues touchant des réseaux cérébraux variés (L. Zhao et al., 2022). Et ces difficultés dans la compréhension sociale et dans la régulation sensorielle sont des aspects essentiels des TSA ; ce sont également des fonctions associées à l'insula (Boucher et al., 2017). Une analyse combinant plusieurs études de neuroimagerie sur le traitement de l'information sociale chez les individus autistes a montré une réduction de l'activité dans l'insula antérieure droite, suggérant une altération de la connectivité de cette région chez les personnes atteintes d'autisme

(Boucher et al., 2017). En ce qui concerne les sens, la présentation de stimuli tactiles désagréables a été associée à une augmentation de l'activité de l'insula chez les individus autistes, elle-même en relation avec les difficultés dans les comportements sociaux (Boucher et al., 2017). Dans leur récente étude, Zhao et ses collègues (2022) font référence à des études antérieures qui ont observé que les individus souffrant de TSA présentaient des modifications cérébrales locales, notamment une réduction de la cohérence régionale dans l'insula, et que la connectivité fonctionnelle de l'insula pendant l'état de repos contenait des informations distinctives permettant de différencier les personnes atteintes de TSA des individus en bonne santé. Plus précisément, le cortex insulaire antérieur est structurellement relié au cortex frontal et aux aires limbiques, et il est fonctionnellement impliqué dans la régulation cognitive et l'analyse des émotions. Le cortex insulaire postérieur, lui, présente davantage de connexions avec le lobe pariétal, temporal et sensorimoteur, est associé à l'analyse des stimuli visuels, auditifs et sensorimoteurs (L. Zhao et al., 2022). En effet, l'insula postérieure agranulaire est une partie du cortex insulaire antérieure impliquée dans le traitement des informations cognitives et émotionnelles. Une réduction de la connectivité fonctionnelle entre l'insula postérieure agranulaire gauche et le cortex préfrontal ventrolatéral droit pourrait provoquer une dysrégulation émotionnelle associée aux personnes atteintes de TSA. Chez ces individus, une diminution de la

connectivité fonctionnelle entre certaines parties de l'insula (insula granulaire dorsale gauche, insula granulaire dorsale droite, insula dysgranulaire dorsale droite et insula hypergranulaire droite) et les régions sensorimotrices, telles que le cortex prémoteur et le cortex postcentral a également été observée (L. Zhao et al., 2022).

Des recherches ont également signalé des changements dans la structure et le fonctionnement de l'insula chez des personnes souffrant d'obésité et de troubles des conduites alimentaires (Boucher et al., 2017). Le cortex insulaire pourrait jouer un rôle dans ces troubles à travers l'apparition du désir conscient de consommer et via la régulation des comportements alimentaires, en influençant les processus de prise de décision (Boucher et al., 2017). Les individus atteints d'anorexie mentale et d'hyperphagie présentent également un manque de perception des signaux internes et un mauvais fonctionnement du cortex insulaire, autre caractéristique de l'anorexie mentale. Chez les individus obèses par contre, des recherches distinctes ont révélé une augmentation de l'activité insulaire en réponse à des signaux alimentaires (Vicario et al., 2020).

Chez les patients qui souffrent du syndrome de stress post-traumatique, il semblerait selon une étude de Lieberman et ses collègues (2023) que l'insula antérieure joue un rôle crucial dans l'assignation de la saillance et dans l'amélioration du traitement des émotions et perceptions avancé grâce à des

échanges avec les zones frontales du cerveau, en particulier avec le cortex cingulaire antérieur. En effet, dans le cadre du SSPT, la malfonction de l'insula pourrait être le résultat d'une perte d'harmonie entre le traitement interne et externe ainsi qu'une sensibilité qui n'est pas en adéquation avec les signaux associés au trauma et une modification de la conscience de notre propre corps (Lieberman et al., 2023).

Dans leurs travaux de 2020, Vicario et ses collaborateurs-trices ont investigué le lien entre les perceptions somatiques internes et la manière de traiter le temps et ont exploré la possibilité qu'un mauvais fonctionnement du système régissant l'intéroception et/ou de l'insula soit responsable des déficiences dans le traitement temporel, caractéristique commune à plusieurs troubles psychiques. Dans la plupart des troubles cliniques étudiés, diverses recherches démontrent une tendance à sous-évaluer le temps et une activation réduite de l'insula (dans les cas de la maladie de Parkinson, de l'épilepsie, de l'autisme et du trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité), tandis que dans d'autres cas, c'est une surestimation du temps et une intensification de l'activation du cortex insulaire qui ont été relevées (dans le cas du syndrome de Tourette, de la schizophrénie, de la dépression, de l'anxiété et de la migraine). Dans leur étude, Molnar-Szakacs et Uddin (2022) ont démontré l'importance de l'insula antérieure dans le contrôle exécutif, expliquant ainsi pourquoi un trouble au niveau de ces fonctions implique souvent son



mauvais fonctionnement. C'est ainsi que plusieurs théories et études ont identifié que le dysfonctionnement de cette région cérébrale affectait de manière similaire les fonctions exécutives dans plusieurs troubles psychiques tels que la démence fronto-temporale, les troubles du spectre de l'autisme et la schizophrénie. La recherche a également découvert que des lésions à l'insula antérieure pouvait prédire l'apparition d'un état appelé « alexithymie acquise » qui se manifeste par une altération de la conscience de ses émotions. Cette difficulté à ressentir et à comprendre ses émotions pourrait être due à une interruption dans le processus d'association des informations en provenance de différentes parties du corps, entraînant une désagrégation de l'expérience de soi. Cette altération de la conscience émotionnelle est souvent observée chez les patients atteints de troubles psychiatriques associés au cortex insulaire antérieur (Molnar-Szakacs & Uddin, 2022).

En somme, en se référant à l'étude Yan et ses collègues (2022), et de manière quasi générale, l'insula présente une activation anormale à travers les différents diagnostics et dans leur analyse croisée entre les modèles aberrants de leur étude et la perte de volume de matière grise observée dans l'ensemble des troubles psychiques.

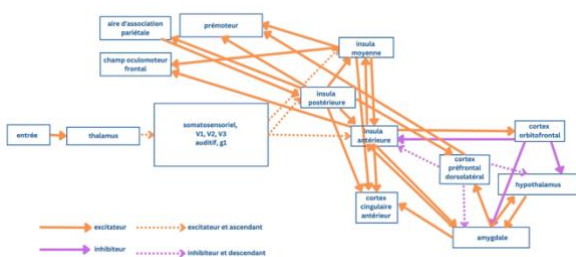
## **6. L'insula : Comment trouver refuge sur cette île ?**

Étant donné que les signaux internes influencent l'expérience émotionnelle, les approches contemplatives peuvent apporter des nouvelles informations sur la façon dont ces signaux déclenchent des réactions corporelles, des réponses émotionnelles et des évaluations cognitives. Ces informations pourraient être utilisées pour développer des stratégies adaptatives visant à réguler le stress et favoriser le bien-être (Gibson, 2019). Dans son étude de 2019, Gibson rappelle qu'il a été établi que la pleine conscience et diverses autres formes de méditation avaient une influence sur l'insula, considéré comme le principal centre d'intéroception. Selon lui, certains soutiennent même que cette perception interne forme le fondement même de la pleine conscience et qu'elle pourrait être le principal moyen par lequel les pratiquants en tirent des avantages. Des preuves suggèrent aussi que les bienfaits de la pleine conscience peuvent être liés à une meilleure intéroception due à ces changements fonctionnels et neuroplastiques dans l'insula, et que le développement du cortex insulaire et des circuits neuronaux environnants peut favoriser une disposition à la pleine conscience (Gibson, 2019). Par ailleurs, il mentionne également que la pratique de la pleine conscience et d'autres formes de méditation avait été liée à de nombreux avancements, telles que des gains cognitifs, une meilleure attention, la réduction des émotions négatives liées à l'auto-jugement, un

accroissement du sentiment empathique et des attitudes pro-sociales, ainsi qu'une diminution du stress, une baisse de la dépression, de l'anxiété et d'autres troubles cliniques. Gibson (2019) fait enfin référence à plusieurs autres recherches qui ont toutes présenté un lien entre pleine conscience et une paroi plus épaisse du cortex insulaire. Dans leur étude de 2021, Nakamura et ses collègues décrivent le processus comme tel : à l'intérieur du cortex insulaire, les parties centrales et arrières de l'insula sont reliées au champ visuel frontal et à la zone d'association pariétale, étroitement impliquée dans la gestion de l'attention. L'insula antérieure communique avec l'amygdale et participe à la régulation émotionnelle ascendante lors de la pratique de la pleine conscience (voir figure 6 ci-dessous).

**Figure 6**

*Le mécanisme de la régulation émotionnelle dans la pleine conscience*



Source : (Nakamura et al., 2021)  
Redessiné, colorié et adapté en français par May Werren

De ce fait, le cortex insulaire, ainsi que le cortex cingulaire antérieur (en raison de sa communication avec le cortex insulaire et ses connexions vers l'amygdale) jouent un rôle essentiel dans la régulation de l'attention et

des émotions pendant la pleine conscience, en favorisant un mécanisme de régulation émotionnelle induit par la régulation attentionnelle. Ils font aussi référence à d'autres travaux qui ont avancé que la régulation émotionnelle par la pleine conscience opérait en renforçant les processus de contrôle cognitif dans le cortex préfrontal et en réduisant les activités dans les zones associées au traitement émotionnel, comme l'amygdale (ou la régulation émotionnelle descendante). Enfin, ils évoquent des recherches supplémentaires qui ont examiné comment la pratique de la pleine conscience (Mindfulness Training) améliorait les problèmes de santé liés au stress en agissant sur les stratégies d'adaptation cognitives. Ces études ont suggéré que la pleine conscience réduisait le stress en favorisant la réévaluation positive. Les résultats de l'étude de Nakamura et ses collaborateurs-trices (2021) indiquent que l'engagement dans un programme de Réduction du Stress Basée sur la Pleine Conscience (ou Mindfulness-Based Stress Reduction – MBSR) entraîne des modifications des niveaux de matière cérébrale dans des zones liées à l'apprentissage, la mémoire, l'émotion, l'autoréférence et la perspective.

Comme vu précédemment, les dysfonctionnements, tant au niveau des fonctions ou de la structure du cortex insulaire, sont étroitement liés à une variété de troubles psychiatriques, incluant les problèmes anxieux, les dépressions majeures, les

troubles du spectre autistique, la schizophrénie, la dépendance, l'alexithymie et la maladie de Parkinson. Une approche non invasive de modulation cérébrale ciblant spécifiquement l'insula et visant à rétablir son fonctionnement optimal pourrait se révéler être une nouvelle et prometteuse stratégie thérapeutique, pouvant être bénéfique pour une variété de troubles mentaux (Zhang et al., 2022). La technique de neurofeedback en temps réel par imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) est une approche innovante et non invasive permettant de volontairement contrôler l'activité ou la connectivité du cerveau et cette méthode a été testée avec succès dans des cadres expérimentaux et thérapeutiques (Zhang et al., 2022). Plus spécifiquement, le neurofeedback peut aider à acquérir volontairement le contrôle de l'activité du cerveau à travers l'utilisation du signal BOLD comme feedback visuel en temps réel, ce qui aiguille l'apprentissage de l'autorégulation des neurones (Zhang et al., 2022). De précédents travaux ont prouvé que cette approche permettait aux participants de développer une capacité à réguler et contrôler leurs propres émotions dans différentes régions du cerveau, incluant l'amygdale, le cortex cingulaire antérieur, le cortex préfrontal, l'hippocampe et l'insula (Zhang et al., 2022). Dans leur revue systématique, Zhang et ses collègues (2022) reportent un niveau de succès de la pratique à l'autorégulation du cortex insulaire de 77.78% auprès des patients cliniques (souffrant de troubles de la mémoire, de dépendance, de

phobies, de la maladie de Parkinson ou de troubles obsessionnels compulsifs) et de 92,31% au sein de la population saine dans les études qu'ils ont passés en revue. Enfin, en plus de ces changements d'activité du cortex insulaire pendant les séances de pratique en neurofeedback, neuf études ont toutes montré une augmentation de la connectivité fonctionnelle de l'aire insulaire antérieure avec les régions préfrontales médianes et latérales dorsales, ainsi que le cortex cingulaire, dans le réseau de contrôle régulateur. Ces découvertes démontrent que l'entraînement utilisant le neurofeedback par IRMf offre des perspectives thérapeutiques pour apaiser les manifestations chez les individus cliniques dont l'insula présente des dysfonctionnements (Zhang et al., 2022). Dans leurs récents travaux, Lieberman et ses collaborateurs-trices (2023) proposent d'utiliser le neurofeedback pour rééquilibrer les modifications de l'insula conséquentes à un stress post-traumatique. Leurs conclusions ont consolidé l'idée d'après laquelle l'utilisation du neurofeedback pour réguler le cortex cingulaire postérieur rééquilibre également la connectivité du réseau de saillance.

Enfin, et compte tenu de l'importance des signaux corporels dans divers troubles psychiques, il est essentiel de créer ou de se tourner vers des traitements qui se concentrent sur ces signaux, soit directement par des techniques comportementales (comme la pleine conscience ci-dessus), soit indirectement en influençant l'activité

cérébrale dans les régions impliquées (Stern et al., 2019). Dans leur étude de 2022, W. Zhao et ses collègues ont montré que la connectivité fonctionnelle entre l'insula (composante clé du réseau saillance) et le cortex préfrontal dorsolatéral (impliqué dans la régulation cognitive) a été associée à la fois à la dépression et à l'anxiété liée aux interactions sociales, l'hyperconnectivité étant observée chez les individus présentant des symptômes dépressifs/anxiété plus élevés. En outre, la thérapie électro-convulsive peut normaliser la connectivité fonctionnelle anormale entre l'insula et le cortex préfrontal dorso-latéral, ce qui suggère que cette connectivité peut être un marqueur biologique caractéristique du trouble dépressif (W. Zhao et al., 2022). Les travaux de Blades et ses collaborateurs-trices (2022) laissent entrevoir l'espoir du développement de traitements neurostimulants très individualisés dont pourraient bénéficier les personnes souffrant du syndrome de stress post-traumatique. Ces traitements seraient focalisés sur le cortex insulaire postérieur étant donné sa connexion avec les zones sensorimotrices. L. Zhao et ses collègues (2022) ont constaté dans leur étude que les variations inhabituelles de la connectivité fonctionnelle dans certaines parties de l'insula pourraient prédire la sévérité des symptômes chez les patients atteints de troubles du spectre autistique. Les modifications les plus significatives de cette connectivité se situent dans les zones du cerveau responsables du traitement visuel, somatosensoriel et moteur. Dans l'ensemble,

leurs résultats indiquent que cette connectivité fonctionnelle présente un potentiel élevé pour détecter les altérations insulaires liées aux comportements, et pourrait être utilisée pour développer des biomarqueurs d'imagerie cérébrale à des fins cliniques.

## 7. Conclusion

En résumé, l'insula joue un rôle essentiel dans divers aspects de notre expérience humaine : elle influence notre perception de nous-mêmes, nos émotions, nos choix cognitifs, notre conscience sensorielle interne et externe, nos mouvements corporels, notre image de nous-même, nos attentes et notre confiance envers les autres. Bon nombre de chercheurs affirment que notre conscience du "soi" est liée à notre conscience du corps et que la façon dont nous portons notre attention sur notre corps influence notre expérience et notre perception de celui-ci, ce qui entraîne inévitablement des changements en nous-mêmes. Ainsi, une meilleure perception des signaux somatiques pourrait favoriser des réactions mieux adaptées à la douleur, des comportements alimentaires plus sains, des progrès dans nos interactions sociales, une gestion améliorée du stress et des comportements plus adaptatifs en général. Nous sommes les détenteurs des clés de notre bien-être et l'insula commence à peine à révéler tous ses secrets : la chasse aux trésors est belle et bien ouverte et laisse présager d'intéressantes trouvailles !

## Notes

Edité par Madame Lisa Azzi, Bachelor en psychologie, département de psychologie clinique et de la santé, [lisa.azzi@unifr.ch](mailto:lisa.azzi@unifr.ch)

## Références

- Bahşi, İ., Adanir, S. S., & Karatepe, Ş. (2022). Johann Christian Reil (1759–1813) who first described the insula. *Child's Nervous System*, 38(7), 1237–1239. <https://doi.org/10.1007/s00381-020-04686-4>
- Beauchaine, T. P., Sauder, C. L., Derbidge, C. M., & Uyeji, L. L. (2019). Self-injuring adolescent girls exhibit insular cortex volumetric abnormalities that are similar to those seen in adults with borderline personality disorder. *Development and Psychopathology*, 31(4), 1203–1212. <https://doi.org/10.1017/S0954579418000822>
- Binder, D. K., Schaller, K., & Clusmann, H. (2007). The seminal contributions of Johann-Christian Reil to anatomy, physiology, and psychiatry. *Neurosurgery*, 61(5), 1091–1096; discussion 1096. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000303205.15489.23>
- Boucher, O., Citherlet, D., Ghaziri, J., Hébert-Seropian, B., Von Siebenthal, Z., & Nguyen, D. K. (2017). Insula: Neuropsychologie du cinquième lobe du cerveau. *Revue de neuropsychologie*, 9(3), 154–161. <https://doi.org/10.3917/rne.093.0154>
- (Bud) Craig, & D, A. (2009). How do you feel — now? The anterior insula and human awareness. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/nrn2555>
- Craig, A. D. (2002). How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(8), Article 8. <https://doi.org/10.1038/nrn894>
- Dal Monte, O., Krueger, F., Solomon, J. M., Schintu, S., Knutson, K. M., Strenziok, M., Pardini, M., Leopold, A., Raymond, V., & Grafman, J. (2013). A voxel-based lesion study on facial emotion recognition after penetrating brain injury. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(6), 632–639. <https://doi.org/10.1093/scan/nss041>
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error: Emotion, reason, and the human brain*. New York: Putnam. <http://archive.org/details/descarteserrorem00dama>
- Eduardo E. Benarroch. (2019). Insular cortex. *Neurology*, 93(21), 932. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000008525>
- Fermin, A. S. R., Friston, K., & Yamawaki, S. (2022). An insula hierarchical network architecture for active interoceptive inference. *Royal Society Open Science*, 9(6). <https://doi.org/10.1098/rsos.220226>
- Frank, S. M., & Greenlee, M. W. (2018). The parieto-insular vestibular cortex in humans: More than a single area? *Journal of Neurophysiology*, 120(3), 1438–1450. <https://doi.org/10.1152/jn.00907.2017>
- Ghaziri, J., Tucholka, A., Girard, G., Houde, J.-C., Boucher, O., Gilbert, G., Descoteaux, M., Lippé, S., Rainville, P., & Nguyen, D. K. (2017). The Corticocortical Structural Connectivity of the Human Insula. *Cerebral Cortex*, 27(2), 1216–1228. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhv308>
- Gibson, J. (2019). Mindfulness, Interoception, and the Body: A Contemporary Perspective. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.02012>
- Gu, X., Hof, P. R., Friston, K. J., & Fan, J. (2013). Anterior insular cortex and emotional awareness. *Journal of Comparative Neurology*, 521(15), 3371–3388. <https://doi.org/10.1002/cne.23368>
- Haruki, Y., & Ogawa, K. (2021). Role of anatomical insular subdivisions in interoception: Interoceptive attention and accuracy have dissociable substrates. *European Journal of Neuroscience*, 53(8), 2669–2680. <https://doi.org/10.1111/ejn.15157>
- Karnath, H.-O., & Baier, B. (2010). Right insula for our sense of limb ownership and self-awareness of actions. *Brain Structure and Function*, 214(5), 411–417. <https://doi.org/10.1007/s00429-010-0250-4>

Lieberman, J. M., Rabellino, D., Densmore, M., Frewen, P. A., Steyerl, D., Scharnowski, F., Théberge, J., Neufeld, R. W. J., Schmahl, C., Jetly, R., Narikuzhy, S., Lanius, R. A., & Nicholson, A. A. (2023). Posterior cingulate cortex targeted real-time fMRI neurofeedback recalibrates functional connectivity with the amygdala, posterior insula, and default-mode network in PTSD. *Brain and Behavior*, 13(3), e2883. <https://doi.org/10.1002/brb3.2883>

Mazzola, L., Mauguière, F., & Isnard, J. (2019). Functional mapping of the human insula: Data from electrical stimulations. *Revue Neurologique*, 175(3), 150–156. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2018.12.003>

Michel, M. (2017). A role for the anterior insular cortex in the global neuronal workspace model of consciousness. *Consciousness and Cognition*, 49, 333–346. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.02.004>

Molnar-Szakacs, I., & Uddin, L. Q. (2022). Anterior insula as a gatekeeper of executive control. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 139, 104736. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2022.104736>

Nakamura, H., Tawatsuji, Y., Fang, S., & Matsui, T. (2021). Explanation of emotion regulation mechanism of mindfulness using a brain function model. *Neural Networks*, 138, 198–214. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2021.01.029>

Namkung, H., Kim, S.-H., & Sawa, A. (2018). The Insula: An Underestimated Brain Area in Clinical Neuroscience, Psychiatry, and Neurology: (Trends in Neuroscience 40, 200–207, 2017). *Trends in Neurosciences*, 41(8), 551–554. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2018.05.004>

Nieuwenhuys, R. (2012a). Chapter 7 - The insular cortex: A review. In M. A. Hofman & D. Falk (Eds.), *Progress in Brain Research* (Vol. 195, pp. 123–163). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53860-4.00007-6>

Nieuwenhuys, R. (2012b). Chapter 7 - The insular cortex: A review. In M. A. Hofman & D. Falk (Eds.), *Progress in Brain Research* (Vol. 195, pp. 123–163). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53860-4.00007-6>

Ries, A., Hollander, M., Glim, S., Meng, C., Sorg, C., & Wohlschläger, A. (2019). Frequency-Dependent Spatial Distribution of Functional Hubs in the Human Brain and Alterations in Major Depressive Disorder. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2019.00146>

Rossi, J.-P. (2018). Chapitre 2. Le cerveau: Description et organisation. In *Neuropsychologie de la mémoire* (pp. 21–34). De Boeck Supérieur. <https://www.cairn.info/neuropsychologie-de-la-memoire--9782807320291-p-21.htm>

Simmons, W. K., Avery, J. A., Barcalow, J. C., Bodurka, J., Drevets, W. C., & Bellgowan, P. (2013). Keeping the body in mind: Insula functional organization and functional connectivity integrate interoceptive, exteroceptive, and emotional awareness. *Human Brain Mapping*, 34(11), 2944–2958. <https://doi.org/10.1002/hbm.22113>

Stern, E. R., Shahab, R., Grimaldi, S. J., Leib, E., Murrough, J. W., Fleysher, L., Parides, M. K., Coffey, B. J., Burdick, K. E., & Goodman, W. K. (2019). High-dose ondansetron reduces activation of interoceptive and sensorimotor brain regions. *Neuropsychopharmacology*, 44(2), Article 2. <https://doi.org/10.1038/s41386-018-0174-x>

Tisserand, A., Philippi, N., Botzung, A., & Blanc, F. (2023). Me, Myself and My Insula: An Oasis in the Forefront of Self-Consciousness. *Biology*, 12(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/biology12040599>

Torta, D. M., & Cauda, F. (2011). Different functions in the cingulate cortex, a meta-analytic connectivity modeling study. *NeuroImage*, 56(4), 2157–2172. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.03.066>

Tran The, J. (2021). Le rôle des anomalies structurelles et fonctionnelles du cortex insulaire dans l'altération de la perception du corps chez les patients schizophrènes. *L'Encéphale*, 47(3), 270–276. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2020.11.004>

Uddin, L. Q., Nomi, J. S., Hébert-Seropian, B., Ghaziri, J., & Boucher, O. (2017). Structure and Function of the Human Insula. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 34(4), 300. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000377>

Vicario, C. M., Nitsche, M. A., Salehinejad, M. A., Avanzino, L., & Martino, G. (2020). Time Processing, Interoception, and Insula Activation: A Mini-Review on Clinical Disorders. *Frontiers in Psychology*, 11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.01893>

Wang, J., Zhang, P., Li, W., Wen, Q., Liu, F., Xu, J., Xu, Q., Zhu, D., Ye, Z., & Yu, C. (2021). Right Posterior Insula and Putamen Volume Mediate the Effect of Oxytocin Receptor Polygenic Risk for Autism Spectrum Disorders on Reward Dependence in Healthy Adults. *Cerebral Cortex*, 31(2), 746–756. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhaa198>

Zhang, Y., Zhang, Q., Becker, B., Kendrick, K. M., & Yao, S. (2022). *Self-navigating the “Island of Reil”*: A systematic review of real-time fMRI neurofeedback training of insula activity (p. 2022.03.07.483236). bioRxiv. <https://doi.org/10.1101/2022.03.07.483236>

Zhao, L., Xue, S.-W., Sun, Y.-K., Lan, Z., Zhang, Z., Xue, Y., Wang, X., & Jin, Y. (2022). Altered dynamic functional connectivity of insular subregions could predict symptom severity of male patients with autism spectrum disorder. *Journal of Affective Disorders*, 299, 504–512. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.12.093>

Zhao, W., Zhang, X., Zhou, X., Song, X., Zhang, Z., Xu, L., Zhou, F., & Kendrick, K. M. (2022). Depression mediates the association between insula-frontal functional connectivity and social interaction anxiety. *Human Brain Mapping*, 43(14), 4266–4273. <https://doi.org/10.1002/hbm.25952>