



**HAL**  
open science

# Évaluation du langage durant une chirurgie cérébrale éveillée : état des lieux des pratiques françaises et internationales

Hélène Gestin

► **To cite this version:**

Hélène Gestin. Évaluation du langage durant une chirurgie cérébrale éveillée : état des lieux des pratiques françaises et internationales. Sciences cognitives. 2020. dumas-03230651

**HAL Id: dumas-03230651**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03230651>**

Submitted on 20 May 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UFR de Médecine – Département d’orthophonie

**Évaluation du langage durant une chirurgie cérébrale éveillée :  
état des lieux des pratiques françaises et internationales**

Mémoire présenté pour l’obtention du Certificat de Capacité  
d’Orthophoniste

Par

Hélène GESTIN, née le 17/08/1975

Sous la direction de :

Michel LEFRANC, MCU-PH neurochirurgie au CHU d’Amiens

Soutenu le 16/06/2020

Académie d’AMIENS

Année universitaire : 2019/2020



UFR de Médecine – Département d’orthophonie

**Évaluation du langage durant une chirurgie cérébrale éveillée :  
état des lieux des pratiques françaises et internationales**

Mémoire présenté pour l’obtention du Certificat de Capacité  
d’Orthophoniste

Par

Hélène GESTIN, née le 17/08/1975

Sous la direction de :

Michel LEFRANC, MCU-PH neurochirurgie au CHU d’Amiens

Soutenu le 16/06/2020

Académie d’AMIENS

Année universitaire : 2019/2020

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier le professeur Michel Lefranc pour avoir proposé ce sujet et m'avoir encadrée tout au long de ce travail de recherche, ce fût un réel plaisir de travailler sur un thème si passionnant. Un grand merci également à Antoine Renard pour son aide, sa disponibilité et ses précieux conseils.

Je remercie également celles et ceux qui m'ont permis de mener à bien cette étude : tous les professionnels français et étrangers qui m'ont encouragée et ont bien voulu consacrer de leur temps pour répondre au questionnaire, ainsi que ceux qui m'ont ouvert les portes de leur bloc opératoire : Bénédicte Trancart, le professeur Pallud et le docteur Dezamis de l'hôpital St Anne à Paris et Sylvie Moritz-Gasser et le professeur Duffau de l'hôpital Gui de Chauliac à Montpellier.

Enfin, je remercie ma famille et mes amis pour leur soutien indéfectible et leurs encouragements durant ce projet et ces cinq années d'études.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>6</b>
<b>PARTIE THÉORIQUE.....</b>	<b>8</b>
<b>1. HISTORIQUE.....</b>	<b>9</b>
<b>2. LES GLIOMES DIFFUS DE BAS GRADE.....</b>	<b>10</b>
2.1. Localisation.....	10
2.2. Symptomatologie .....	10
2.3. Classification.....	11
2.4. Épidémiologie .....	12
2.5. Évolution.....	12
2.6. Traitements.....	12
<b>3. L'ORGANISATION CÉRÉBRALE DU LANGAGE .....</b>	<b>14</b>
3.1. Du localisationnisme au connexionnisme.....	14
3.2. Une architecture anatomo-fonctionnelle en réseau .....	16
<b>4. LA CHIRURGIE ÉVEILLÉE ET L'ÉVALUATION DU LANGAGE.....</b>	<b>20</b>
4.1. Phase pré-opératoire.....	21
4.2. Phase per-opératoire.....	21
4.3. Phase post-opératoire .....	23
<b>PROBLÉMATIQUE, OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES.....</b>	<b>24</b>
<b>1. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS .....</b>	<b>25</b>
<b>2. HYPOTHÈSES.....</b>	<b>26</b>
<b>MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>27</b>
<b>1. REVUE DE LITTÉRATURE .....</b>	<b>28</b>
1.1. Matériel .....	28
1.2. Procédure .....	28
1.3. Analyse des données .....	30
<b>2. QUESTIONNAIRE.....</b>	<b>31</b>
2.1. Population .....	31
2.2. Matériel .....	33
2.3. Procédure .....	35
2.4. Analyse des données .....	35

<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>37</b>
<b>1. REVUE DE LITTÉRATURE .....</b>	<b>38</b>
1.1. Ceux qui opèrent en chirurgie éveillée.....	38
1.2. Ceux qui n’opèrent pas en chirurgie éveillée .....	44
<b>2. QUESTIONNAIRE.....</b>	<b>47</b>
2.1. Répondants.....	47
2.2. Présentation.....	48
2.3. Organisation.....	49
2.4. Conditions opératoires .....	49
2.5. Évaluations per-opératoires.....	50
2.6. Les tests .....	52
2.7. Synthèse .....	53
<b>DISCUSSION .....</b>	<b>55</b>
<b>1. RAPPEL DES OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES .....</b>	<b>56</b>
1.1. Objectifs.....	56
1.2. Hypothèses.....	56
<b>2. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....</b>	<b>57</b>
2.1. Hypothèse générale A .....	57
2.2. Hypothèse générale B .....	59
<b>3. INTÉRÊTS, LIMITES ET PERSPECTIVES DE L’ÉTUDE.....</b>	<b>61</b>
3.1. Intérêts.....	61
3.2. Limites .....	61
3.3. Perspectives.....	62
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>65</b>
<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>68</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>87</b>

# **INTRODUCTION**

La chirurgie éveillée du cerveau est aujourd'hui considérée par une grande partie de la communauté scientifique, comme étant le traitement de référence en matière de neurochirurgie oncologique. Elle présente en effet le double avantage de permettre une exérèse tumorale la plus vaste possible, tout en préservant au maximum les fonctions essentielles, et permet en outre, de contribuer à l'avancée des connaissances en matière de fonctionnement cérébral, et notamment d'organisation anatomo-fonctionnelle du langage.

Malgré le développement considérable de cette pratique opératoire à l'échelle internationale, il n'existe que peu d'écrits portant sur l'évaluation du langage qui l'accompagne et les professionnels qui la réalisent. C'est pourquoi, nous avons souhaité réaliser un état des lieux des organisations et des pratiques au sein des services de neurochirurgie en France et à l'étranger.

En parallèle de cela, nous avons également cherché à savoir pour quelles raisons, certaines équipes de neurochirurgie ne pratiquent pas la chirurgie éveillée.

Ainsi, dans une première partie théorique, nous présentons un résumé des connaissances actuelles sur l'oncologie cérébrale et notamment les gliomes dits de bas grade car ils représentent le premier motif d'opération en chirurgie éveillée, l'organisation anatomo-fonctionnelle du langage, la technique opératoire de la chirurgie éveillée, et les différents temps d'évaluation cognitive et langagière en marge de cette dernière.

Dans une seconde partie pratique, nous posons la problématique, les objectifs de travail, ainsi que les hypothèses générales et opérationnelles de notre étude. Puis nous exposons notre méthodologie de recherche et présentons nos résultats.

Enfin, nous discutons nos résultats en les confrontant à nos hypothèses et aux données de la littérature.



# **PARTIE**

# **THÉORIQUE**

## 1. HISTORIQUE

L'idée de cartographier le cerveau grâce à l'utilisation de stimulations électriques directes est née durant la première partie du XIX<sup>ème</sup> siècle. Tout d'abord appliquée sur les animaux (Walker, 1957), cette technique fut pour la première fois utilisée sur l'être humain en 1874, par Robert Bartholow (Morgan, 1982). En 1886, le neurologue britannique Hughlings Jackson démontra qu'il était possible de localiser un foyer épileptique au niveau cortical, puis d'en pratiquer l'exérèse, entraînant ainsi l'arrêt des crises (July, Manninen, Lai, Yao et Bernstein, 2009 ; York et Steinberg, 2011). Dès lors, le recours aux stimulations électriques dans un but de cartographie cérébrale ou de localisation de foyers épileptiques devint de plus en plus courant.

C'est Wilder Penfield qui à la fin des années 1920, eut l'idée de n'anesthésier que localement le patient et de le maintenir éveillé durant l'opération, dans le but de recueillir son ressenti, ses sensations durant l'administration des stimulations électriques, guidant ainsi le chirurgien dans la localisation des foyers épileptiques et l'exérèse du tissu lésionnel (Garret, Pouratian et Liau, 2012 ; Penfield et Boldrey, 1937). Des travaux qu'il mena avec Theodore Brown Rasmussen à l'Institut neurologique de Montréal, découla notamment le célèbre homunculus, ou cartographie corticale des aires cérébrales motrices et sensibles primaires (Penfield et Rasmussen, 1950).

Lorsque Penfield prit sa retraite en 1960, la technique qu'il avait mise au point tomba dans l'oubli. Il fallut attendre une décennie pour que le professeur George Ojemann, neurochirurgien à Seattle, l'utilise et la développe, toujours dans le cadre du traitement de l'épilepsie (Duffau, 2016 ; Ojemann, 2010).

Dans les années 1990, deux neurochirurgiens américains, Mitchel Berger et Nader Sanai, étendirent la chirurgie en condition éveillée aux tumeurs de la glie : les gliomes (Sanai et Berger, 2011), puis, le professeur Hugues Duffau qui s'était formé chez le professeur Ojemann à la fin des années 90, importa cette technique en France et la personnalisait ; sa première opération se déroula à Paris en 1997 (Duffau, 2016).

En 2001, Peggy Gatignol est la première orthophoniste, à intervenir au bloc durant une chirurgie éveillée du cerveau avec le professeur Duffau à l'hôpital de la Pitié Salpêtrière à Paris.

A l'heure actuelle, une vingtaine d'orthophonistes interviennent en pré, per et post-opératoire, au sein des 30 centres hospitaliers universitaires français qui pratiquent cette technique.

## **2. LES GLIOMES DIFFUS DE BAS GRADE**

On appelle gliomes, les tumeurs qui se développent à partir des cellules du tissu de soutien qu'est la glie, et qui infiltrent progressivement le cerveau en migrant le long des fibres de substance blanche (Bonnetblanc, Desmurget et Duffau, 2006 ; Duffau, 2014). Bien que rares (Darlix et al., 2017), elles représentent un groupe conséquent de 155 types et sous-types de maladies (Louis et al., 2016), dont les lésions, bénignes ou malignes, varient considérablement en termes de morphologie, de localisation, de biologie moléculaire, d'expression clinique (Crocetti et al., 2012), et la cause de leur survenue demeure à ce jour inconnue.

### **2.1. Localisation**

Ces tumeurs se développent préférentiellement dans la zone frontale et fronto-pariétale de l'hémisphère gauche, pour 82,6% des cas, au sein des zones dites «éloquentes», c'est-à-dire fonctionnelles pour le langage et les fonctions sensorimotrices: les aires cérébrales, notamment l'aire motrice supplémentaire (27,3%) et le lobe insulaire (25%) (Duffau et Capelle, 2004).

### **2.2. Symptomatologie**

Les symptômes relevés dans les cas de gliomes de bas grade varient considérablement d'un individu à un autre. Ils peuvent être liés à l'hypertension intracrânienne due à la présence de la masse tumorale, à l'épilepsie secondaire à la tumeur, aux traitements, ou encore à une certaine détresse psychologique (Soffietti et al., 2010).

Si l'incidence symptomatique varie, l'apparition des symptômes, elle, se déroule toujours de la même manière, en quatre phases qui suivent la progression de l'infiltration tumorale : une première phase asymptomatique dite « silencieuse », suivie d'une période durant laquelle surviennent des crises d'épilepsie qui trahissent la présence de la tumeur (Beez et al., 2013 ; Huberfeld et Pallud, 2015 ; Loukil et al., 2019 ; Mandonnet, Taillandier et Duffau, 2017) et qui peuvent être accompagnées de difficultés attentionnelles, de céphalées, de nausées et de fatigue (Cochereau, Herbet et Duffau, 2016), puis une phase de dégénérescence faite de troubles neurocognitifs plus invalidants qui impactent les fonctions exécutives, la mémoire de travail (Le Rhun, Delbeuck, Devos, Pasquier et Dubois, 2009), pour finir par la phase anaplasique terminale (Mandonnet et al., 2017 ; Parisot et al., 2016).

### **2.3. Classification**

La classification de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est le référentiel international officiel pour les tumeurs du système nerveux central. Revisitée à plusieurs reprises depuis sa première édition parue en 1979, l'OMS en a livré sa dernière version en 2016 (Louis et al., 2016).

Tandis que la version de 2007 se basait sur des critères histologiques de ressemblances morphologiques ainsi que sur le degré d'agressivité de la tumeur, l'OMS propose en 2016, une classification de type moléculaire, mieux corrélée avec l'évolution tumorale (Reuss et al., 2015 ; Sanson, 2016). En effet, la prise en compte de l'évolution de certains marqueurs moléculaires à fortes valeurs diagnostique, pronostique, et prédictive en termes de choix thérapeutique (comme le gène IDH pour les gliomes), permet de classer les tumeurs en groupes homogènes et d'aboutir ainsi à un « diagnostic intégré » (Brouland et Hottinger, 2017).

Ainsi, les quatre types de gliomes : astrocytomes, oligodendrogliomes, oligoastrocytomes, et glioblastomes, sont à présent divisés en deux groupes : les gliomes circonscrits (pas ou peu infiltrants, grade I) qui sont bénins, et les gliomes diffus infiltrants (grades II, III et IV) dont le degré de malignité est dit soit « de bas grade » (II), soit « de haut grade » (III et IV) (Lapointe, Perry et Butowski, 2018).

## **2.4. Épidémiologie**

Les gliomes de bas grades représentent environ 15% des gliomes (Lévy, Chapet et Mazon, 2014). Ce sont des tumeurs qui apparaissent préférentiellement chez les jeunes adultes (entre 20 et 40 ans) qui mènent une vie sociale et professionnelle active (Mandonnet et al., 2017). Relativement rares, on dénombre en France environ 4000 nouveaux cas de gliomes chaque année, dont 700 gliomes de bas grade (Duffau, 2016), et l'incidence est de 1/100 000 habitants (Baron et al., 2008 ; Duffau, 2014).

## **2.5. Évolution**

L'évolution de ces tumeurs est particulièrement lente : elles grossissent d'environ 4 mm par an (Bonnetblanc et al., 2006 ; Mandonnet et al., 2008 ; Pallud et al., 2012).

Elles envahissent progressivement les faisceaux de substance blanche au sein de l'hémisphère lésé voire de l'hémisphère controlatéral, et finissent par une transformation anaplasique inéluctable car, bien que longtemps considérées à tort comme bénignes, elles sont pourtant bien « pré-cancéreuses » et deviennent malignes en 4 ou 5 ans (Baron et al., 2008 ; Bonnetblanc et al., 2006 ; Hlaihel et al., 2010 ; Le Rhun et al., 2015).

## **2.6. Traitements**

Si cette croyance erronée a longtemps induit une attitude thérapeutique attentiste dite du « watch and wait » (Baron et al., 2008 ; Duffau, 2009 ; Jakola et al., 2012 ; Weller et al., 2017), c'est aujourd'hui l'interventionnisme qui prédomine (recommandations européennes de l'ANOCEF, 2012 ; Le Rhun et al., 2015). Il consiste en une prise en charge précoce, active et dynamique (Duffau, Gallot, Spittler et Gardien, 2011), qui combine plusieurs thérapeutiques : chirurgie, radiothérapie et chimiothérapie, dans le but, non pas de guérir la pathologie, mais de limiter l'évolution, l'invasion et la transformation maligne de la tumeur, permettant le maintien de la qualité de vie du patient et l'accroissement de la durée de sa survie (Duffau, 2013 ; Pallud et Dezamis, 2017).

Les choix thérapeutiques dépendent de nombreux facteurs que sont le degré de malignité de la tumeur, sa nature infiltrante, sa localisation, l'âge du patient (Ducray, 2010), mais également son état clinique et neuropsychologique ainsi que ses attentes et priorités en termes de qualité de vie (Baron et al., 2008). De plus, il existe une très forte variabilité interindividuelle, qui rend impossible l'établissement d'un traitement type ou d'une prise en charge standardisée. Le choix du traitement et du type de prise en charge sera donc réalisé en fonction de la balance onco-fonctionnelle propre à chaque individu (Duffau, 2013), c'est-à-dire du meilleur équilibre qui puisse être, entre les impératifs oncologiques et les impératifs fonctionnels du patient.

### 2.6.1. La chirurgie

La chirurgie éveillée représente aujourd'hui la première option thérapeutique dans la prise en charge des gliomes de bas grade (Lapointe et al., 2018 ; Lévy et al., 2014 ; Le Rhun et al., 2015 ; Mandonnet et al., 2017 ; Taal, Bromberg et van den Bent, 2015). Cette technique opératoire permet d'optimiser l'étendue de la surface de résection de la tumeur, tout en préservant l'intégrité des zones dites éloquentes.

A l'issue de l'opération, le patient retrouve sa vie sociale et professionnelle (Mandonnet, Sarubbo et Duffau, 2015 ; Ng, Herbet, Moritz-Gasser et Duffau, 2019 ; Pallud et Dezamis, 2017 ; Soffiatti et al., 2010) et sa durée de survie est augmentée, comme cela a notamment été démontré grâce à une étude du REG (Réseau français d'Etude des Gliomes), dans laquelle des patients dont le diagnostic radiologique de survie initial était estimé à 7,4 années en moyenne, vivaient en moyenne 13 ans à la suite d'une exérèse chirurgicale (Capelle et al., 2013).

### 2.6.2. La radiothérapie

Le traitement radiothérapeutique traite localement la zone tumorale grâce à des radiations qui détruisent les cellules cancéreuses et interrompent leur prolifération (Ryken, Parney, Buatti, Kalkanis et Olson, 2015).

En complément d'une chirurgie ou en traitement de première intention, elle permettrait une réduction de l'évolution oncologique de la tumeur, mais il n'a pas été démontré qu'elle permettrait de prolonger la survie des patients (Baron et al., 2008). Bien qu'utilisée depuis les années 1950, son efficacité continue de faire débat (Bush, Chang et Berger, 2017 ; Pallud et al., 2012 ; van den Bent et al., 2005).

### 2.6.3. La chimiothérapie

Ce traitement médicamenteux qui a pour but de stopper la division des cellules cancéreuses, permet une stabilisation de l'évolution maligne dans 50% des cas, mais a un effet limité dans le temps (Ducray, 2010). Elle peut être administrée avant la chirurgie afin de faire diminuer l'infiltration et ainsi faciliter l'exérèse (Soffietti et al., 2010), ou en complément de la chirurgie pour éviter la récurrence, ou dans les cas d'exérèse incomplète pour des raisons fonctionnelles sans possibilité de réopérer, voire dans les cas pour lesquels la chirurgie n'est pas envisageable (Baron et al., 2008 ; Duffau, 2013).

Durant la dernière décennie, de nouvelles molécules neuro-oncologiques sont apparues qui permettent une administration plus précoce et une efficacité accrue (Duffau, 2013).

## 3. L'ORGANISATION CÉRÉBRALE DU LANGAGE

### 3.1. Du localisationnisme au connexionnisme

La recherche en matière de localisation neuro anatomique des zones sous tendant les activités humaines, a connu un essor considérable à partir de la fin du 18ème siècle. Tout d'abord, le médecin allemand Franz Joseph Gall fonda la théorie selon laquelle la morphologie crânienne traduirait les facultés mentales et la personnalité d'un individu (Gall et Spurzheim, 1810), posant ainsi les fondations du courant localisationniste.

Puis en 1861, le médecin et anatomiste français Paul Broca eut l'idée de déduire d'un symptôme aphasique, un substrat neuro anatomique : il décrit le cas d'un patient qui ne pouvait plus prononcer qu'une seule syllabe et dont la dissection cérébrale post mortem rapporta une lésion de la partie inférieure de la troisième circonvolution du lobe frontal gauche. Il en déduisit que la zone lésée devait abriter « le siège de la faculté du langage articulé » (Broca, 1861).

En 1874, Carl Wernicke, un médecin allemand, corréla les symptômes aphasiques témoignant d'un déficit en compréhension de la parole, avec la partie postérieure de la première circonvolution du lobe temporal gauche (Wernicke, 1874 (1970)). Il découvrit également l'existence d'un faisceau de substance blanche de forme arquée, qui relie cette zone temporale avec l'aire frontale dite de Broca, introduisant ainsi les prémices du modèle associationniste.

Le physicien allemand Ludwig Lichtheim s'inscrivit également dans ce courant, postulant en 1885, qu'il existait un système sémantique qui serait relié aux centres responsables des représentations auditives et motrices de la parole grâce à des voies dites associatives. Il proposa ce faisant, le premier modèle d'organisation du traitement cérébral du langage (Lichtheim, 1885).

Plusieurs décennies plus tard, en 1965, Norman Geschwind, neurologue et psychiatre américain, proposa un modèle connexionniste qui s'inspirait des études de Wernicke et de ses successeurs. Il postula l'existence de zones corticales connectées entre elles par des faisceaux d'association et avança l'hypothèse selon laquelle les troubles du langage seraient dus à une rupture au sein de ces réseaux connectés (Geschwind, 1970).

Au cours des dernières décennies, l'émergence de nouvelles techniques d'imagerie ainsi que le recours à l'électrophysiologie à des fins de cartographie per-opératoire, ont permis de mettre en évidence l'existence d'un vaste réseau cortico-sous-cortical qui sous-tend les fonctions humaines (Démonet et Planton, 2012).



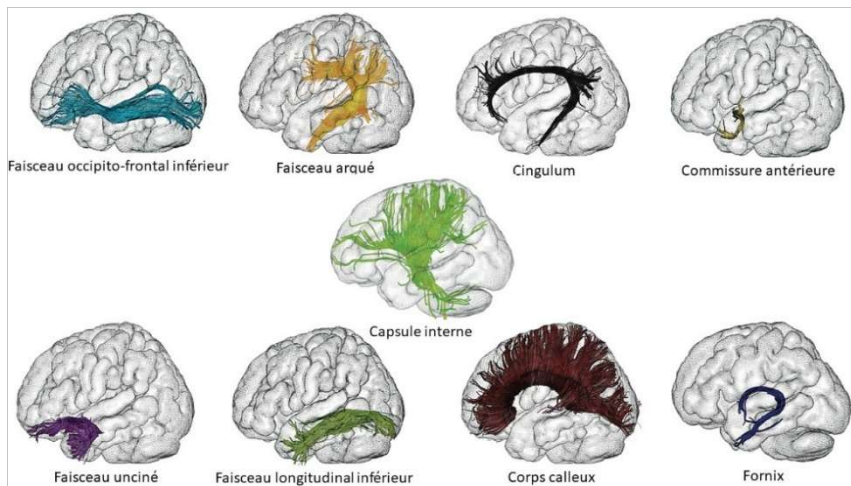
### **3.2. Une architecture anatomo-fonctionnelle en réseau**

De nos jours, les études scientifiques s'accordent largement pour soutenir la théorie connexionniste (Tremblay et Dick, 2016). En effet, il a été démontré que contrairement à ce qui a longtemps été pensé, les différents processus mis en jeu dans le traitement du langage ne sont pas sous-tendus par le recrutement de zones cérébrales circonscrites, mais bien par l'activation d'un vaste réseau de connexions neuronales.

#### 3.2.1. Le connectome

Ce vaste réseau est constitué de fibres de substance blanche (axones des neurones et cellules gliales) (Dick, Bernal et Tremblay, 2013 ; Duffau, 2015) qui peuvent être :

- des fibres d'association, qui relient entre elles les aires corticales d'un même hémisphère: le faisceau occipito-frontal inférieur (IFOF) qui connecte les zones pré-frontales aux zones temporo-occipitales, le faisceau fronto-occipital supérieur dont l'existence est néanmoins remise en question (Chenin et al., 2017 ; Türe, Yasargil et Pait, 1997), le faisceau longitudinal supérieur (SLF) et son segment direct le faisceau arqué qui relie le lobe frontal au gyrus post-central, le faisceau longitudinal inférieur (ILF) qui interconnecte le lobe temporal et le lobe occipital, le faisceau unciné (UF) qui relie le lobe frontal au lobe temporal, et le cingulum qui relie le gyrus cingulaire au complexe hippocampique (Catani, Howard, Pajevic et Jones, 2002) ;
- des fibres commissurales qui relient les deux hémisphères : la commissure antérieure, le corps calleux et le fornix ;
- des fibres de projection qui relient les zones corticales aux zones sous-corticales : la capsule interne et les radiations optiques (Chenin et al, 2017).



**Figure 1.** Les fibres de substance blanche (adapté de Catani et Thiebaut de Schotten, 2008)

Au sein de ce réseau, deux types de connectivité sous-tendent les fonctions langagières : l'une horizontale (cortico-corticale) qui relie les épices centres corticaux entre eux, et l'autre verticale qui relie le cortex aux zones sous-corticales impliquées dans les processus de traitement du langage (Duffau, 2014). Elles se situent dans l'hémisphère gauche pour 95% des droitiers et pour 15% des gauchers (Friederici, 2009 ; Smits et al., 2007 ; Szaflarski, Holland, Schmithorst et Byars, 2006).

### 3.2.2. La connectivité horizontale

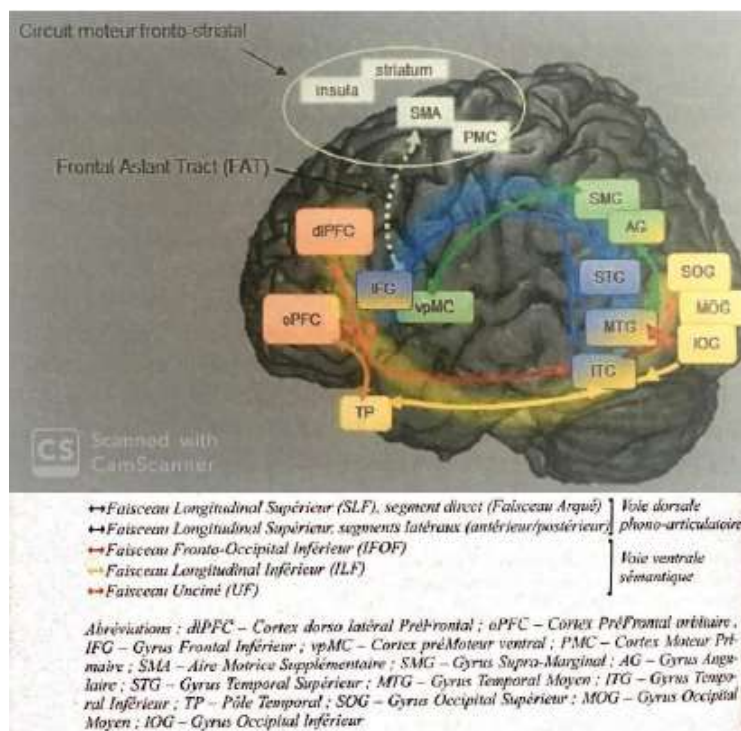
Cette première connectivité relie entre elles, les structures corticales qui participent au traitement du langage, grâce aux faisceaux d'association répartis en deux voies qui agissent en parallèle (Friederici, 2009 ; Herbet et Duffau, 2019 ; Hickok et Poeppel, 2004) :

- la voie ventrale, ou voie du « what » qui se charge des traitements conceptuels sémantiques et qui implique le faisceau occipito-frontal inférieur (IFOF), le faisceau longitudinal inférieur (ILF), et le faisceau unciné (UF). La stimulation électrique de l'IFOF entrainerait donc des troubles sémantiques tels que des anomies, des paraphasies (Almairac, Herbet, Moritz-Gasser, Menjot de Champfleury et Duffau, 2015 ; Duffau et Moritz-Gasser, 2018).

Cette voie serait également liée au processus de lecture en ce sens qu'elle sous-tendrait la voie dite d'adressage (voie directe) qui permet l'identification des mots par appariement avec les unités stockées dans le lexical orthographique (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon et Ziegler, 2001 ; Dehaene et Cohen, 2011 ; Moritz-Gasser et Duffau, 2018).

- la voie dorsale ou voie du « where » est particulièrement impliquée dans la reconnaissance des sons du langage et leur mise en relation avec les programmes articulatoires (Rolheiser, Stamatakis et Tyler, 2011). Elle implique le faisceau longitudinal supérieur (SLF) avec son segment direct, le faisceau arqué, et ses segments indirects latéraux, antérieurs et postérieurs (Moritz-Gasser et Duffau, 2018). La stimulation électrique du faisceau arqué entraîne des troubles phonologiques en dénomination orale d'images, celle des segments indirects antérieurs entraîne des troubles articulatoires, tandis que celle des segments indirects postérieurs entraîne des troubles de la compréhension orale (Maldonado, Moritz-Gasser et Duffau, 2011). La voie dorsale serait elle aussi, liée au processus de lecture car elle sous-tendrait la voie dite d'assemblage (voie indirecte) qui permet la conversion phonèmes-graphèmes.

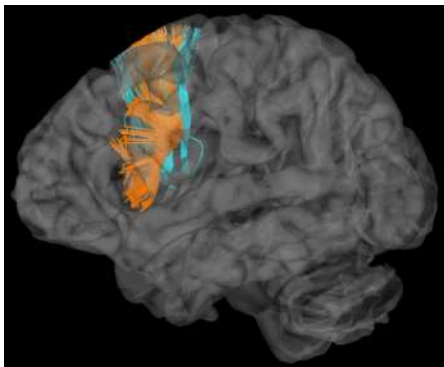
Ces deux voies interagissent entre elles grâce à leurs terminaisons corticales communes (Axer, Klingner et Prescher, 2013 ; Moritz-Gasser et Duffau, 2018).



**Figure 2.** Schéma connectomique de l'organisation cérébrale de traitement du langage et de la parole (Moritz-Gasser et Duffau, 2018)

### 3.2.3. La connectivité verticale

Cette seconde connectivité met en jeu un réseau cortico-sous-cortical de faisceaux de substance blanche qui connecte au sein de l'hémisphère gauche, les structures qui soutiennent l'initiation de la parole, la planification/programmation articulatoire, la séquentialisation phonologique, le traitement des aspects temporels et rythmiques et le contrôle moteur (Kinoshita et al., 2015 ; Moritz-Gasser et Duffau, 2018). Ce réseau comprend le frontal aslant tract (FAT) qui connecte l'aire motrice supplémentaire (AMS) à la pars opercularis du gyrus frontal (Dick, Garic, Graziano et Tremblay, 2019 ; Vassal, Pommier, Mazzola, Boutet et Nutti, 2014), et le Fronto-striatal Tract (FST) qui connecte l'aire motrice supplémentaire au noyau caudé (Catani et al., 2012 ; Kinoshita et al., 2015). La stimulation électrique du FAT induit des épisodes de bégaiements (Kermedere et al., 2016), de disfluences verbales (Moritz-Gasser et Duffau, 2018) et des troubles d'initiation de la parole (Catani et al., 2012).



**Figure 3.** Le frontal aslant tract (orange) et le fronto-striatal tract (bleu) (Middelbrooks, Yagmurlu, Szaflarski, Rahman et Bozkurt, 2016)

Enfin, bien que l'hémisphère gauche soit très majoritairement recruté pour le traitement du langage et plus particulièrement pour les niveaux formels que sont la sémantique, la syntaxe ou la phonologie (Vigneau et al., 2011), c'est l'hémisphère droit qui se charge des aspects paralinguistiques et pragmatiques du langage, dont font partie la prosodie, la compréhension des métaphores, mais également ou encore la perception de l'émotion portée par la parole et par les expressions faciales, l'empathie et la théorie de l'esprit (Lemée, Bernard, Minassian et Menei, 2018).

#### 4. LA CHIRURGIE ÉVEILLÉE ET L'ÉVALUATION DU LANGAGE

La chirurgie éveillée vise un double objectif très ambitieux : pratiquer une exérèse de la tumeur qui soit la plus vaste possible, tout en préservant au maximum l'intégrité des zones corticales et sous-corticales qui sous-tendent les fonctions essentielles comme le langage et la motricité (Chua, Qi Se, Ti Ang et King, 2018 ; De Benedictis, Moritz-Gasser et Duffau, 2010 ; Duffau, 2016 ; Pallud et Dezamis, 2017).

Pour ce faire, une cartographie anatomo-fonctionnelle individualisée est réalisée grâce à l'administration des courants électriques de courte durée (4 secondes) et de faible intensité, qui ne provoquent aucune souffrance chez le patient puisque le cerveau est indolore (Bajunaid et Ajlan., 2015 ; Duffau, 2004). Ces stimulations électriques directes (SED) à la surface du parenchyme cérébral puis en profondeur, créent des micro-lésions transitoires susceptibles d'entraîner des symptômes de type aphasique, permettant ainsi de distinguer les zones péri-lésionnelles à préserver de celles qui peuvent être réséquées. Ainsi, les risques de déficits neurologiques sont minimisés (moins de 1%) (Duffau, 2018) donc la qualité de vie des patients est maintenue et leur durée de survie est accrue (De Witte Hamer, Robles, Zwinderman, Duffau et Berger, 2012 ; Motomura et al., 2018 ; Sanai et Berger, 2011).

Dans le cas des tumeurs de bas grade, la résection tumorale sans séquelles neurologiques est rendue possible par le mécanisme de plasticité cérébrale post-lésionnelle qui, en parallèle de la croissance très lente du gliome, effectue une véritable réorganisation fonctionnelle localisée. En effet, le cerveau est à même de repérer la présence d'une lésion et de remplacer la fonctionnalité des zones lésées par celle de zones saines, recrutées aussi bien au sein des aires voisines que distantes, interhémisphériques que controlatérales du fait de la connectivité cortico-sous-corticales des réseaux de fibre blanche (Bonnetblanc et al., 2006 ; van Geemen, Herbet, Moritz-Gasser et Duffau, 2014). C'est d'ailleurs pour cette raison que la présence d'une tumeur de bas grade passe longtemps inaperçue car peu nombreux sont au début, les symptômes témoignant d'un déficit cognitif ou langagier (Duffau, 2014 ; Bonnetblanc et al., 2006 ; Mandonnet et al., 2017).

#### **4.1. Phase pré-opératoire**

Ce premier temps représente une étape primordiale car de lui va dépendre l'ensemble des modalités du processus thérapeutique à venir. Deux examens d'imagerie médicale vont être réalisés : tout d'abord, une IRM dans le but d'obtenir des informations concernant la morphologie, la taille et la localisation de la tumeur (De Witte et Mariën, 2013), puis une IRMf pour dessiner une première cartographie fonctionnelle grâce à l'observation des zones activées lors de la réalisation de tâches spécifiques. Il est néanmoins important de noter que ce second examen manque de fiabilité (Duffau et al, 2011 ; Giussani et al., 2010) en ce sens qu'il ne permet pas de distinguer les structures indispensables, de celles qui pourraient être compensées.

Cette première phase est également le temps durant lequel le patient rencontre les membres de l'équipe pluridisciplinaire qui vont s'occuper de lui. Le neurochirurgien va tout d'abord réaliser un bilan neurologique qui sera complété par un bilan langagier et cognitif réalisé par l'orthophoniste et/ou le neuropsychologue qui sera présent au bloc opératoire. Ce bilan servira de point de comparaison avec celui qui sera réalisé en post-opératoire. D'éventuels troubles peuvent alors être constatés, qui témoignent du retentissement fonctionnel de l'infiltration tumorale (Baron et al., 2008) et guident le choix des modalités de l'évaluation per-opératoire. Ce moment sera également l'occasion d'informer le patient, de répondre à ses interrogations, de le rassurer si besoin, contribuant ainsi à diminuer le risque de survenue de réaction liée au stress durant l'opération (Beez et al., 2013). Il peut aussi permettre la révélation de contre-indications à la chirurgie éveillée comme peuvent l'être des difficultés de compréhension orale, des troubles du comportement, ou encore une altération de l'état psychologique (Baron et al., 2008).

#### **4.2. Phase per-opératoire**

Au moment de l'opération, le patient est positionné en décubitus latéral puis, est soit endormi sous anesthésie générale, le temps de procéder à la craniotomie, soit plongé dans un état de conscience modifiée grâce à l'hypnose, ou encore simplement anesthésié de manière locale.

Le neurochirurgien procède ensuite à la cartographie fonctionnelle corticale et sous-corticale grâce à une sonde de stimulation qui envoie des brefs courants électriques de faible intensité à la surface du cortex et en profondeur.

L'orthophoniste ou le neuropsychologue procède à l'évaluation durant le temps de cartographie et durant le temps de résection afin de guider le geste opératoire. La fatigabilité du patient et les conditions opératoires (position, état de vigilance, vision parfois gêné) restreignent considérablement le champ d'action et contraignent à une adaptation permanente. Les épreuves choisies doivent être simples mais suffisamment fines pour rendre compte précisément de la nature de l'atteinte langagière, et elles doivent n'induire que des réponses rapides du fait de la brièveté des SED (Duffau, 2010). Les réponses du patient sont qualitativement analysées et rapportées au neurochirurgien qui décide alors de la poursuite ou de l'arrêt de la progression de la résection tumorale.

Les épreuves administrées au bloc opératoire varient en fonction du patient, des résultats qu'il a obtenus aux bilans préopératoires et des caractéristiques de la tumeur. Elles peuvent évaluer entre autres, le langage spontané, le comptage, la compréhension, la répétition, les fluences verbales, le langage automatique, la lecture et peuvent être associées selon la localisation de la tumeur, à des gestes moteurs tels qu'une flexion extension du bras avec ouverture de la main. Néanmoins, la dénomination orale d'images avec la DO80 (Deloche et al., 1990) demeure l'épreuve la plus utilisée lors de l'évaluation per-opératoire, car elle répond aux contraintes temporelles imposées par le cadre opératoire et elle permet de tester simultanément les niveaux phonétique, phonologique, lexical, sémantique ainsi que la reconnaissance visuelle. Elle permet de mettre rapidement en lumière des troubles langagiers tels que des manques du mot, des paraphrasies sémantiques ou phonémiques, des difficultés articulatoires.

Durant toute la durée de l'opération, l'orthophoniste ou le neuropsychologue rassure, encourage, et motive le patient pour l'aider à aller au bout de ce processus fatigant et coûteux.

Une fois la résection terminée, le patient, qui sera resté éveillé environ 90 minutes, est à nouveau endormi afin que le neurochirurgien puisse procéder à l'hémostase, à la fermeture de la dure-mère et à la repose du volet osseux (Duffau et al, 2011).

### **4.3. Phase post-opératoire**

Quelques jours après l'opération, une fois que les œdèmes post-intervention sont résorbés et que les troubles transitoires qui les accompagnent ont disparu, l'orthophoniste ou le neuropsychologue procède à une évaluation qui va permettre, en comparaison avec le bilan préopératoire, d'identifier les éventuels déficits consécutifs à la chirurgie, et d'orienter les axes de la rééducation.

Trois mois après l'opération, le patient est à nouveau évalué de manière à déterminer son niveau de récupération fonctionnelle et d'éventuellement réorienter ou adapter les axes de rééducation.



**PROBLÉMATIQUE**

**OBJECTIFS**

**ET**

**HYPOTHÈSES**

## 1. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS

Cela fait environ une trentaine d'années que la chirurgie cérébrale oncologique en condition éveillée se développe progressivement dans le monde entier. Ses origines, principes et applications sont largement décrits et commentés dans la littérature scientifique et il existe bon nombre d'articles qui témoignent des protocoles opératoires appliqués par les équipes hospitalières qui la pratiquent.

Or, nous constatons qu'il n'en va pas de même pour ce qui est des pratiques en matière d'évaluations du langage péri et peropératoire, tandis que leur importance est de tout premier ordre puisqu'elle guide en partie, les gestes du neurochirurgien.

Des travaux de recensement des centres hospitaliers pratiquant la chirurgie éveillée, et d'analyses des pratiques d'évaluation ont bien été effectués en France par Nolwenn Madec (Madec, 2012), Suzon Chauvat et Mathilde Gaborieau (Chauvat et Gaborieau, 2015) dans le cadre de leurs mémoires d'orthophonie, ainsi que par le European Low-Grade Glioma network (Rofès et al., 2017), mais à notre connaissance, très peu d'autres études existent, qu'elles soient françaises ou internationales.

Fort de ce constat, nous avons donc décidé d'effectuer une mise à jour des connaissances en réalisant un état des lieux de l'évaluation du langage durant une opération de chirurgie éveillée, tant en France, qu'à l'étranger.

D'autre part, si la chirurgie connaît effectivement un essor très important depuis quelques années, nous constatons que certaines équipes ne la pratiquent pas. Nous avons donc cherché à comprendre les raisons de ce choix, en consacrant une partie de la revue de littérature à cette question.

Au vu de cette double problématique, nos objectifs sont :

- Etablir un état des lieux des différentes pratiques en termes d'évaluation du langage durant une chirurgie éveillée du cerveau en France et à l'international, grâce à une revue de littérature et aux témoignages de professionnels via un questionnaire ;
- Comprendre pour quelles raisons certaines équipes ne pratiquent pas la chirurgie éveillée, grâce à un travail de recherche bibliographique.

## 2. HYPOTHÈSES

Cette étude vise à vérifier la validité des hypothèses générales et opérationnelles suivantes :

### **Hypothèses générales :**

A. Il existe une forte disparité des pratiques et organisations en per-opérateur, tant au niveau français, qu'international.

B. Le fait que la chirurgie cérébrale éveillée ne soit pas pratiquée par tous, est dû pour certains à un choix, et pour d'autres, à une contrainte.

### **Hypothèses opérationnelles :**

A1. La dénomination est la seule épreuve qui est administrée de manière quasi-systématique, durant l'opération. Pour les autres épreuves, les pratiques sont disparates et hétérogènes.

A2. Les professionnels qui effectuent les évaluations du langage durant une opération de chirurgie éveillée, ont un degré de connaissance en neuroanatomie fonctionnelle, très variable.

A3. Le métier d'orthophoniste est connu et largement répandu en France mais ça n'est pas le cas à l'étranger. Les orthophonistes sont donc plus nombreux(es) au sein des équipes hospitalières françaises, qu'étrangères.

B1. Certaines équipes ne pratiquent pas la chirurgie éveillée du fait d'un positionnement théorique, médical ou éthique défavorable à cette technique opératoire.

B2. Certaines équipes ne pratiquent pas la chirurgie éveillée du fait d'une insuffisance de moyens matériels, économiques ou humains.

# MÉTHODOLOGIE

## 1. REVUE DE LITTÉRATURE

### 1.1. Matériel

#### 1.1.1. La littérature scientifique

La recherche bibliographique a été menée de février 2019 à mars 2020, dans les publications de la littérature scientifique internationale, apportant ainsi la garantie d'exploiter et présenter, les données les plus fiables et les plus récentes qui soient.

#### 1.1.2. Les logiciels

Deux outils informatiques ont été utilisés afin d'organiser cette revue :

- Le tableur Excel© qui a permis de lister, trier les études et stocker les fiches de lecture ;
- Le logiciel de gestion bibliographique Mendeley© qui centralise les articles sélectionnés et facilite un référencement respectant les normes APA.

### 1.2. Procédure

#### 1.2.1. La sélection des articles scientifiques

Les recherches bibliographiques ont été effectuées via les moteurs de recherche PubMed, ScienceDirect et Google Scholar, grâce à des mots-clés choisis en fonction de trois thématiques qui découlent de la problématique :

- Les études : rétrospectives, prospectives ou de cas, qui témoignent de la façon dont est évalué le langage durant une chirurgie éveillée, dans certains centres hospitaliers à l'étranger ;
- Les protocoles : propositions de sélections de fonctions à évaluer et d'épreuves à administrer en peropératoire ;
- La non-pratique de la chirurgie éveillée : raisons pour lesquelles certains ne pratiquent pas cette technique opératoire.

Les mots-clés ci-dessous ont été associés au terme « chirurgie éveillée », traduit en anglais par « awake craniotomy » ou « awake surgery » :

<b>Thèmes de recherche</b>	<b>Mots-clés en français</b>	<b>Mots-clés en anglais</b>
<b>Études</b>	Gliomes de bas-grade Gliomes Cartographie corticale Stimulations électriques directes Évaluation du langage Méta-analyses Étude de cas Revue de littérature	Low-grade gliomas Gliomas Cortical mapping Direct electrical stimulations Language assessment Meta-analysis Case report Review
<b>Protocoles</b>	Protocole d'évaluation Batterie d'évaluation Tâches Recommandations	Assessment protocol Assessment battery Tasks Recommandations
<b>Non-pratique</b>	Sûreté Fiabilité Bénéfices Gold standard Contre-indications Controverses Versus	Safety Fiability Benefits Gold standard Contraindications Controversies Versus

*Tableau 1. Les mots-clés utilisés en français et en anglais, pour chaque thème de recherche.*

Seules les études menées sur l'homme, rédigées en langues française, anglaise ou espagnole, et publiées à partir de 2010 ont été incluses. 113 articles ont ainsi été sélectionnés.

Puis, ont été éliminés :

- les études rétrospectives dont les périodes d'analyse sont antérieures à 2000 ;
- les articles rédigés par des équipes ayant répondu au questionnaire ;
- les articles rédigés par les mêmes équipes et portant sur les mêmes populations ;
- les articles qui n'apportent pas suffisamment de détails quant à la procédure d'évaluation langagière peropératoire.

Il est resté 60 articles, à l'issue de ce tri.

Enfin, nous avons complété et enrichi cette recherche par mots-clés, par une analyse des études référencées dans chacun des articles sélectionnés, en appliquant les mêmes règles de tri, et avons finalement conservé 69 articles.

### 1.2.2. La revue de littérature

Ainsi, la revue bibliographique est constituée de 69 articles internationaux répartis par thématique, de la façon suivante :

- Les études de pratiques : 26 articles issus de 21 pays : Allemagne, Arabie Saoudite, Brésil, Canada, Chine, Espagne, Finlande, Inde, Irlande, Italie, Japon, Malaisie, Pologne, Russie, Slovaquie, Soudant, Suède, Suisse, Thaïlande, Angleterre, Etats-Unis d'Amérique ;
- Les protocoles d'évaluation : 9 articles ;
- La non-pratique de la chirurgie éveillée : 34 articles.

### 1.3. Analyse des données

Les données issues des études de la revue bibliographique ont été analysées à l'aide de statistiques descriptives. Ce sont des « variables qualitatives nominales » car elles portent sur des modalités textuelles non-classables dans un ordre donné telles que : les fonctions langagières, les épreuves, les professions des intervenants, les conditions opératoires, les argumentations.

Afin de pouvoir évaluer les fréquences de ces données au sein de notre population de référence, elles ont été converties en pourcentages. Ainsi devenues des variables quantitatives discrètes, nous avons pu les analyser et les comparer entre elles.

Pour les données disparates, non-homogénéisables, une analyse qualitative a été réalisée, permettant notamment, la retranscription de témoignages et de compléments d'informations très pertinents.

## **2. QUESTIONNAIRE**

### **2.1.Population**

#### 2.1.1. Le recensement des centres hospitaliers en France

La première étape de cette étude a consisté à effectuer un recensement des centres hospitaliers qui pratiquent la chirurgie éveillée en France, dans la mesure où aucune liste n'existait. Les toutes premières recherches ont été menées à la fois auprès des établissements publics et des établissements privés, mais ces derniers se sont rapidement avérés trop nombreux, elles ont donc dû être limitées au domaine public.

Pour parvenir à identifier ces établissements, nous nous sommes appuyés sur les données issues à la fois des moteurs de recherche internet spécialisés et grand public, et de la littérature scientifique, grâce aux mots-clés « chirurgie éveillée, neurochirurgie éveillée, craniotomie, hôpitaux ». Ce faisant, nous avons pu effectuer un premier tour d'horizon et collecter une grande quantité d'informations, allégeant ainsi la teneur des demandes que nous allions devoir faire par la suite.

Au début du mois de mai 2019, les secrétariats des services de neurochirurgie des 39 hôpitaux concernés ont été contactés par email, afin de vérifier les informations, et obtenir les noms et coordonnées des personnes en charge de réaliser les évaluations du langage.

Chaque demande a été faite de manière individualisée et adaptée en fonction des renseignements précédemment collectés. A la fin du mois de mai 2019, tous avaient répondu.

Au mois de juin 2019, un email a été envoyé à chacune de ces personnes, au sein des services de neurochirurgie des 29 centres hospitaliers concernés, afin de présenter le sujet de notre travail de recherche et de savoir si elles seraient disposées à répondre au questionnaire. Toutes ont témoigné de l'intérêt pour cette étude et ont donné leur accord de principe.



Angers	Clamart	Lille	Nancy	Paris Lariboisière	St Etienne
Besançon	Colmar	Limoges	Nantes	Paris St Anne	Strasbourg
Bordeaux	Grenoble	Lyon	Nice	Poitiers	Toulouse
Brest	La Réunion	Marseille	Nîmes	Reims	Tours
Caen	Kremlin Bicêtre	Montpellier	Paris Salpêtrière	Rouen	

**Tableau 2.** Les hôpitaux publics français qui ont accepté de répondre au questionnaire

### 2.1.2. Le recrutement des centres hospitaliers à l'étranger

Contrairement à la recherche portant sur les établissements français, il s'est agi ici non pas de recenser, mais d'identifier un certain nombre d'hôpitaux pratiquant la chirurgie éveillée dans le monde.

N'ayant donc pas de liste préétablie, nous sommes partis d'informations collectées sur internet et dans la littérature scientifique internationale, grâce à divers mots-clés tels que « *awake surgery, awake craniotomy, hospital, neurosurgeon, neurosurgery* ». Une liste de 71 centres répartis sur cinq continents a ainsi été établie.

Au mois de mai 2019, un email en anglais a été envoyé, soit aux secrétariats des services de neurochirurgie, soit directement aux professionnels repérés sur Internet et dont les contacts étaient accessibles, afin, comme pour la France, de vérifier nos informations, et d'obtenir les noms et coordonnées des personnes chargées de réaliser les évaluations du langage.

Au mois de juin 2019, ces personnes ont été contactées par email afin de présenter le sujet de notre travail de recherche et de savoir si elles seraient disposées à répondre au questionnaire. Sur les 71 personnes contactées, 41 n'ont pas répondu malgré les relances, et 30 ont accepté de participer à l'étude.

Allemagne Berlin	Belgique Alost	Inde Jaipur	Pays-Bas Rotterdam	Russie Moscou	USA Kansas City
Angleterre Southampton	Belgique Louvain	Israël Tel Aviv	Pays-Bas Utrecht	Suisse Lausanne	USA New-York
Angleterre Salford	Brésil Sao Polo	Italie Lecco	Pologne Varsovie	Suisse Bâle	USA Charleston
Australie Brisbane	Canada Toronto	Japon Tokyo	Québec Montréal	Tunisie Tunis	USA Houston
Autriche Vienne	Finlande Helsinki	Nigéria Sokoto	Russie Novosibirsk	USA Miami	USA Seattle

*Tableau 3. Les hôpitaux étrangers qui ont accepté de répondre au questionnaire*

## 2.2. Matériel

### 2.2.1. Le choix du questionnaire

Afin de recueillir et analyser le plus efficacement possible les informations nécessaires à la réalisation de cette étude, et au vu du nombre conséquent de répondants potentiels, le format questionnaire a été préféré à celui de l'interview.

Le choix du matériel s'est porté sur le questionnaire en ligne Google Form car il présente de nombreux avantages tant pour l'utilisateur (outil connu de tous, accessible depuis un ordinateur ou un smartphone, simple et rapide à compléter), que pour l'auteur (facile à mettre en place, pratique pour la récolte et l'analyse des réponses).

### 2.2.2. La structure du questionnaire et ses questions

Le questionnaire est constitué de 89 questions parmi lesquelles, beaucoup sont conditionnées par la teneur des réponses données aux items précédents.

Chaque répondant évolue au sein du questionnaire en fonction de ses réponses et n'a donc pas à répondre à la totalité des questions posées ; à minima, il doit répondre à 28 d'entre elles.

Afin de faciliter et écourter autant que possible la complétion, il a été décidé de ne poser que des questions fermées, à choix de réponse soit simple, soit multiple. Néanmoins, certaines d'entre elles sont accompagnées d'une section ouverte qui permet au répondant, de compléter ou détailler sa réponse.

Le questionnaire s'articule autour de 5 parties thématiques qui visent à apporter les informations suivantes :

➤ Présentation

Qui est le répondant ? Au sein de quel établissement exerce-t-il ?

Qui sont le(s) neurochirurgien(s) qui y opère(nt) en chirurgie éveillée ?

Quelles sont les pathologies concernées ? Qui sont les patients pris en charge ?

Quel est le nombre approximatif d'opérations mensuelles ?

➤ Organisation

Combien de personnes constituent l'équipe ? Quelles sont leur profession ?

Qui se charge des évaluations langagières péri et per-opératoires ?

Selon quel(s) critère(s) est-ce décidé ?

➤ Conditions opératoires

De quel matériel se sert l'évaluateur ? De quel matériel se sert le patient ?

Quelles sont les éventuelles difficultés rencontrées ?

Quels sont les protocoles d'évaluation éventuellement utilisés ?

➤ Evaluation du langage oral

Dans quelle mesure les différents domaines du langage oral proposés sont évalués ?

De quelle manière le sont-ils ? A l'aide de quel matériel ?

➤ Evaluation du langage écrit

Dans quelle mesure les différents domaines du langage écrit proposés sont évalués ?

De quelle manière le sont-ils ? A l'aide de quel matériel ?

### **2.3. Procédure**

Le questionnaire a été élaboré durant l'été 2019. Le lien permettant d'y accéder et d'y répondre a été envoyé au mois de septembre 2019, par email aux interlocuteurs français et étrangers préalablement contactés, accompagné d'un message comprenant l'historique de nos échanges et rappelant l'objet de l'étude.

Une première relance individualisée a été envoyée aux personnes n'ayant pas répondu, le 30 novembre 2019, puis une seconde a été envoyée fin janvier.

Sur les 29 centres hospitaliers français contactés, tous ont répondu au questionnaire (100%) : Angers, Besançon, Bordeaux, Brest, Caen, Clamart, Colmar, Grenoble, La Réunion, le Kremlin-Bicêtre, Lille, Limoges, Lyon, Marseille, Montpellier, Nancy, Nantes, Nice, Nîmes, Paris la Salpêtrière, Paris Lariboisière, Paris St-Anne, Poitiers, Reims, Rouen, St Etienne, Strasbourg, Toulouse et Tours.

Sur les 30 centres hospitaliers étrangers qui étaient disposés à y répondre, 19 l'ont finalement fait (63.3%) : Alost, Bâle, Berlin, Brisbane, Helsinki, Jaipur, Lausanne, Louvain, Miami, Moscou, New-York, Rotterdam, Sao Polo, Seattle, Southampton, Tel Aviv, Tokyo, Varsovie et Vienne.

### **2.4. Analyse des données**

Les données recueillies grâce à ce questionnaire ont été analysées à l'aide de statistiques descriptives.

Elles sont constituées de variables quantitatives discrètes telles que le nombre d'opérations chirurgicales réalisées par mois, et de variables qualitatives nominales telles que la profession du répondant. Les fréquences de ces données ont été converties en pourcentages, afin de pouvoir être analysées et comparées entre elles.

Les résultats constitués de variables quantitatives discrètes, dont l'effectif total est représenté par la somme des centres interrogés, sont présentés en annexe 4, sous la forme de diagrammes en barres dits de Pareto, qui classent les fréquences dans l'ordre décroissant, permettant donc de comparer rapidement et simplement les données entre elles.

Les résultats constitués de variables qualitatives nominales, dont la nature des effectifs totaux varie, ont été convertis en pourcentages et sont présentés en annexe 4, sous la forme de graphiques en secteurs, notamment car ils permettent une représentation du tout auquel chaque partie se rapporte

Enfin, les commentaires et éclaircissements apportés par les répondants par le biais des sections ouvertes prévues à cet effet, ont fait l'objet d'une analyse purement qualitative.

# RÉSULTATS

## 1. REVUE DE LITTÉRATURE

### 1.1. Ceux qui opèrent en chirurgie éveillée

#### 1.1.1. Les pratiques

Cette revue de littérature se compose de 26 articles scientifiques, émanant de 21 pays différents, et tous parus entre 2010 et 2019. Comme il a été précisé dans la méthodologie, aucune de ces études ne provient d'une des équipes ayant répondu au questionnaire.

Parmi ces articles, 15 portent sur des études rétrospectives (chirurgies éveillées s'étant déroulées entre 2000 et 2018), 8 sur des études prospectives, et 3 sur des études de cas. Pour les études rétrospectives, le plus petit panel est constitué de 9 patients, tandis que le plus grand en dénombre 102. Le patient le plus jeune est âgé de 13 ans, et le plus âgé a 84 ans.

Si toutes ces études s'intéressent à des patients porteurs de gliomes (de grades I à IV) situés au sein ou à proximité des zones éloquentes, certaines incluent également des patients souffrant de cavernomes, de métastases, de kystes, de dysplasies, d'abcès ou d'hématomes. Une majorité des études (54%) porte sur des cas de lésions situées au sein des hémisphères gauches et droits, cependant, 3 études n'incluent que des lésions à gauche (Altieri et al., 2019 ; Kelm et al., 2017 ; Zhukov et al., 2018).

Aucune de ces études ne porte stricto sensu sur le thème des pratiques d'évaluation du langage durant une chirurgie cérébrale éveillée. Il y est abordé, très rarement de manière détaillée, au sein d'articles dont le propos principal porte soit sur la technique opératoire, soit sur des considérations anesthésiques, économiques, ou d'imagerie, soit sur un retour d'expérience.

Dans certaines de ces études, les professions des personnes qui évaluent le langage en peropératoire, sont précisées : pour 6 d'entre elles, c'est un(e) orthophoniste (Joswig et al., 2016 ; Jung et al., 2018 ; Motomura et al., 2018 ; Mukae et al., 2017 ; Šteňo et al., 2018 ; Takroui et al., 2010), pour 4, un(e) neuropsychologue (Chacko et al., 2013 ; Kelm et al., 2017 ; Martino, Gomez, Bilbao, Dueñas et Vázquez-Barquero, 2013 ; Zhukov et al., 2018), et pour 1, un neurochirurgien (Leal, Barcellos et Landeiro, 2018).

Certains articles nous renseignent sur les conditions opératoires dans lesquelles se déroulent les opérations : la diffusion via des écouteurs soit de musique, notamment dans le cadre d'opérations réalisées sous anesthésie locale (Hansen et al., 2013 ; Joswig et al., 2016), soit de récitation de versets du Coran (Takroui et al., 2010), l'utilisation d'ordinateurs ou tablettes (Bilotta et al., 2014 ; Jung et al., 2018 ; Leal, Barcellos et Landeiro, 2018 ; Motomura et al., 2018 ; Zhukov et al., 2018) ou encore de micro ou de caméra (Leal, Barcellos et Landeiro, 2018).

Les articles étudiés portent sur des cas de chirurgies éveillées réalisées selon différents protocoles anesthésiques : « asleep – awake – asleep » : anesthésie générale puis réveil puis anesthésie générale, pour 19 d'entre elles (73%), « awake – awake – awake » : anesthésie locale et blocage des nerfs crâniens tout au long de l'opération, pour 4 d'entre elles (15%) (Hansen et al., 2013 ; Leal, Barcellos et Landeiro, 2018 ; McAuliffe et al., 2018 ; Mohamed, Arbab, Salim et Aldeaf, 2013), et « awake – awake – asleep » : anesthésie locale avant et pendant l'opération puis anesthésie générale pour la fermeture de la boîte crânienne, pour 1 d'entre elles (4%) (Joswig et al., 2016). Les 5 articles restants ne contiennent pas de précisions à ce sujet.

Les études révèlent les pratiques d'évaluation du langage, et l'on peut ainsi constater que:

- 6 équipes (23%) n'évaluent que la dénomination et le comptage (Jung et al., 2018 ; Kelm et al., 2017 ; Li et al., 2015 ; Lim et al., 2018 ; Martino, Gomez, Bilbao, Dueñas et Vázquez-Barquero, 2013 ; Takroui et al., 2010) ;
- 4 (15%) n'évaluent que la dénomination (Bunyaratavej, Sangtongjaraskul, Lerdsirisopon et Tuchinda, 2016 ; Hansen et al., 2013 ; Kośla et al., 2015 ; Tuominen, Yrjänä, Ukkonen et Koivukangas, 2013) ;
- 2 (8%) évaluent la dénomination, le comptage et le langage spontané (Milos, Lindehammar, Metcalf et Boström, 2013 ; Zhukov et al., 2018) ;
- 2 (8%) évaluent la dénomination, le comptage et la lecture (Chacko et al., 2013 ; Leal, Barcellos et Landeiro, 2018) ;
- 2 (8%) n'évaluent que le langage spontané (Mohamed, Arbab, Salim et Aldeaf, 2013 ; Moiyadi et Shetty, 2016) ;
- et les 10 autres (38%) évaluent chacun différentes fonctions parmi celles-ci.



## 1.1.2. Les protocoles d'évaluation

### 1.1.2.1. Polczyńska (2009)

Monika Polczyńska propose un protocole de fondement théorique localisationniste, destiné à évaluer les patients souffrant de tumeur ou d'épilepsie. Les épreuves qui le constituent sont administrables durant les stimulations électriques directes et sont déterminées par la localisation lésionnelle corticale et sous-corticale, et la dominance hémisphérique.

Elles sont ainsi réparties en trois catégories : les épreuves en cas de lésion au sein de l'hémisphère gauche dominant, celles en cas de lésion au sein de l'hémisphère droit non-dominant, et celles en cas de lésion sous-corticale.

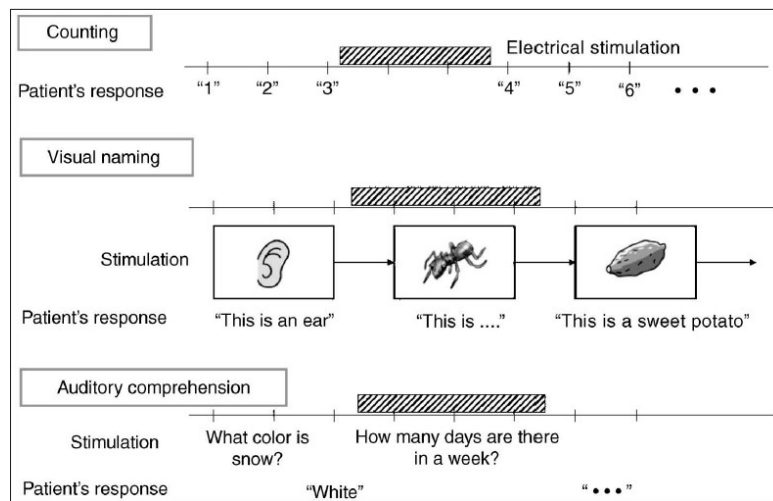
En plus des épreuves de dénomination et de comptage, il est suggéré dans ce protocole, d'administrer, pour les cas relevant de la première catégorie, des épreuves de syntaxe et de morphosyntaxe comprenant des épreuves constituées de changements de forme d'une phrase (forme affirmative et négative), de flexions verbales, de changement de nombre d'un nom (singulier et pluriel irrégulier), en plus d'une analyse du discours spontané. Pour les cas relevant de la seconde catégorie, il convient d'investiguer la sémantique et la compréhension de métaphores par le biais d'épreuves d'appariement sémantique inversé (donner l'item le plus éloigné sémantiquement), de prosodie émotionnelle ou de compréhension de métaphores. Enfin, l'incitation à un discours spontané semi-guidé grâce à des questions simples (« quels sont vos loisirs ? quel est votre animal domestique préféré ? »), permet d'évaluer l'initiation de la parole et l'articulation, pour les cas relevant de la troisième catégorie.



**Figure 4.** Test de compréhension de métaphores : quelle image correspond à l'expression « j'ai des papillons dans l'estomac » ? (en langue anglaise = être stressé) (Polczyńska, 2009).

### 1.1.2.2. Kayama (2012)

Elaboré par le Japan Awake Surgery Conference, qui a pour double vocation de promouvoir la recherche dans le domaine des sciences neurocognitives, et de contribuer à améliorer et développer les pratiques en matière de chirurgie cérébrale oncologique, ce protocole, destiné aux patients porteurs d'une tumeur avoisinant les régions péri sylviennes de l'hémisphère dominant, propose un ensemble de recommandations pratiques, relatives aux différents éléments constitutifs d'une opération en condition éveillée (installation, imagerie, anesthésie, chirurgie, évaluations...).



**Figure 5.** Les épreuves de comptage, dénomination et compréhension orale (Kayama, 2015)

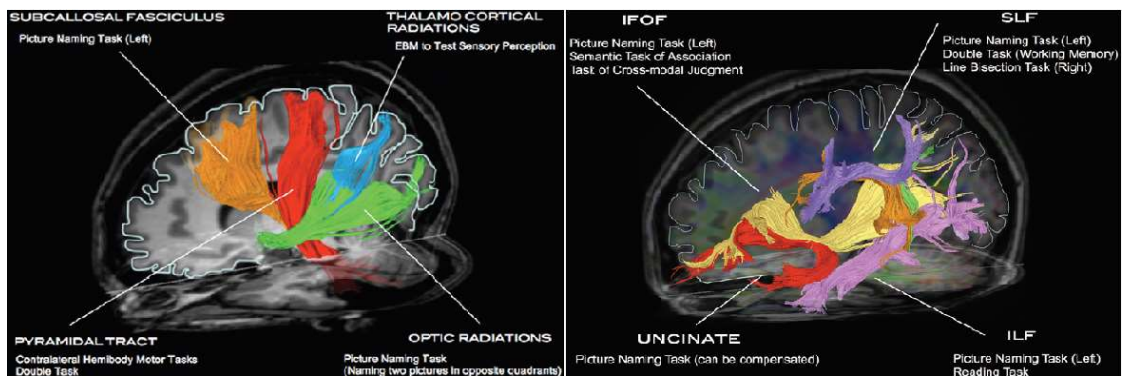
Basé sur les principes théoriques du modèle connexionniste, le protocole d'évaluation peropératoire de Kayama suggère l'administration systématique et à minima, de tâches de comptage (de 1 à 30 à plusieurs reprises) et de dénomination d'objets. En cas de tumeur située au sein du lobe temporal, une épreuve de compréhension orale doit être administrée en plus des précédentes, qui consiste à répondre à une question simple par un seul mot.

Ces évaluations se déroulent à la fois durant les temps de stimulations électriques directes et le temps de résection, il faut en outre veiller durant ce dernier, à maintenir une conversation soutenue avec le patient. Les épreuves demeurent les mêmes que l'on évolue au niveau cortical ou sous-cortical.

D'autres épreuves peuvent être ajoutées si besoin à déterminer en fonction de la localisation lésionnelle et du temps disponible.

### 1.1.2.3. Coello et al. (2013)

Alejandro Fernandez Coello et ses collaborateurs proposent eux, un protocole d'évaluation peropératoire minimal commun, destiné là aussi aux patients porteurs de gliomes, basé sur des fondements théoriques connexionnistes, qui prônent une chirurgie de résection selon des limites non plus oncologiques, mais fonctionnelles. Coello et ses collaborateurs s'appuient sur un modèle d'organisation anatomo-fonctionnelle hodotopique, c'est-à-dire constituée d'un vaste réseau cortico-sous-cortical dynamique et interconnecté qui sous-tend les fonctions cognitives et langagières.



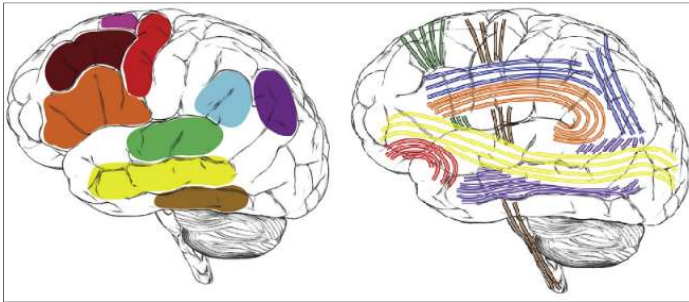
**Figure 6.** Proposition d'épreuves peropératoires, basée sur les relations entre la localisation tumorale et les faisceaux de substance blanche (Coello et al., 2013)

Le protocole proposé est constitué de séries d'épreuves à minima, déterminées selon la localisation corticale de la tumeur et la dominance hémisphérique, qui pourront être complétées par d'autres épreuves, selon les caractéristiques individuelles du patient et de sa vie (métier, loisirs...), et la localisation sous-corticale en rapport avec les faisceaux de substance blanche.

Ainsi, Coello et ses collaborateurs suggèrent que soient administrées, pour les tumeurs situées au sein de l'hémisphère gauche dominant à un niveau cortical, une tâche de comptage et une tâche de dénomination, et à un niveau sous-cortical, une double tâche dénomination-mouvement continu et une tâche impliquant la mémoire de travail et l'attention ; pour les tumeurs situées au sein de l'hémisphère droit non-dominant, une tâche de bissection de ligne doit être ajoutée à celles précédemment citées afin d'évaluer la cognition visuo-spatiale. Enfin, des épreuves de calcul mental, d'association sémantique, de lecture, de syntaxe ou encore d'écriture, peuvent venir compléter l'évaluation, ainsi que des tâches visant à mesurer les habiletés pragmatiques et la cognition sociale.

#### 1.1.2.4. De Witte et al. (2015)

Conçue par Elke De Witte et ses collaborateurs, le Dutch Linguistic Intraoperative Protocol, ou DuLIP, est une batterie d'évaluation pré, per et post-opératoire à destination de patients atteints d'une tumeur cérébrale, qui évalue la phonologie, la sémantique, la syntaxe et l'articulation et dont les fondements théoriques reposent sur un modèle localisationniste de cartographie anatomo-fonctionnelle corticale et sous-corticale des aires et fonctions du langage.



**Figure 7.** La cartographie corticale et sous-corticale des fonctions langagières selon De Witte et ses collaborateurs (2015)

Sa normalisation a été réalisée auprès d'un groupe de 250 adultes en bonne santé, auxquels une série de tests a été administrée : phonologiques (répétition de mots, trouver l'intrus, fluences, jugement de phrases), sémantiques (dénomination, association, complétion de phrases, fluences, jugement de phrases), syntaxiques (dénomination d'action, génération de verbes, fluences, jugement de phrases), et articulatoires (répétition de séquences de syllabes).

En peropératoire, le DuLIP propose une évaluation individualisée, adaptée selon les caractéristiques personnelles (âge, niveau socio-culturel, emploi, compétences cognitives et langagières), et lésionnelles (localisation) de chaque patient, et selon le moment opératoire (SED, résection). Par exemple, en cas de lésion avoisinant le gyrus frontal inférieur, siège de l'articulation et de la syntaxe selon De Witte et ses collaborateurs, il convient de proposer des épreuves de répétitions de mots, de production de séquences de syllabes alternées, de dénomination d'images, et de génération de verbes d'action, ou encore, si la lésion est proche du faisceau longitudinal inférieur (ILF) qui, toujours d'après De Witte et ses collaborateurs, sous-tend les fonctions relatives à la lecture, la phonologie et la sémantique, des épreuves de lecture, de complétion de phrases et de dénomination doivent être administrées.

### 1.1.3. Les fonctions évaluées depuis peu

On s'intéresse aujourd'hui de plus en plus à des fonctions dont on parlait peu jusqu'alors :

- La *mentalisation* ou théorie de l'esprit, pilier de la cognition sociale (Herbet et Duffau, 2019) regroupe un ensemble de processus tels que la gestion des émotions, le raisonnement inférentiel, la compréhension de la causalité, ou encore la distinction entre soi et les autres (Schaafsma, Pfaff, Spunt et Adolphs, 2015). Elle est généralement évaluée en per-opératoire, grâce au Reading the Mind in the Eyes Test (Baron-Cohen, Wheelwright, Hill, Raste, et Plumb, 2001), qui est constitué de 36 photos de visages humains cadrés sur le regard, avec 4 propositions d'états, le patient devant choisir celui qui correspond le mieux selon lui, à l'état d'esprit de la personne ;
- La *négligence spatiale*, évaluée grâce à la tâche de bissection de lignes, durant laquelle il est demandé au patient d'indiquer le milieu de la ligne présentée (Herbet et Duffau, 2019) ;
- La *cognition sémantique non-verbale*, notamment grâce au Pyramids and Palm Trees Test (Howard et Patterson, 1992) dans lequel, le patient doit choisir laquelle des 2 images présentées correspond le mieux à l'image cible (Chang et al., 2018).

## 1.2. Ceux qui n'opèrent pas en chirurgie éveillée

Si la chirurgie éveillée a prouvé, de manière incontestable, son efficacité et sa fiabilité, il n'en demeure pas moins que tout le monde ne la pratique pas, mettant en avant des arguments qui peuvent porter sur différents points tels que :

➤ Des raisons d'ordre théorique :

- la supériorité thérapeutique de la résection tumorale vis-à-vis des autres traitements existants n'a pas été clairement démontrée et demeure un sujet de controverse (Buchfelder et Zhao, 2018 ; Deekonda et Bernstein, 2011) ;
- il n'a pas été prouvé que la chirurgie éveillée permet une résection plus vaste (Buchfelder et Zhao, 2018) ;

- la corrélation stricte entre résection maximale et survie plus longue, n'est pas établie. Cette dernière peut être expliquée par la localisation de la tumeur, sa constitution biologique, ou encore le fait qu'elle ait été détectée tôt (Zadeh, Khan, Vogelbaum, et Schiff, 2015) ;

- l'absence d'essais randomisés remet en question la validité interne des études visant à comparer l'efficacité de la chirurgie éveillée à celle des résections réalisées sous anesthésie générale (Lutters et Broekman, 2019).

➤ Des raisons d'ordre médical :

- les risque de graves déficits neurologiques ne peuvent pas être totalement écartés (Brennum, Engelmann, Thomsen et Skjøth-Rasmussen, 2018 ; Deekonda et Bernstein, 2011 ; Gonen, Sela, Yanakee, Ram et Grossman, 2017 ; Ille et al., 2016 ; Leal, Barcellos et Landeiro, 2018) ;

- on ne connaît pas précisément les effets de la propagation du courant dans les zones corticales plus éloignées (Borchers, Himmelbach, Logothetis et Karnath, 2012) ;

- des crises d'épilepsie sont susceptibles de survenir durant l'opération, qui perturbent considérablement les performances en termes d'évaluation langagières ou cognitives (Ritaccio, Brunner et Schalk, 2018) et leurs conséquences sont mal connues (Nossek et al., 2013) ;

- des problèmes de rythme cardiaques peuvent affecter la vie des patients après l'opération et mettre en péril les rééducations postopératoires (Deletis, Rogić, Fernández-Conejero, Gabarrós et Jerončić, 2014) ;

- le rythme respiratoire est difficilement contrôlable durant la chirurgie, ce qui peut entraîner l'apparition d'oedèmes cérébraux (Pamias-Portalatin, Ramos-Fresnedo, ReFaey et Quinones-Hinojosa, 2019) ;

- il existe de trop nombreuses contre-indications à la réalisation de chirurgies éveillées : la non-coopération, les troubles psychiatriques, les difficultés émotionnelles, des déficits neurologiques importants, des tumeurs d'étendue trop vaste ou à la localisation trop complexe, le tabagisme, l'épilepsie, l'obésité, l'apnée obstructive du sommeil, entre autres (Banik, Parrent et Noppens, 2019 ; Buchfelder et Zhao, 2018 ; Deletis, Rogić, Fernández-Conejero, Gabarrós et Jerončić, 2014 ; Hervey-Jumper et al., 2015 ; Ille et al., 2016 ; Lau, Berger, Khullar et Maa, 2013 ; Santini et al., 2012 ; Seiz et al., 2011 ; Wong, Kong, Lam et Woo, 2017 ; Zhang et Gelb, 2018).

➤ Des raisons d'ordre éthique :

- il n'est pas acceptable de faire subir un tel taux de stress aux patients (Milian, Tatagiba et Feigl, 2014) ;

- les patients atteints de tumeur cérébrale ne sont pas tous réellement en capacité mentale et psychologique d'effectuer un choix éclairé et entier quant au traitement qu'on leur propose (Bernstein, 2014 ; Hewins et al., 2019 ; Kerrigan, Erridge, Liaquat, Graham et Grant, 2014 ; Whittle et Lim, 2013).

➤ Des raisons d'ordre psychologique :

- les patients subissent une anxiété tellement forte avant l'opération qu'elle peut impacter négativement les performances cognitives et la participation du patient (Howie, Bambrough, Karabatsou et Fox, 2015 ; Ruis, Wajer, Robe et van Zandvoort, 2017) ;

- une opération de chirurgie éveillée peut engendrer un grave traumatisme psychologique similaire à un syndrome de stress post-traumatique, ainsi que des séquelles psychologiques sur le long terme, et ainsi affecter considérablement la qualité de vie (Feigl, Luerding et Milian, 2015 ; Leslie et Davidson, 2010 ; Ma et Uejima, 2020).

➤ Des raisons d'ordres pratique et économique :

- la complexité opérationnelle de la procédure peut dissuader certains de pratiquer la chirurgie éveillée (Hervey-Jumper et al., 2015) ;
- le manque de moyens et d'effectifs peut empêcher la mise en place de ces opérations, plus onéreuses que les autres (Hervey-Jumper et al., 2015 ; Khan, Nathani, Enam et Shafiq, 2017) ;
- la opérations de chirurgie éveillée durent trop longtemps (Martino, Gomez, Bilbao, Dueñas et Vázquez-Barquero, 2013) ;
- cette technique opératoire nécessite des équipes multidisciplinaires hautement formées (Buchfelder et Zhao, 2018 ; Mansur, Oswari, Wahjoepramono, Kusdiansah et Bernstein., 2018 ; Pamiás-Portalatin, Ramos-Fresnedo, ReFaey et Quinones-Hinojosa, 2019 ; Talacchi et al., 2013).

## **2. QUESTIONNAIRE**

Les données recueillies concernant les localisations lésionnelles conditionnant certaines évaluations, étant soit trop peu nombreuses, soit trop hétérogènes, nous n'avons pas été en mesure de les exploiter.

Par ailleurs, dans le but de faciliter la lecture, les résultats chiffrés peuvent à certains moments, être présentés comme suit : « % F » pour les données concernant la France, et « % E » pour les données concernant l'étranger.

Enfin, l'intégralité des réponses obtenues au questionnaire se trouve en annexe IV.

### **2.1. Répondants**

En France, sur les 29 hôpitaux contactés, tous ont répondu au questionnaire. A l'étranger, sur les 30 hôpitaux contactés, 19 l'ont finalement fait.



Les répondants sont chez nous majoritairement des orthophonistes. L'une d'entre eux est docteur en neurosciences, et deux des neuropsychologues sont également orthophonistes. Les 29 centres sondés constituent un effectif total de 61 neurochirurgiens, 39 orthophonistes et 37 neuropsychologues.

A l'étranger, les répondants sont en majorité des neuropsychologues et des neurochirurgiens. L'une des orthophonistes et l'une des neuropsychologues sont également linguistes. Ces 19 centres constituent un effectif total de 31 neurochirurgiens, 20 orthophonistes, 31 neuropsychologues et 2 médecins neurophysiologues.

## **2.2. Présentation**

41% des établissements hospitaliers français sondés pratiquent la chirurgie cérébrale éveillée depuis une période comprise entre 6 et 10 ans, 28% depuis 11 à 15 ans.

A l'étranger, 26% la pratiquent depuis 11 à 15 ans, et 26% également depuis 15 à 20 ans. Les premiers hôpitaux à avoir pratiqué la chirurgie cérébrale éveillée en France sont : Paris la Pitié Salpêtrière, Nice et Toulouse, et au sein des hôpitaux étrangers sondés: Bâle, Berlin et Tokyo.

Cette technique opératoire est pratiquée sur : les adultes exclusivement (79% F - 69% E), sur les enfants et les adultes (21% F - 26% E), et sur les enfants exclusivement (Seattle), à raison pour tous, de 0 à 5 opérations par mois en moyenne.

En France et à l'étranger, les lésions opérées chez les adultes sont principalement les tumeurs de bas grade (26% F -21% E), les tumeurs de haut grade (20% F - 20% E) et les cavernomes (16% F – 13% E). Il en est de même chez les enfants : les tumeurs de bas grade (26% F -21% E), les tumeurs de haut grade (16% F - 17% E) et les cavernomes (21% F – 17% E).

### **2.3. Organisation**

En France, 17 équipes sont constituées d'orthophonistes et de neuropsychologues, 7 uniquement d'orthophonistes et 5 uniquement de neuropsychologues, tandis qu'à l'étranger, il y a 9 équipes mixtes, 8 uniquement de neuropsychologues et 1 uniquement d'orthophoniste. Parmi les 17 équipes « mixtes » françaises, 6 déterminent qui de l'orthophoniste ou du neuropsychologue effectue l'évaluation per-opératoire en fonction de la localisation de la lésion, comme suit : orthophoniste → hémisphère gauche, neuropsychologue → hémisphère droit, et 3 équipes prennent en compte, la dominance hémisphérique, comme suit : orthophoniste → hémisphère dominant, neuropsychologue → hémisphère non dominant.

Pour les autres équipes « mixtes », c'est soit toujours l'orthophoniste qui va au bloc opératoire (4), soit l'un ou l'autre indifféremment (4), soit toujours le neuropsychologue (2), soit toujours les 2 (1).

### **2.4. Conditions opératoires**

Mise à part l'utilisation majoritaire d'une tablette ou d'un ordinateur, le matériel utilisé et l'environnement opératoire varient grandement d'un centre à l'autre : l'utilisation d'un micro pour le patient est plus courante à l'étranger (42%) qu'en France (21%), tout comme la diffusion de musique durant l'opération (26% et 14%). Aucun des centres étrangers sondés n'a recours à l'hypnose (18% F) ni à l'utilisation d'un masque de réalité virtuelle (Angers)

Pour 90% des hôpitaux français et 74% des hôpitaux étrangers, il n'arrive que rarement que le déroulement des épreuves soit perturbé, quand c'est le cas, c'est le plus souvent dû à la fatigue (38% F, 33% E), à la douleur (19%) ou à d'éventuelles complications opératoires (17%) en France, et à des difficultés pour sortir de la sédation (25%), à la peur ou l'anxiété (22%), pour l'étranger.

## 2.5. Évaluations per-opératoires

### 2.5.1. Langage oral

En France, la **dénomination** est l'épreuve reine au bloc opératoire. Elle est très largement évaluée de manière systématique (86% F - 74% E). Une tâche motrice simultanée l'accompagne généralement (78% F - 56% E), très souvent de type flexion-extension du bras avec fermeture de la main ou mouvement des membres inférieurs. Les équipes de Southampton et Varsovie rapportent adapter celle-ci aux habiletés spécifiques du patient : jouer du piano, tricoter... Des images servent généralement de support à cette épreuve (85% F - 63% E), majoritairement issues en France, de la batterie DO80 (60%).

A l'étranger, c'est le **langage spontané** qui est le plus systématiquement évalué (95%), il l'est également beaucoup en France (76%). Cette évaluation se fait bien souvent à la faveur d'une conversation portant sur la vie du patient (58% F – 40% E), mais il arrive également que certains fassent raconter une histoire (23% F – 33% E), décrire une image (16% F - 25% E), l'équipe de Miami fait appeler un proche au téléphone, celle d'Alost a mis au point une épreuve de description de vidéo, à Southampton, la neuropsychologue utilise des tests psychométriques qui induisent du langage conversationnel et à Lyon, le scénario initialement choisi pour l'hypnose est repris.

Le **comptage** fait également partie des épreuves les plus administrées en France (72%) et à l'étranger (47%). L'équipe de Seattle, qui n'opère que des enfants, précise que cette épreuve n'est administrée que dans le cas où aucune autre ne pourrait l'être et Louvain nous rapporte qu'elle est bien souvent compliquée pour leurs patients.

La **compréhension orale** est évaluée systématiquement par un peu plus de la moitié des établissements étrangers (58%) qui la conditionnent pour 32% d'entre eux à la localisation de la lésion, et environ un tiers des établissements français (31%), qui pour 41%, ne l'évaluent jamais. Southampton et Alost ne l'évaluent qu'en cas de déficits préexistants. Ce sont surtout des tâches d'exécution de consignes (44% F – 30% E) qui sont utilisées, ainsi que des explications de phrases (22% F -30% E) et de mots isolés (22% F - 26% E). Le centre de Moscou utilise le Russian intraoperative linguistic battery (Dragoy et al., 2016), et celui de Louvain, le CAT-NL (Swinburn, Porter et Howard, 2004), mais majoritairement (56% F – 70% E), les équipes utilisent du matériel conçu par elles-mêmes.

Pour le **langage automatique**, les proportions en termes d'évaluation systématique sont sensiblement les mêmes que pour la compréhension orale (31% F - 50% E) mais contrairement à cette dernière, son évaluation n'est que très peu conditionnée à la localisation de la lésion (17% F – 6% E), les autres équipes ne l'évaluant jamais. Les chiffres (32% - 19% E), jours de la semaine (27% F - 24% E) et mois de l'année (22% F - 22% E) sont le plus utilisés, sans avoir besoin d'avoir recours à du matériel spécifique (86% F - 67% E).

En France, les épreuves de **répétition** sont soit conditionnées par la localisation lésionnelle (38%) (voir annexe) soit jamais administrées (45%), tandis qu'à l'étranger, elles le sont de manière systématique dans 47% des centres et sous condition de localisation dans 32% d'entre eux. Les évaluations se font généralement à l'aide de mots (réguliers, irréguliers et logatomes) (71% F - 47% E) et de phrases simples (14% F – 30% E) sans avoir recours à du matériel spécifique (74% F - 76% E).

L'administration de tâches d'**appariement sémantique** est fortement conditionnée en France à la localisation de la lésion (55%) (voir annexe) tandis que 28% des établissements ne l'évaluent jamais (E). Le Pyramid Palm Tree Test et la Beccs-Greco sont les deux outils les plus utilisés (47 et 31%). A l'étranger, 47% n'évaluent jamais les appariements sémantiques et 32% le font de manière systématique, grâce à du matériel conçu par eux-mêmes pour 58% d'entre eux.

L'évaluation des **fluences verbales** n'est, en France, jamais réalisée pour 69% des établissements, et conditionnée par la localisation de la lésion pour 17% d'entre eux, tandis qu'à l'étranger, elle l'est majoritairement de manière systématique (42%) et est dépendante du lieu de la lésion pour 32%. Les fluences sémantiques (50% F - 42%) et lexicales (50% F – 36% E) sont généralement utilisées, le plus souvent sans avoir recours à du matériel spécifique (45% F – 69% E). 6 centres en France utilisent le Cardebat.

L'évaluation du **langage élaboré** est tout aussi hétérogène que les épreuves précédentes : il n'est jamais évalué en France dans 86% des cas contre 37% à l'étranger, autant que son conditionnement à la localisation de la lésion (37%). Des expressions imagées à expliciter sont le plus souvent utilisées (30% F – 36% E) issues généralement de matériel non-spécifique (50% F – 83% E).

### 2.5.2. Langage écrit

L'évaluation de la **lecture** est fortement conditionnée par la localisation lésionnelle (72% F – 47% E) et est plus volontiers systématique à l'étranger (32%), qu'en France (7% F). Elle n'est généralement pas accompagnée d'une tâche motrice (85% F – 54% E) et porte sur des mots réguliers (23% F et E) et irréguliers (24% F- 13% E) issus de matériel non-spécifique (61% F – 76% E).

Enfin, la **compréhension écrite** n'est, elle, majoritairement jamais évaluée (66% F - 58% E). Quand elle l'est, c'est généralement à l'aide de phrases (50% F – 44% E) et d'appariement sémantique de mots (36% F – 25% E) sans recours à du matériel spécifique (40% F – 75% E).

### 2.6. Les tests :

Les réponses au questionnaire nous indiquent qu'hormis pour la dénomination et l'appariement sémantique, les équipes ont assez peu recours aux tests existants, et utilisent pour la plupart, des supports qu'elles ont élaborés elles-mêmes.

Néanmoins, ceux qui le sont principalement sont, par ordre décroissant de fréquence d'utilisation : (voir descriptif des tests en annexe VI)

- la DO80 (Deloche et Hannequin, 1997) pour la dénomination (25 équipes/29) et le langage spontané (6/29) ;
- le Pyramid ans Palm Trees Test (Howard et Patterson, 1992) pour l'appariement sémantique (15 équipes/29), la compréhension orale (1/29) et de la compréhension écrite (3/29) ;
- la BECS GRECO (Belliard et Moreau, 2008) pour l'appariement sémantique (10 équipes/29) et la compréhension écrite (1/29) ;
- la BDAE (Goodglass et Kaplan, 1972) pour la répétition en premier lieu (5 équipes/29), puis le langage spontané (3/29), la compréhension orale (3/29), la dénomination (1/29), le langage automatique (1/29), la lecture (1/29) et la compréhension écrite (1/29) ;

- la BETL (Tran et Godefroy, 2015) notamment pour l'appariement sémantique (5 équipes/29), mais également le langage spontané (1/29) et de la dénomination (1/29) ;
- l'E.C.O.S.S.E. (Lecocq, 1996) pour la compréhension orale (3 équipes/29) et la compréhension écrite (1/29) ;
- la MT86 (Joanette, Nespoulos et Roch Lescous, 1992) pour la compréhension orale (3 équipes/29) et le langage élaboré (1/29) ;
- la MEC (Joanette, Ska et Côté, 2004) pour le langage élaboré (2 équipes/29) et la compréhension orale (1/29).

	L. SPONTANE	C° O	DENO	REPETITION	FLUENCES	APPARIEMENT	L. AUTO	L. ELABORE	LECTURE	C° E
BDAE	3	3	1	5			1		1	1
BETL	1		1			3				
PPTT		1				15				3
DO80	6		25							
ECOSSE		3								1
MT86		3						1		
MEC		1						2		
BECS GRECO						10				1
CARDEBAT					6					
DVL38			1							
ECLA16+									5	
EVALAD									1	
EXADE			2							
LEXIS						1				
LOGATRON									1	
MEM III							1			
Snodgrass			2							
SSAAS	1									
DO70			2							
DO100			3							
TOKEN TEST		1								

*Tableau 4. Tests utilisés par les 29 équipes interrogées*

## 2.7. Synthèse

### 2.7.1. Par domaines

Si l'on retrouve une relative homogénéité entre la France et l'étranger pour : la **dénomination**, le **langage spontané** et le **comptage**, on constate qu'il n'en va pas de même pour les autres items :

- Les domaines les plus souvent évalués de manière systématique en France sont la **dénomination** (86%), le **langage spontané** (76%) et le **comptage** (72%), et à l'étranger, le **langage spontané** (95%), la **dénomination** (74%), et la **compréhension orale** (58%);

➤ Ceux les plus souvent non évalués en France sont le **langage élaboré** (86%), les **fluences verbales** (69%) et la **compréhension écrite** (66%), et pour l'étranger, la **compréhension écrite** (58%), les **appariements sémantiques** (47%) et le **langage automatique** (44%) ;

➤ Les évaluations les plus conditionnées par la localisation lésionnelle en France sont la **lecture** (72%), les **appariements sémantiques** (55%), et la **répétition** (41%), et à l'étranger, la **lecture** (47%), le **comptage** (42%), et le **langage élaboré** (37%).

### 2.7.2. Par équipes

On retrouve plusieurs similitudes entre les équipes françaises et étrangères :

➤ Lille, Montpellier et Paris St Anne évaluent toujours uniquement la **dénomination**, le **comptage**, le **langage spontané** et la **compréhension orale**, de façon systématique, et à l'inverse, n'évaluent jamais les fluences verbales, le **langage automatique**, le **langage élaboré** ni la **compréhension écrite** ;

➤ Vienne, Tokyo, Pays-Bas, Moscou, Bâle et Miami, Colmar, Grenoble, La Réunion, Montpellier, Strasbourg, évaluent également de manière systématique ces domaines, en plus d'autres qui varient ;

➤ Nancy, Nîmes et Limoges n'évaluent systématiquement que la **dénomination** et le **comptage** et jamais la **répétition**, les **fluences verbales**, le **langage élaboré** ni la **compréhension écrite** ;

➤ Besançon, Tours, Louvain, Helsinki et Seattle évaluent toujours la **dénomination** et le **langage spontané**, et n'évaluent jamais les **fluences verbales**, le **langage élaboré** ni la **compréhension écrite** ;

➤ St Etienne et Nantes évaluent toujours le **langage spontané** et le **comptage** ;

➤ Jaipur, Tel-Aviv et New-York évaluent la totalité des domaines de manière systématique.

# **DISCUSSION**



## **1. RAPPEL DES OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES**

### **1.1. Objectifs**

Tandis que la chirurgie éveillée se développe considérablement et devient progressivement le traitement de référence en termes d'oncologie cérébrale, nous constatons qu'il n'existe que très peu d'informations relatives à la façon dont le langage et les fonctions cognitives sont évalués durant l'opération.

Pour tenter de remédier à cet état de fait, nous nous sommes posés, dans le cadre de notre étude, les objectifs suivants :

- Le premier vise à réaliser un état des lieux des différentes pratiques d'évaluation du langage durant une chirurgie éveillée, en France et à l'international. Pour y parvenir, il nous a semblé pertinent d'exploiter à la fois les données issues de la littérature scientifique, et celles recueillies auprès de professionnels, par le truchement d'un questionnaire ;
- Le second consiste lui, à tenter de découvrir les raisons pour lesquelles certaines équipes ne pratiquent pas la chirurgie éveillée, malgré son formidable essor. La littérature scientifique devait nous permettre de collecter des arguments permettant de comprendre cet état de fait.

### **1.2. Hypothèses**

L'ensemble des données ainsi recueillies, nous ont permis de valider ou d'invalider les deux hypothèses suivantes qui sont :

- Il existe une forte disparité des pratiques et organisations d'évaluation du langage en per-opératoire, tant au niveau français, qu'international ;
- Le fait que la chirurgie cérébrale éveillée ne soit pas pratiquée par tous, est dû pour certains à un choix, et pour d'autres, à une contrainte.

## 2. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

### 2.1. Hypothèse générale A

- Il existe une forte disparité des pratiques et organisations en per-opératoire, tant au niveau français, qu'international.

#### 2.1.1. Hypothèse opérationnelle A1

- La dénomination est la seule épreuve qui est administrée de manière quasi-systématique, durant l'opération. Pour les autres épreuves, les pratiques sont disparates et hétérogènes.

Les données de la revue de littérature font ressortir que 92% des centres hospitaliers étudiés évaluent toujours la dénomination et les résultats au questionnaire révèlent qu'au sein des établissements sondés, 86% des équipes françaises et 74% des équipes étrangères l'évaluent de manière systématique. De nombreuses publications scientifiques convergent dans ce sens et expliquent ce fait par l'idée qu'en plus d'être adaptée aux contraintes du bloc opératoire, la dénomination présente l'intérêt de tester plusieurs modalités à la fois, telles que la reconnaissance visuelle, l'accès lexical, les processus sémantiques, l'encodage phonologique, la production motrice de la parole, et permet donc de mettre rapidement en évidence des manifestations telles qu'un manque du mot, une dysarthrie, des paraphasies phonologiques ou verbales (Coello et al., 2013 ; De Witte et Mariën, 2013 ; Dragoy et al., 2016 ; Duffau, 2014 ; Lubrano et al., 2012 ; Mandonnet et al., 2017 ; Picht et al., 2013 ; Rofès et al., 2017 ; Ruis, 2018).

Les réponses au questionnaire, tout comme les recherches bibliographiques, confirment, l'importante hétérogénéité des pratiques d'évaluation des autres modalités de langage oral et écrit, qui peuvent être évaluables durant la chirurgie. Si les épreuves de langage spontané et de comptage suivent celles de dénomination (respectivement : 76% F - 95% et 72% F - 47% E) dans le classement des épreuves les plus administrées, il n'est plus possible de trouver une quelconque cohérence pour les autres modalités tant les pratiques sont disparates et ne suivent pas les mêmes principes de conditionnement.

Les études rétrospectives et de cas analysées dans notre revue de littérature, ainsi que celles réalisées par Ruis (2018), Tamura et ses collaborateurs (Tamura et al. 2015), et De Witte et Mariën (2013), rapportent elles-aussi cette diversité des pratiques.

**L'hypothèse opérationnelle A1 est validée.**

### 2.1.2. Hypothèse opérationnelle A2

- Les professionnels qui effectuent les évaluations du langage durant l'opération, quelle que soit leur profession, ont un degré de connaissances en neuroanatomie fonctionnelle, très variable.

Les réponses aux questions d'ordre anatomo-fonctionnel, obtenues auprès des personnes sondées par le biais du questionnaire, nous démontrent que :

- il n'existe, au sein de notre population d'étude, aucun consensus sur le fait que l'évaluation d'une fonction donnée soit conditionnée ou non à une localisation lésionnelle, corticale et/ou sous-corticale ;
- quand l'idée du conditionnement à une localisation cortical et/ou sous-corticale est acceptée par plusieurs répondants, assez peu nous renseignent sur cette dernière (56% en France et 66% à l'étranger) ;
- au sein de ceux qui le font, les réponses varient considérablement.

**L'hypothèse opérationnelle A2 est validée.**

### 2.1.3. Hypothèse opérationnelle A3

- Si le métier d'orthophoniste est connu et répandu en France, ça n'est pas le cas à l'étranger. Par conséquent, les équipes hospitalières françaises devraient comporter plus d'orthophonistes que de neuropsychologues en France, et cela devrait être l'inverse à l'étranger.

Les équipes françaises rattachées aux 29 hôpitaux sondés par le biais du questionnaire, comptent dans leurs effectifs 39 orthophonistes et 37 neuropsychologues, et 17 de ces équipes sont constituées d'orthophonistes et de neuropsychologues, 7 uniquement d'orthophonistes, et 5 uniquement de neuropsychologues.

A l'étranger, les 19 hôpitaux sondés comptabilisent un effectif total de 20 orthophonistes et 31 neuropsychologues, 9 de ces équipes sont « mixtes », 8 sont uniquement composées de neuropsychologues, et 1, uniquement d'un(e) orthophoniste.

Il y a bien davantage d'orthophonistes que de neuropsychologues à intervenir au bloc opératoire durant une chirurgie éveillée, au sein des hôpitaux publics français, et c'est effectivement bien l'inverse à l'étranger.

**L'hypothèse opérationnelle A3 est validée.**

**L'hypothèses générale A est validée.**

## **2.2. Hypothèse générale B**

➤ La chirurgie éveillée, bien qu'elle ait fait les preuves de son efficacité et de sa fiabilité, n'est pas pratiquée par tous. Cela peut être la conséquence d'un choix ou d'une contrainte.

### **2.2.1. Hypothèse opérationnelle B1**

▪ Certaines équipes ne pratiquent pas la chirurgie éveillée du fait d'un positionnement défavorable à cette technique opératoire.

En effet, la revue de littérature révèle que si certains professionnels décident de ne pas pratiquer la chirurgie éveillée, en dépit de l'importance que ce traitement revêt depuis quelques années dans la prise en charge thérapeutique des tumeurs cérébrales, cela peut être dû à des raisons :

- d'ordre théorique, remettant en question la validité des arguments qui tendent à prouver l'efficacité de l'opération ;
- d'ordre médical, arguant de risques de séquelles ou de complications post-opératoires non encore bien mesurés du fait de la récurrence de la pratique ;
- d'ordre éthique, refusant de faire subir au patient un si grand stress pré et per-opératoire ;
- d'ordre psychologique, mettant en avant le risque de séquelles de type syndrome de stress post-traumatique.

La pratique de la chirurgie éveillée ne fait donc pas l'unanimité au sein de la communauté scientifique.

**L'hypothèse opérationnelle B1 est validée.**

#### 2.2.2. Hypothèse opérationnelle B2

- Certaines équipes ne pratiquent pas la chirurgie éveillée du fait d'une insuffisance de moyens matériels, économiques ou humains.

Certains articles relatent les obstacles qui sont susceptibles de compliquer voire empêcher la réalisation d'opérations de chirurgie éveillée tels que : le manque de professionnels formés, le manque de moyens financiers nécessaires ou encore la complexité opératoire.

Les pays sous-développés ou en voie de développement notamment, tendent à pallier ces obstacles en allégeant au maximum la procédure et les coûts.

**L'hypothèse opérationnelle B2 est validée.**

**L'hypothèse générale B est validée.**

### **3. INTÉRÊTS, LIMITES ET PERSPECTIVES DE L'ÉTUDE**

#### **3.1. Intérêts**

Le recensement des hôpitaux publics français qui pratiquent la chirurgie éveillée et l'identification des professionnels qui effectuent l'évaluation du langage, vont permettre à ceux qui le souhaitent, de rentrer en contact et d'échanger à propos des connaissances, actualités, pratiques, matériels, ou formations existantes.

Nous avons pu constater tout au long de cette étude et des rencontres effectuées à cette occasion, que beaucoup des professionnels français et étrangers qui interviennent dans ce domaine, sont très demandeurs de cette ouverture de dialogue et de cette mutualisation des connaissances.

Par ailleurs, cette pratique opératoire étant récente à l'échelle de l'histoire de la médecine, et qui plus est, directement corrélée aux dernières découvertes en termes de neurologique et notamment, d'organisation anatomo-fonctionnelle du cerveau, il est intéressant de réaliser un état des lieux, qui permet de faire part de l'avancée des connaissances et pratiques aux niveaux national et international.

#### **3.2. Limites**

Au cours de la recherche bibliographique, nous avons été confrontés à une double problématique :

- il n'existe que peu d'écrits portant sur l'évaluation du langage durant la chirurgie éveillée, et ceux que l'on trouve sont bien souvent écrits par les mêmes équipes, ou des équipes formées par ces mêmes équipes, ce qui restreint finalement davantage les données accessibles, puisqu'elles sont redondantes, et complique quelque peu les recherches, car il est de fait plus laborieux de parvenir à accéder à une véritable diversité des écrits ;

- les informations portant sur le langage, que nous sommes parvenus à trouver, étant tirées d'études ne traitant pas initialement de ce sujet, nous manquons de détails et d'informations complètes et pertinentes quant à l'évaluation et ses modalités.

Ce qui est vraiment dommage car il aurait été intéressant de pouvoir confronter davantage de données et de parvenir à un degré d'analyse et de comparaison plus fin, mais de fait, cela n'a malheureusement pas été possible.

Le questionnaire présente lui, le défaut d'être long et relativement répétitif, notamment pour les parties concernant les modalités d'évaluation en elle-même. Bien que cela se justifie par le nombre important de fonctions évaluables (11) et par le fait que, afin de pouvoir comparer les pratiques, il était impératif que les questions portant sur chacune des fonctions soient strictement identiques, nous nous sommes demandé si cela pouvait justifier le fait qu'à l'étranger, certains de nos interlocuteurs initialement disposés à répondre, ne l'aient finalement pas fait, s'arrêtant avant la fin de la complétion. Quoiqu'il en soit, l'échantillon d'hôpitaux internationaux n'est pas suffisamment important pour être représentatif. Les réponses recueillies témoignent des pratiques au sein de certains hôpitaux étrangers, mais ne permettent pas de réelle analyse comparative.

### **3.3. Perspectives**

Comme nous l'avons dit précédemment, l'envie de communiquer d'échanger, de mutualiser, sur le thème de la chirurgie éveillée et de l'évaluation du langage qui l'accompagne, est partagée par bon nombre des professionnels contactés et rencontrés à la faveur de cette étude.

Certains ont d'ores et déjà franchi le pas, c'est le cas de l'équipe de l'Hôpital St Anne qui organise chaque année à Paris, la conférence « Paroles au bloc » ; de Sylvie Moritz-Gasser, orthophoniste et Docteur en Neurosciences qui officie auprès du Professeur Duffau à Montpellier, qui propose une formation sur ce thème, destinée aux orthophonistes. A Poitiers, Pierre-Alexandre Bérard, orthophoniste au CHU, a créé le groupe « Orthophonie et chirurgie éveillée » sur Facebook en février 2019, permettant ainsi aux professionnels français de s'identifier entre eux et d'entrer en contact s'ils le souhaitent.

Le but de ce partage et de cette mutualisation des connaissances ne serait pas de tendre à une uniformisation des pratiques, qui par nature, sont hautement dépendantes de nombreuses variables, contraignant à une adaptation, une prise en compte d'éléments fondamentalement inédits, mais plutôt de s'enrichir des expériences des autres, de ce qui se fait ailleurs.

Ainsi, l'idée de développer de nouveaux outils, qui soient à la fois adaptés aux besoins de l'évaluation, et aux nombreuses contraintes liés au bloc opératoire, à l'opération en elle-même, et à l'état du patient, paraît intéressante tant nous avons pu constater que chacun élabore « dans son coin » son propre matériel, ayant parfois recours à des batteries d'évaluations existantes, mais non spécifiquement adaptées et comportant des défauts ou des lacunes.

Ces outils seraient élaborés à l'aune des découvertes les plus récentes en matière d'organisation cérébrale et de connectivité anatomo-fonctionnelle, et permettraient de fait, une circulation des connaissances scientifiques qui ne pourrait que contribuer à une optimisation des pratiques.

Dans cette même idée, l'équipe du CHU de Nancy et notamment Pierre Roublot, orthophoniste, a mis au point deux outils, généreusement partagés via le groupe Facebook précédemment évoqué : un logiciel pour les épreuves de dénomination, Monkey DO©, qui permet entre autres choses, d'utiliser des listes d'items issus de différents tests existants, de les sélectionner en fonction des erreurs commises en préopératoire, ou encore, d'enregistrer le profil des patients dans un fichier texte, et le logiciel Logatron©, qui lui, permet de tester la lecture au bloc opératoire, en générant des listes de mots prédéfinis ou des logatomes, avec la possibilité de régler la fréquence d'apparition (4 secondes en l'occurrence). Les compétences et habiletés des uns et des autres représentent donc, en plus de leur expérience, une richesse considérable.



Ces échanges contribueraient en outre, à une meilleure connaissance et donc reconnaissance, du métier d'orthophoniste, qui pâtit encore malheureusement d'une image galvaudée et réductrice. Pourtant, l'orthophonie s'est considérablement développée depuis deux décennies : son champ d'applications est beaucoup plus vaste, et les connaissances de fait nécessaires, sont bien plus spécifiques.

# CONCLUSION

Face au peu d'informations disponibles portant sur le thème de l'évaluation du langage durant une chirurgie éveillée des tumeurs de bas grade, il nous a semblé pertinent de réaliser un état des lieux des pratiques et des organisations, et ce tant en France, qu'à l'étranger.

Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur les données issues à la fois de la littérature scientifique, et des témoignages de professionnels.

Cette étude nous a tout d'abord amené à réaliser un recensement des établissements hospitaliers publics français pratiquant cette technique opératoire. Bien que fastidieuse, cette tâche nous a permis d'entrer en contact et de rencontrer de nombreux professionnels qui se sont rendus disponibles, enthousiasmés par cette étude et curieux d'en connaître les résultats.

Nous avons ainsi pu constater l'important essor de la chirurgie éveillée en France depuis une quinzaine d'années, car bien qu'ayant, comme nous l'avons étudié, ses limites et ses détracteurs, il est néanmoins admis aujourd'hui, qu'elle représente le traitement oncologique de référence, non seulement pour les tumeurs, mais également pour d'autres affections neurologiques telles que la maladie de Parkinson ou les cavernomes.

Les recherches liées au recrutement des hôpitaux à l'étranger, sont-elles, venues confirmer cet essor, puisque nous avons pu constater que mis à part dans les pays sous-développés ou en voie de développement, la chirurgie éveillée est beaucoup pratiquée.

En revanche, il n'a pas été aisé de parvenir à identifier et entrer en contact avec les professionnels concernés, mais quand nous y sommes parvenus, l'accueil réservé et les propos échangés ont toujours été chaleureux et enthousiasmants.

Par conséquent, fort du double constat que cette étude nous a permis d'effectuer : manque de publications scientifiques et grande envie d'échange, nous pensons qu'il serait intéressant à l'avenir de créer un vecteur de communication qui pourrait être par exemple, une plateforme internet, grâce auquel il serait possible de mettre en commun les expériences, connaissances, méthodes, idées de ceux qui le souhaitent, afin de contribuer au développement et à l'optimisation de l'évaluation du langage en péri et per-opératoire, en s'appuyant sur les données neuro-fonctionnelles les plus récentes et les plus fiables.

De plus, il serait intéressant que d'autres études soient menées régulièrement sur ce sujet, afin de pouvoir suivre l'évolution et le développement des pratiques.

# RÉFÉRENCES

- Almairac, F., Herbet, G., Moritz-Gasser, S., de Champfleury, N. M., et Duffau, H. (2015). The left inferior fronto-occipital fasciculus subserves language semantics: a multilevel lesion study. *Brain Structure and Function*, 220(4), 1983–1995. <https://doi.org/10.1007/s00429-014-0773-1>
- Altieri, R., Raimondo, S., Tiddia, C., Sammarco, D., Cofano, F., Zeppa, P., ...Barbagallo, G. (2019). Glioma surgery: from preservation of motor skills to conservation of cognitive functions. *Journal of Clinical Neuroscience*, 70, 55–60. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.08.091>
- Axer, H., Klingner, C. M., et Prescher, A. (2013). Fiber anatomy of dorsal and ventral language streams. *Brain and Language*, 127(2), 192–204. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2012.04.015>
- Bachy-Langedock, N. (1989). Batterie d'Examen des Troubles de la Dénomination (ExaDé). Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Bajunaid, K. M., et Ajlan, A. M. (2015). Awake craniotomy: a patient's perspective. *Neurosciences*, 20(3), 248–252. <https://doi.org/10.17712/nsj.2015.3.20140548>
- Banik, S., Parrent, A. G., et Noppens, R. R. (2019). Awake craniotomy in a super obese patient using high flow nasal cannula oxygen therapy (HFNC). *Anaesthetist*, 68(11), 780–783. <https://doi.org/10.1007/s00101-019-00695-4>
- Baron, M., Bauchet, L., Bernier, V., Capelle, L., Fontaine, D., Gatignol, P., ...Duffau, H. (2008). Gliomes de grade II : anatomopathologie et biologie moléculaire. *Neurologie*, 17-210-B-220
- Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., et Plumb, I. (2001). The “Reading the Mind in the Eyes” Test revised version: a study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 42(2), 241–251. <https://doi.org/10.1017/S0021963001006643>
- Beez, T., Boge, K., Wager, M., Whittle, I., Fontaine, D., Spena, G., ...Sabel, M. (2013). Tolerance of awake surgery for glioma: a prospective European Low-Grade Glioma Network multicenter study. *Acta Neurochirurgica*, (155), 1301–1308. <https://doi.org/10.1007/s00701-013-1759-0>
- Belliard, S., Moreaud, O. et le GRESEM (2008). Batterie d'Evaluation des Connaissances Sémantiques BECS GRECO. Paris, France : Solal.

- Bernstein, M. (2014). Under-recognized mental incapacity in brain tumour patients. *Nature Reviews / Neurology*, 10(9), 487–488. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2014.143>
- Bilotta, F., Stazi, E., Titi, L., Lalli, D., Delfini, R., Santoro, A., et Rosa, G. (2014). Diagnostic work up for language testing in patients undergoing awake craniotomy for brain lesions in language areas. *British Journal of Neurosurgery*, 28(3), 363–367. <https://doi.org/10.3109/02688697.2013.854313>
- Bonnetblanc, F., Desmurget, M., Bonnetblanc, F., Desmurget, M., et Duffau, H. (2006). Gliomes de bas grade et plasticité cérébrale : implications fondamentales et cliniques. *Médecine / Sciences*, 22, 389–394
- Borchers, S., Himmelbach, M., Logothetis, N., et Karnath, H. O. (2012). Direct electrical stimulation of human cortex - the gold standard for mapping brain functions ? *Nature Reviews / Neuroscience*, 13(1), 63–70. <https://doi.org/10.1038/nrn3140>
- Brennum, J., Engelmann, C. M., Thomsen, J. A., et Skjøth-Rasmussen, J. (2018). Glioma surgery with intraoperative mapping — balancing the onco-functional choice. *Acta Neurochirurgica*, 160(5), 1043–1050. <https://doi.org/10.1007/s00701-018-3521-0>
- Broca, P. (1866). Sur le siège et la nature de la faculté du langage. *Bulletins de La Société d'anthropologie de Paris*, 1(1), 369–385. <https://doi.org/10.3406/bmsap.1866.4235>
- Brouland, J. P., et Hottinger, A. (2017). Nouvelle classification OMS 2016 des gliomes: quels changements ? *Rev Med Suisse*, 13, 1805–1809
- Buchfelder, M., et Zhao, Y. (2018). Is awake surgery for supratentorial adult low-grade gliomas the gold standard ? *Neurosurgical Review*, 41(1), 1–2. <https://doi.org/10.1007/s10143-017-0916-y>
- Bunyaratavej, K., Sangtongjaraskul, S., Lerdsirisopon, S., et Tuchinda, L. (2016). Continuous physical examination during subcortical resection in awake craniotomy patients: its usefulness and surgical outcome. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 147, 34–38. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2016.05.021>
- Bush, N. A. O., Chang, S. M., et Berger, M. S. (2017). Current and future strategies for treatment of glioma. *Neurosurgical Review*, 40(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10143-016-0709-8>
- Cardebat, D., Doyon, B., Puel, M., Goulet, P. et Joannette, Y. (1990). Evocation lexicale formelle et sémantique chez des sujets normaux : performances et dynamiques de production en fonction du sexe, de l'âge et du niveau d'étude. *Acta Neurologica Belgica*, 90, 207–217

- Capelle, L., Fontaine, D., Mandonnet, E., Taillandier, L., Golmard, J. L., Bauchet, L., ... Duffau, H. (2013). Spontaneous and therapeutic prognostic factors in adult hemispheric World Health Organization Grade II gliomas: a series of 1097 cases. *Journal of Neurosurgery*, *118*(6), 1157–1168. <https://doi.org/10.3171/2013.1.JNS121>
- Catani, M., Dell'Acqua, F., Vergani, F., Malik, F., Hodge, H., Roy, P., ... Thiebaut de Schotten, M. (2012). Short frontal lobe connections of the human brain. *Cortex*, *48*(2), 273–291. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2011.12.001>
- Catani, M., Howard, R. J., Pajevic, S., et Jones, D. K. (2002). Virtual in Vivo interactive dissection of white matter fasciculi in the human brain. *NeuroImage*, *17*(1), 77–94. <https://doi.org/10.1006/nimg.2002.1136>
- Catani, M., et Thiebaut de Schotten, M. (2008). A diffusion tensor imaging tractography atlas for virtual in vivo dissections. *Cortex*, *44*(8), 1105–1132. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.05.004>
- Chacko, A. G., Thomas, S. G., Babu, K. S., Daniel, R. T., Chacko, G., Prabhu, K., ... Korula, G. (2013). Awake craniotomy and electrophysiological mapping for eloquent area tumours. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, *115*(3), 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2012.10.022>
- Chang, W. H., Pei, Y. C., Wei, K. C., Chao, Y. P., Chen, M. H., Yeh, H. A., ... Chen, P. Y. (2018). Intraoperative linguistic performance during awake brain surgery predicts postoperative linguistic deficits. *Journal of Neuro-Oncology*, *139*(1), 215–223. <https://doi.org/10.1007/s11060-018-2863-z>
- Chapelet, M. (2016). Place de l'analyse du langage sponanté dans l'évaluation orthophonique pré-, per- et postopératoire de patients atteints de gliomes et opérés en condition éveillée : contribution à la validation du SSAAS (Spontaneous Speech Assessment for Awake Surgery). (Mémoire d'orthophonie). Université de Limoges, Limoges.
- Chenin, L., Lefranc, M., Velut, S., Foulon, P., Havet, E., et Peltier, J. (2017). Cortical and subcortical functional neuroanatomy for low-grade glioma surgery. *Neurochirurgie*, *63*(3), 117–121. <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2016.10.001>
- Chua, T. H., See, A. A. Q., Ang, B. T., et King, N. K. K. (2018). Awake Craniotomy for resection of brain metastases: a systematic review. *World Neurosurgery*, *120*, 1128–1135. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.08.243>



- Cochereau, J., Herbet, G., et Duffau, H. (2016). Patients with incidental WHO grade II glioma frequently suffer from neuropsychological disturbances. *Acta Neurochirurgica*, *158*(2), 305–312. <https://doi.org/10.1007/s00701-015-2674-3>
- Coello, A. F., Moritz-Gasser, S., Martino, J., Martinoni, M., Matsuda, R., et Duffau, H. (2013). Selection of intraoperative tasks for awake mapping based on relationships between tumor location and functional networks: a review. *Journal of Neurosurgery*, *119*(6), 1380–1394. <https://doi.org/10.3171/2013.6.JNS122470>
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., et Ziegler, J. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, *108*(1), 204–256. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.108.1.204>
- Crocetti, E., Trama, A., Stiller, C., Caldarella, A., Soffiatti, R., Jaal, J., ...Steward, J. (2012). Epidemiology of glial and non-glial brain tumours in Europe. *European Journal of Cancer*, *48*(10), 1532–1542. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2011.12.013>
- Darlix, A., Zouaoui, S., Rigau, V., Bessaoud, F., Figarella-Branger, D., Mathieu-Daudé, H., ...Bauchet, L. (2017). Epidemiology for primary brain tumors : a nationwide population-based study. *Journal of Neuro-Oncology*, *131*(3), 525–546. <https://doi.org/10.1007/s11060-016-2318-3>
- De Benedictis, A., Moritz-Gasser, S., et Duffau, H. (2010). Awake mapping optimizes the extent of resection for low-grade gliomas in eloquent areas. *Neurosurgery*, *66*(6), 1074–1084. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000369514.74284.78>
- De Witt Hamer, P. C., Robles, S. G., Zwinderman, A. H., Duffau, H., et Berger, M. S. (2012). Impact of intraoperative stimulation brain mapping on glioma surgery outcome: a meta-analysis. *Journal of Clinical Oncology*, *30*(20), 2559–2565. <https://doi.org/10.1200/JCO.2011.38.4818>
- De Witte, E., Satoer, D., Robert, E., Colle, H., Verheyen, S., Visch-Brink, E., et Mariën, P. (2015). The Dutch Linguistic Intraoperative Protocol: a valid linguistic approach to awake brain surgery. *Brain and Language*, *140*, 35–48. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.10.011>
- De Witte, E., et Mariën, P. (2013). The neurolinguistic approach to awake surgery reviewed. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, *115*(2), 127–145. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2012.09.015>
- Deekonda, P., et Bernstein, M. (2011). Decision making, bias, and low grade glioma. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, *38*(2), 193–194. <https://doi.org/10.1017/s0317167100011318>

- Dehaene, S., et Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Sciences*, 15(6), 254–262. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.04.003>
- Deletis, V., Rogić, M., Fernández-Conejero, I., Gabarrós, A., et Jerončić, A. (2014). Neurophysiologic markers in laryngeal muscles indicate functional anatomy of laryngeal primary motor cortex and premotor cortex in the caudal opercular part of inferior frontal gyrus. *Clinical Neurophysiology*, 125(9), 1912–1922. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2014.01.023>
- Deloche G. et Hannequin D. (1997). Test de dénomination orale de 80 images—DO 80. Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Dos Santos Sequeira S., Specht K., Moosmann M., Westerhausen R., Démonet, J. F., Planton, S., et de Toulouse, I. (2012). Langage et cerveau : vingt ans d'imagerie fonctionnelle. *Revue Française de Linguistique Appliquée*, 17(2), 9–18
- Dick, A. S., Bernal, B., et Tremblay, P. (2013). The language connectome: new pathways, new concepts. *The Neuroscientist*, 20(5), 453–467. <https://doi.org/10.1177/1073858413513502>
- Dick, A. S., Garic, D., Graziano, P., et Tremblay, P. (2019). The frontal aslant tract (FAT) and its role in speech, language and executive function. *Cortex*, 111, 148–163. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.10.015>
- Dragoy, O., Chrabaszcz, A., Tolkacheva, V., et Buklina, S. (2016). Russian Intraoperative Naming Test: a standardized tool to map noun and verb production during awake neurosurgeries. *The Russian Journal of Cognitive Science*, 3(4), 4–25
- Ducray, F., Dutertre, G., Ricard, D., Gontier, E., Idbah, A., et Massard, C. (2010). Advances in adults' gliomas biology, imaging and treatment. *Bulletin Du Cancer*, 97(1), 17–36. <https://doi.org/10.1684/bdc.2009.1019>
- Duffau H., Gatignol, P., Leroy M., Mandonnet E., et Capelle L. (2009). Etude de la connectivité anatomo-fonctionnelle du langage par électrostimulations sous-corticales peropératoires : application à la chirurgie des gliomes de bas grades (GBG), *Campus de neurochirurgie*, 1-2. Récupéré de <http://campus.neurochirurgie.fr/spip.php?article844>
- Duffau, H. (2014). Gliomes diffus de bas grade et neuroplasticité. *Journal de Radiologie Diagnostique et Interventionnelle*, 95(10), 935–945. <https://doi.org/10.1016/j.jradio.2014.07.002>
- Duffau, H. (2016). *L'erreur de Broca*. Paris : Michel Lafon. [https://doi.org/10.1016/s1773-035x\(16\)30077-6](https://doi.org/10.1016/s1773-035x(16)30077-6)

- Duffau, H. (2009). Surgery of low-grade gliomas: towards a “functional neuro oncology.” *Current Opinion in Oncology*, 21(6), 543–549. <https://doi.org/10.1097/CCO.0b013e3283305996>
- Duffau, H. (2013). Nouveautés dans la chirurgie des gliomes cérébraux: vers un acte personnalisé. *Académie Nationale de Chirurgie*, 12(1), 19–24
- Duffau, H. (2015). Awake mapping of the brain connectome in glioma surgery: concept is stronger than technology. *European Journal of Surgical Oncology*, 41(9), 1261–1263. <https://doi.org/10.1016/j.ejso.2015.05.009>
- Duffau, H. (2004). Cartographie fonctionnelle per-opératoire par stimulations électriques: aspects méthodologiques. *Neurochirurgie*, 50(4), 474–483
- Duffau, H. (2018). Chirurgie éveillée des gliomes cérébraux. *Interbloc*, 3(37), 156–159. <https://doi.org/10.1016/j.bloc.2018.06.004>
- Duffau, H. (2010). *Chirurgie cérébrale en condition éveillée. La Lettre du Neurologue* (Vol. XIV). Récupéré de <http://www.edimark.fr/Front/frontpost/getfiles/16040.pdf>
- Duffau, H., et Capelle, L. (2004). Preferential brain locations of low-grade gliomas: comparison with glioblastomas and review of hypothesis. *Cancer*, 100(12), 2622–2626. <https://doi.org/10.1002/cncr.20297>
- Duffau, H., Gallot, M., Spittler, A., et Gardien, M. (2011). La chirurgie éveillée des tumeurs cérébrales. *Interbloc*, (350860), 267–269
- Duffau, H., Moritz-Gasser, S., et Mandonnet, E. (2014). A re-examination of neural basis of language processing: proposal of a dynamic hodotopical model from data provided by brain stimulation mapping during picture naming. *Brain and Language*, 131, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2013.05.011>
- Feigl, G. C., Luerding, R., et Milian, M. (2015). Awake craniotomies: burden or benefit for the patient ? Dans J. Clausen et N. Levy (dir.), *Handbook of Neuroethics*, (p. 949–962). Heidelberg, Allemagne : Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4707-4>
- Friederici, A. D. (2009). Pathways to language: fiber tracts in the human brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 13(4), 175–181. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.01.001>
- Gall, F. J., et Spurzheim, J. K. (1810). Anatomie et physiologie du système nerveux en général et anatomie du cerveau en particulier. Paris, France : Schoell.

- Garrett, M. C., Pouratian, N., et Liao, L. M. (2012). Use of language mapping to aid in resection of gliomas in eloquent brain regions. *Neurosurgery Clinics of North America*, 23(3), 497–506. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2012.05.003>
- Geschwind, N. (1970). The organization of language and the brain. *Science*, 170, 940–944. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195177640.003.0026>
- Giussani, C., Roux, F.E., Ojemann, J., Pietro Sganzerla, E., Pirillo, D., et Papagno, C. (2010). Is Preoperative Functional Magnetic Resonance Imaging Reliable for Language Areas Mapping in Brain Tumor Surgery? Review of Language Functional Magnetic Resonance Imaging and Direct Cortical Stimulation Correlation Studies. *Neurosurgery*, 66(1), 113–120. <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000360392.15450.C9>
- Godefroy, O., Tran T. M. (2015). Batterie d'Évaluation des Troubles Lexicaux (BETL). Isbergues, France : Ortho édition.
- Gonen, T., Sela, G., Yanakee, R., Ram, Z., et Grossman, R. (2017). Surgery-independent language function decline in patients undergoing awake craniotomy. *World Neurosurgery*, 99, 674–679. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.12.081>
- Goodglass, H. et Kaplan, E. (1972). HDAE (BDAE) - Echelle d'évaluation de l'aphasie. Paris, France : Les Éditions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Hammelrath, C. (2001). DVL 38 – Test de dénomination de verbes lexicaux. Isbergues, France : Ortho édition.
- Hansen, E., Seemann, M., Zech, N., Doenitz, C., Luerding, R., et Brawanski, A. (2013). Awake craniotomies without any sedation: the awake-awake-awake technique. *Acta Neurochirurgica*, 155(8), 1417–1424. <https://doi.org/10.1007/s00701-013-1801-2>
- Herbet, G., et Duffau, H. (2019). Awake craniotomy and bedside cognitive mapping in neurosurgery. Dans M. C. Pearson, E. Ecklund-Johnson et S. D. Gale, *Neurosurgical Neuropsychology* (p. 113–138). Cambridge, États-Unis : Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809961-2.00008-4>
- Hervey-Jumper, S. L., Li, J., Lau, D., Molinaro, A. M., Perry, D. W., Meng, L., et Berger, M. S. (2015). Awake craniotomy to maximize glioma resection: methods and technical nuances over a 27-year period. *Journal of Neurosurgery*, 123(2), 325–339. <https://doi.org/10.3171/2014.10.JNS141520>
- Hewins, W., Zienius, K., Rogers, J. L., Kerrigan, S., Bernstein, M., et Grant, R. (2019). The effects of brain tumours upon medical decision-making capacity. *Current Oncology Reports*, 21(6), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s11912-019-0793-3>

- Hickok, G., et Poeppel, D. (2004). Dorsal and ventral streams: a framework for understanding aspects of the functional anatomy of language. *Cognition*, 92(1–2), 67–99. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2003.10.011>
- Hlaihel, C., Guilloton, L., Guyotat, J., Streichenberger, N., Honnorat, J., et Cotton, F. (2010). Predictive value of multimodality MRI using conventional, perfusion, and spectroscopy MR in anaplastic transformation of low-grade oligodendrogliomas. *Journal of Neuro-Oncology*, 97(1), 73–80. <https://doi.org/10.1007/s11060-009-9991-4>
- Howard, D., Swinburd, K., et Porter, G. (2005). *Comprehensive Aphasia Test*. Londres, Royaume-Uni : Psychology Press.
- Howard, D., Patterson, K. (1992). *The pyramids and palm trees test: a test of semantic access from words and pictures*. Londres, Royaume-Uni : Pearson.
- Howie, E., Bambrough, J., Karabatsou, K., et Fox, J. R. E. (2015). Patient experiences of awake craniotomy: an interpretative phenomenological analysis. *Journal of Health Psychology*, 21(11), 2612–2623. <https://doi.org/10.1177/1359105315581513>
- Huberfeld, G., Pallud, J. (2015). L'épilepsie associée aux tumeurs cérébrales. *Pratique Neurologique*, 6(1), 19–33. <https://doi.org/10.1016/j.praneu.2014.12.010>
- Ille, S., Sollmann, N., Butenschoen, V. M., Meyer, B., Ringel, F., et Krieg, S. M. (2016). Resection of highly language-eloquent brain lesions based purely on rTMS language mapping without awake surgery. *Acta Neurochirurgica*, 158(12), 2265–2275. <https://doi.org/10.1007/s00701-016-2968-0>
- Jakola, A. S., Myrmet, K. S., Kloster, R., Torp, S. H., Lindal, S., Unsgård, G., et Solheim, O. (2012). Comparison of a strategy favoring early surgical resection vs a strategy favoring watchful waiting in low-grade gliomas. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 308(18), 1881–1888. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.12807>
- Jiménez de la Peña, M., Gil Robles, S., Recio Rodríguez, M., Ruiz Ocaña, C., et Martínez de Vega, V. (2013). Cortical and subcortical mapping of language areas: correlation of functional MRI and tractography in a 3T scanner with intraoperative cortical and subcortical stimulation in patients with brain tumors located in eloquent areas. *Radiología*, 55(6), 505–513. <https://doi.org/10.1016/j.rxeng.2012.01.001>
- Joanette, Y., Ska, B. et Côté, H. (2004). *Protocole Montréal d'Évaluation de la Communication MEC*. Isbergues, France : Ortho edition.

- Joswig, H., Bratelj, D., Brunner, T., Jacomet, A., Hildebrandt, G., et Surbeck, W. (2016). Awake Craniotomy: first-year experiences and patient perception. *World Neurosurgery*, *90*, 588–596. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2016.02.051>
- July, J., Manninen, P., Lai, J., Yao, Z., et Bernstein, M. (2009). The history of awake craniotomy for brain tumor and its spread into Asia. *Surgical Neurology*, *71*(5), 621–625. <https://doi.org/10.1016/j.surneu.2007.12.022>
- Jung, J., Lavrador, J. P., Patel, S., Giamouriadis, A., Lam, J., Bhangoo, R., ... Vergani, F. (2018). First United Kingdom experience of navigated transcranial magnetic stimulation in preoperative mapping of brain tumors. *World Neurosurgery*, *122*, 1578–1587. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.11.114>
- Kayama, T. (2012). The guidelines for awake craniotomy. *Neurologia Medico-Chirurgica*, *52*, 119–141
- Kelm, A., Sollmann, N., Ille, S., Meyer, B., Ringel, F., et Krieg, S. M. (2017). Resection of gliomas with and without neuropsychological support during awake craniotomy - Effects on surgery and clinical outcome. *Frontiers in Oncology*, *7*(176). <https://doi.org/10.3389/fonc.2017.00176>
- Kemerdere, R., de Champfleury, N. M., Deverdun, J., Cochereau, J., Moritz-Gasser, S., Herbet, G., et Duffau, H. (2016). Role of the left frontal aslant tract in stuttering: a brain stimulation and tractographic study. *Journal of Neurology*, *263*(1), 157–167. <https://doi.org/10.1007/s00415-015-7949-3>
- Kerrigan, S., Erridge, S., Liaquat, I., Graham, C., et Grant, R. (2014). Mental incapacity in patients undergoing neuro-oncologic treatment: a cross-sectional study. *Neurology*, *83*(6), 537–541. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000000671>
- Khan, S., Nathani, K., Enam, S., et Shafiq, F. (2017). Awake craniotomy in developing countries: review of hurdles. *International Journal of Surgery*, *2*(1), 5. <https://doi.org/10.4103/2468-7332.200557>
- Kinoshita, M., de Champfleury, N. M., Deverdun, J., Moritz-Gasser, S., Herbet, G., et Duffau, H. (2015). Role of fronto-striatal tract and frontal aslant tract in movement and speech: an axonal mapping study. *Brain Structure and Function*, *220*(6), 3399–3412. <https://doi.org/10.1007/s00429-014-0863-0>
- Kośła, K., Bryszewski, B., Jaskólski, D., Błasiak-Kołacińska, N., Stefańczyk, L., et Majos, A. (2015). Reorganization of language areas in patient with a frontal lobe low grade Glioma – fMRI case study. *Polish Journal of Radiology*, *80*(1), 290–295. <https://doi.org/10.12659/PJR.893897>

- Lapointe, S., Perry, A., et Butowski, N. A. (2018). Primary brain tumours in adults. *The Lancet*, 392(10145), 432–446. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30990-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30990-5)
- Lau, D., Berger, M. S., Khullar, D., et Maa, J. (2013). The impact of smoking on neurosurgical outcomes. *Journal of Neurosurgery*, 119(5), 1323–1330. <https://doi.org/10.3171/2013.5.JNS122287>
- Le Rhun, E., Delbeuck, X., Devos, P., Pasquier, F., et Dubois, F. (2009). Troubles cognitifs dans les gliomes de grade II et III de l'adulte : à propos d'une série de 15 patients. *Neurochirurgie*, 55(3), 303–308. <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2008.08.111>
- Le Rhun, E., Dhermain, F., Noël, G., Reyns, N., Carpentier, A., Mandonnet, E., ...Metellus, P. (2015). Recommandations de l'Anocef pour la prise en charge des métastases cérébrales. *Cancer/Radiothérapie*, 19(1), 66–71. <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2014.11.006>
- Leal, R. T. M., Barcellos, B. M., et Landeiro, J. A. (2018). Technical aspects of awake craniotomy with mapping for brain tumors in a limited resource setting. *World Neurosurgery*, 113, 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.02.013>
- Lecocq, P. (1996). L'E.C.O.S.S.E. Une épreuve de compréhension syntaxico-sémantique. Villeneuve d'Ascq, France : Presses Universitaires du Septentrion.
- Lemée, J. M., Bernard, F., Ter Minassian, A., et Menei, P. (2018). Right hemisphere cognitive functions: from clinical and anatomical bases to brain mapping during awake craniotomy. *World Neurosurgery*, 118, 360–367. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.07.099>
- Leslie, K., et Davidson, A. J. (2010). Awareness during anesthesia: a problem without solutions ? *Minerva Anestesiologica*, (8), 624–628
- Lévy, S., Chapet, S., et Mazeron, J. J. (2014). Prise en charge des gliomes. *Cancer/Radiothérapie*, 18(5–6), 461–467. <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2014.07.147>
- Li, T. D., Bai, H. M., Wang, G. L., Wang, W. M., Lin, J., Gao, H., ...Xie, X. M. (2015). Glioma localization and excision using direct electrical stimulation for language mapping during awake surgery. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 9(5), 1962–1966. <https://doi.org/10.3892/etm.2015.2359>
- Lichtheim, L. (1885). On Aphasia. *Brain*, (7), 433–484. <https://doi.org/10.1093/brain/aw1134>

- Lim, L. H., Idris, Z., Reza, F., Hassan, W. M. N. W., Mukmin, L. A., et Abdullah, J. M. (2018). Language mapping in awake surgery: report of two cases with review of language networks. *Asian Journal of Neurosurgery*, 13(2), 507–513. <https://doi.org/10.4103/ajns.AJNS>
- Louis, D. N., Perry, A., Reifenberger, G., von Deimling, A., Figarella-Branger, D., Cavenee, W. K., ...Ellison, D. W. (2016). The 2016 world health organization classification of tumors of the central nervous system: a summary. *Acta Neuropathologica*, 131(6), 803–820. <https://doi.org/10.1007/s00401-016-1545-1>
- Loukil, B., Badri, M., Rkhami, M., Ben Salem, M., Bahri, K., et Zammel, I. (2019). Epilepsie et tumeurs gliales. *Neurochirurgie*, 65(2–3), 131
- Lutters, B., et Broekman, M. L. (2019). Evaluating awake craniotomies in glioma patients: meeting the challenge. Dans M. L. D. Broekman (dir.), *Ethics of innovation in neurosurgery*, p.113–118. Bâle, Suisse : Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.4324/9781315780511-1>
- Ma, K., et Uejima, J. L. (2020). Awake craniotomy in a patient with history of post-traumatic stress disorder — a clinical dilemma. *International Anesthesia Research Society*, XXX(XXX), 1–4. <https://doi.org/10.1213/xa.0000000000001167>
- Maldonado, I. L., Moritz-Gasser, S., et Duffau, H. (2011). Does the left superior longitudinal fascicle subserve language semantics? A brain electrostimulation study. *Brain Structure and Function*, 216(3), 263–274. <https://doi.org/10.1007/s00429-011-0309-x>
- Mandonnet, E., De Witt Hamer, P., Poisson, I., Whittle, I., Bernat, A. L., Bresson, D., ...Froelich, S. (2015). Initial experience using awake surgery for glioma: oncological, functional, and employment outcomes in a consecutive series of 25 cases. *Neurosurgery*, 76(4), 382–389. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000644>
- Mandonnet, E., Pallud, J., Clatz, O., Taillandier, L., Konukoglu, E., Duffau, H., et Capelle, L. (2008). Computational modeling of the WHO grade II glioma dynamics: Principles and applications to management paradigm. *Neurosurgical Review*, 31(3), 263–268. <https://doi.org/10.1007/s10143-008-0128-6>
- Mandonnet, E., Taillandier, L., et Duffau, H. (2017). Prise en charge des gliomes diffus de bas grade cérébraux de découverte fortuite : vers une politique de dépistage dans la population générale ? *Bulletin de l'Académie de Médecine*, 201, 311–324
- Mansur, A., Oswari, S., Wahjoepramono, P., Kusdiansah, M., et Bernstein, M. (2018). Awake craniotomy in a low - to middle - income country: a sustainability analysis. *World Neurosurgery*, 118, 332–341. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.07.149>



- Martino, J., Gomez, E., Bilbao, J. L., Dueñas, J. C., et Vázquez-Barquero, A. (2013). Cost-utility of maximal safe resection of WHO grade II gliomas within eloquent areas. *Acta Neurochirurgica*, *155*(1), 41–50. <https://doi.org/10.1007/s00701-012-1541-8>
- McAuliffe, N., Nicholson, S., Rigamonti, A., Hare, G. M. T., Cusimano, M., Garavaglia, M., ...Das, S. (2018). Awake craniotomy using dexmedetomidine and scalp blocks: a retrospective cohort study. *Canadian Journal of Anesthesia*, *65*(10), 1129–1137. <https://doi.org/10.1007/s12630-018-1178-z>
- Middlebrooks, E. H., Yagmurlu, K., Szaflarski, J. P., Rahman, M., et Bozkurt, B. (2017). A contemporary framework of language processing in the human brain in the context of preoperative and intraoperative language mapping. *Neuroradiology*, *59*(1), 69–87. <https://doi.org/10.1007/s00234-016-1772-0>
- Milian, M., Tatagiba, M., et Feigl, G. C. (2014). Patient response to awake craniotomy - a summary overview. *Acta Neurochirurgica*, *156*(6), 1063–1070. <https://doi.org/10.1007/s00701-014-2038-4>
- Milos, P., Lindehammar, H., Metcalf, K., et Boström, S. (2013). Neurophysiological monitoring in awake craniotomy. *Clinical Neurophysiology*, *125*(5). <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2013.12.008>
- Mohamed, H. A., Arbab, M. A., Salim, A., et Aldeaf, S. A. (2013). Awake craniotomy, an unusual indication. *Journal of Neurology and Neuroscience*, *4*(3), 1–7. <https://doi.org/10.3823/338>
- Moiyadi, A., et Shetty, P. (2016). Early experience with combining awake craniotomy and intraoperative navigable ultrasound for resection of eloquent region gliomas. *Journal of Neurological Surgery, Part A: Central European Neurosurgery*, *78*(2), 105–112. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1584512>
- Morgan, J. (1982). The first reported case of electrical stimulation of the human brain. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, *XXXVII*(1), 51–64. <https://doi.org/10.1093/jhmas/xxxvii.1.51>
- Moritz-Gasser, S., et Duffau, H. (2018). Neuroanatomie fonctionnelle du langage : un nouveau schéma connectomique. *Rééducation Orthophonique*, *274*, 11–26
- Motomura, K., Chalise, L., Ohka, F., Aoki, K., Tanahashi, K., Hirano, M., ...Natsume, A. (2018). Supratotal resection of diffuse frontal lower grade gliomas with awake brain mapping, preserving motor, language, and neurocognitive functions. *World Neurosurgery*, *119*, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.07.193>

- Motomura, K., Chalise, L., Ohka, F., Aoki, K., Tanahashi, K., Hirano, M., ...Natsume, A. (2018). Supratotal resection of diffuse frontal lower grade gliomas with awake brain mapping, preserving motor, language, and neurocognitive functions. *World Neurosurgery*, 119, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.07.193>
- Mukae, N., Mizoguchi, M., Mori, M., Hashiguchi, K., Kawaguchi, M., Hata, N., ...Hashizume, M. (2017). The usefulness of arcuate fasciculus tractography integrated navigation for glioma surgery near the language area; clinical investigation. *Interdisciplinary Neurosurgery: Advanced Techniques and Case Management*, 7, 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.inat.2016.11.003>
- Nespoulous, J.-L., Roch Lecours, A., Lafond, D., Lemay, A., Puel, M., Joannette, Y., ...Rascol, A. (1992). Protocole Montréal-Toulouse d'examen linguistique de l'aphasie MT86. Isbergues, France : Ortho édition.
- Ng, S., Herbet, G., Moritz-Gasser, S., et Duffau, H. (2019). Return to work following surgery for incidental diffuse low-grade glioma: a prospective series with 74 patients. *Neurosurgery*, 0(0), 1-10. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyz513>
- Nossek, E., Matot, I., Shahar, T., Barzilai, O., Rapoport, Y., Gonen, T., ...Ram, Z. (2013). Intraoperative seizures during awake craniotomy: incidence and consequences: analysis of 477 patients. *Neurosurgery*, 73(1), 135–140. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000429847.91707.97>
- Ojemann, G. (2010). Cognitive mapping through electrophysiology. *Epilepsia*, 51(SUPPL. 1), 72–75. <https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2009.02453.x>
- Pallud, J., Taillandier, L., Capelle, L., Fontaine, D., Peyre, M., Ducray, F., ...Mandonnet, E. (2012). Quantitative morphological magnetic resonance imaging follow-up of low-grade glioma: a plea for systematic measurement of growth rates. *Neurosurgery*, 71(3), 729–739. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e31826213de>
- Pallud, J., et Dezamis, E. (2017). Functional and oncological outcomes following awake surgical resection using intraoperative cortico-subcortical functional mapping for supratentorial gliomas located in eloquent areas. *Neurochirurgie*, 63, 208–218. <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2016.08.003>
- Pamias-Portalatin, E. F., Ramos-Fresnedo, A., ReFaey, K., et Quinones-Hinojosa, A. (2019). Awake versus non-awake surgery for brain surgery. Dans K., Chaichana, et A. Quinones-Hinojosa (dir.), *Comprehensive Overview of Modern Surgical Approaches to Intrinsic Brain Tumors*. Cambridge, Etats-Unis : Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811783-5.00015-x>

- Parisot, S., Darlix, A., Baumann, C., Zouaoui, S., Yordanova, Y., Rigau, V., ...Paragios, N. (2016). A probabilistic atlas of diffuse WHO grade II glioma locations in the brain. *PLoS ONE*, *11*(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144200>
- Pech-Georgel, C., George, F. (2011). EVALAD : EVALUation du langage écrit et des compétences transversales ADOlescents de 1re et de Terminale ou Adultes. Paris, France : Solal.
- Penfield, W., et Boldrey, E. (1937). Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. *Brain*, 389–443. <https://doi.org/10.1093/brain/60.4.389>
- Penfield, W., et Rasmussen, T. (1950). The cerebral cortex of man-a clinical study of localization of function. *Journal of the American Association*, *144*(16), 1412. <https://doi.org/10.1001/jama.1950.02920160086033>
- Półczyńska, M. (2009). New tests for language mapping with intraoperative electrical stimulation of the brain to preserve language in individuals with tumors and epilepsy: A preliminary follow-up study. *Poznan Studies in Contemporary Linguistics*, *45*(2), 261–279. <https://doi.org/10.2478/v10010-009-0015-5>
- Reuss, D. E., Mamatjan, Y., Schrimpf, D., Capper, D., Hovestadt, V., Kratz, A., ...von Deimling, A. (2015). IDH mutant diffuse and anaplastic astrocytomas have similar age at presentation and little difference in survival: a grading problem for WHO. *Acta Neuropathologica*, *129*(6), 867–873. <https://doi.org/10.1007/s00401-015-1438-8>
- Ritaccio, A. L., Brunner, P., et Schalk, G. (2018). Electrical stimulation mapping of the brain: basic principles and emerging alternatives. *Journal of Clinical Neurophysiology*, *35*(2), 86–97. <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000440>
- Rolheiser, T., Stamatakis, E. A., t Tyler, L. K. (2011). Dynamic processing in the human language system: synergy between the arcuate fascicle and extreme capsule. *Journal of Neuroscience*, *31*(47), 16949–16957. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2725-11.2011>
- Ruis, C., Wajer, I. H., Robe, P., et van Zandvoort, M. (2017). Anxiety in the preoperative phase of awake brain tumor surgery. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, *157*, 7–10. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2017.03.018>

- Ryken, T. C., Parney, I., Buatti, J., Kalkanis, S. N., et Olson, J. J. (2015). The role of radiotherapy in the management of patients with diffuse low-grade glioma: a systematic review and evidence-based clinical practice guideline. *Journal of Neuro-Oncology*, *125*(3), 551–583. <https://doi.org/10.1007/s11060-015-1948-1>
- Sanai, N., et Berger, M. S. (2011). Extent of resection influences outcomes for patients with gliomas. *Revue Neurologique*, *167*(10), 648–654. <https://doi.org/10.1016/j.neurol.2011.07.004>
- Sanson, M. (2016). Marqueurs tumoraux des gliomes. *Journal of Neuroradiology*, *43*(2), 74–75. <https://doi.org/10.1016/j.neurad.2016.01.032>
- Santini, B., Talacchi, A., Casagrande, F., Casartelli, M., Savazzi, S., Procaccio, F., et Gerosa, M. (2012). Eligibility criteria and psychological profiles in patient candidates for awake craniotomy: a pilot study. *Journal of Neurosurgical Anesthesiology*, *24*(3), 209–216. <https://doi.org/10.1097/ANA.0b013e3182464aec>
- Schaafsma, S., Pfaff, D., Spunt, R., et Adolphs, R. (2015). Deconstructing and reconstructing theory of mind. *Trends in Cognitive Sciences*, *19*(2), 1–18. <https://doi.org/10.1038/jid.2014.371>
- Seiz, M., Freyschlag, C. F., Schenkel, S., Weiss, C., Thomé, C., Schmieder, K., ...Tuettenberg, J. (2011). Management of patients with low-grade gliomas - a survey among German neurosurgical departments. *Central European Neurosurgery*, *72*(4), 186–191. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1275351>
- Smits, M., Kovacs, S., de Ridder, D., Peeters, R. R., van Hecke, P., et Sunaert, S. (2007). Lateralization of functional magnetic resonance imaging (fMRI) activation in the auditory pathway of patients with lateralized tinnitus. *Neuroradiology*, *49*(8), 669–679. <https://doi.org/10.1007/s00234-007-0231-3>
- Snodgrass, J. G., et Vanderwart, M. (1980). A standardized set of 260 pictures: norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *Journal of experimental psychology: Human learning and memory*, *6*(2), 174-215
- Soffietti, R., Baumert, B. G., Bello, L., Von Deimling, A., Duffau, H., Frenay, M., ...Wick, W. (2010). Guidelines on management of low-grade gliomas: report of an EFNS – EANO task force. *European Journal of Neurology*, *17*, 1124–1133. <https://doi.org/10.1111/j.1468-1331.2010.03151.x>

- Šteňo, A., Holly, V., Mendel, P., Šteňová, V., Petričková, L., Timárová, G., ...Šteňo, J. (2018). Navigated 3D-ultrasound versus conventional neuronavigation during awake resections of eloquent low-grade gliomas: a comparative study at a single institution. *Acta Neurochirurgica*, 160(2), 331–342. <https://doi.org/10.1007/s00701-017-3377-8>
- Szaflarski, J. P., Holland, S. K., Schmithorst, V. J., et Byars, A. W. (2006). fMRI study of language lateralization in children and adults. *Human Brain Mapping*, 27(3), 202–212. <https://doi.org/10.1002/hbm.20177>
- Taal, W., Bromberg, J. E. C., et van den Bent, M. J. (2015). Chemotherapy in glioma. *CNS Oncology*, 4(3), 179–192
- Takroui, M. S. M., Shubbak, F. A., Hajjaj, A. Al, del Maaestro, R. F., Soualmi, L., Alkhodair, M. H., ...Ghanem, N. (2010). Conscious sedation for awake craniotomy in intra-operative magnetic resonance imaging operating theatre (IMRI OT) environment. *Middle East Journal of Anesthesiology*, 20(6), 885–890
- Talacchi, A., Santini, B., Casartelli, M., Monti, A., Capasso, R., et Miceli, G. (2013). Awake surgery between art and science. Part II: language and cognitive mapping. *Functional Neurology*, 28(3), 223–239. <https://doi.org/10.11138/FNeur/2013.28.3.223>
- Tremblay, P., et Dick, A. S. (2016). Broca and Wernicke are dead, or moving past the classic model of language neurobiology. *Brain and Language*, 162, 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2016.08.004>
- Trimble, G., McStravick, C., Farling, P., Megaw, K., McKinstry, S., Smyth, G., ...Flannery, T. (2015). Awake craniotomy for glioma resection: technical aspects and initial results in a single institution. *British Journal of Neurosurgery*, 29(6), 836–842. <https://doi.org/10.3109/02688697.2015.1054354>
- Tuominen, J., Yrjänä, S., Ukkonen, A., et Koivukangas, J. (2013). Awake craniotomy may further improve neurological outcome of intraoperative MRI-guided brain tumor surgery. *Acta Neurochirurgica*, 155(10), 1805–1812. <https://doi.org/10.1007/s00701-013-1837-3>
- Türe, U., Yasargil, G., et Pait, G. (1997). Is there a superior occipitofrontal fasciculus? A microsurgical anatomic study. *Neurosurgery*, 40(6), 1226–1232. <https://doi.org/10.1097/0006123-199706000-00022>
- van den Bent, M. J., Afra, D., De Witte, O., Ben Hassel, M., Schraub, S., Hoang-Xuan, K., ...Karim, A. B. M. F. (2005). Long-term efficacy of early versus delayed radiotherapy for low-grade astrocytoma and oligodendroglioma in adults: the

- EORTC 22845 randomised trial. *Lancet*, 366(9490), 985–990. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)67070-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)67070-5)
- van Geemen, K., Herbet, G., Moritz-Gasser, S., et Duffau, H. (2014). Limited plastic potential of the left ventral premotor cortex in speech articulation: evidence from intraoperative awake mapping in glioma patients. *Human Brain Mapping*, 35(4), 1587–1596. <https://doi.org/10.1002/hbm.22275>
- Vassal, F., Pommier, B., Mazzola, L., Boutet, C., et Nuti, C. (2014). Rôle du faisceau frontal « oblique » dans le contrôle moteur du langage. Une étude anatomo-fonctionnelle par approche multimodale associant stimulation électrique directe, tests du langage et tractographie par imagerie tensorielle de diffusion. *Neurochirurgie*, 60(6), 342. <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2014.10.056>
- Vigneau, M., Beaucousin, V., Hervé, P. Y., Jobard, G., Petit, L., Crivello, F., ... Tzourio-Mazoyer, N. (2011). What is right-hemisphere contribution to phonological, lexico-semantic, and sentence processing? Insights from a meta-analysis. *NeuroImage*, 54(1), 577–593. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.07.036>
- Walker, A. E. (1957). The development of the concept of cerebral localization in the nineteenth century. *Bulletin of the History of Medicine*, 31(2), 99-121
- Weller, M., van den Bent, M., Tonn, J. C., Stupp, R., Preusser, M., Cohen-Jonathan-Moyal, E., ... Wick, W. (2017). European association for neuro-oncology (EANO) guideline on the diagnosis and treatment of adult astrocytic and oligodendroglial gliomas. *The Lancet Oncology*, 18(6), 315–329. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(17\)30194-8](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(17)30194-8)
- Wernicke, C. (1970) The aphasic symptom complex. *Archives of Neurology*, 22, 43–45. (Ouvrage original publié en 1874 sous le titre Der aphasische Symptomen-complex : Eine Psychologische Studie auf anatomischer Basis. Breslau, Max Cohn et Weigert).
- Wechsler, D. (2001). MEM-II - Échelle clinique de la mémoire. Londres, Royaume-Uni : Pearson.
- Whittle, I. R., et Lim, J. X. (2013). Overcoming fear and anxiety during awake resection of brain tumours: family support can be pivotal to a successful outcome. *British Journal of Neurosurgery*, 27(1), 117–118. <https://doi.org/10.3109/02688697.2012.709560>
- Wong, J. W. M., Kong, A. H. S., Lam, S. Y., et Woo, P. Y. M. (2017). High-flow nasal oxygen in patient with obstructive sleep apnea undergoing awake craniotomy. *International Anesthesia Research Society*, XXX(XXX), 353–356. <https://doi.org/10.1213/xa.0000000000000615>

- York, G. K., et Steinberg, D. A. (2011). Hughlings Jackson's neurological ideas. *Brain*, 134(10), 3106–3113. <https://doi.org/10.1093/brain/awr219>
- Zadeh, G., Khan, O. H., Vogelbaum, M., et Schiff, D. (2015). Much debated controversies of diffuse low-grade gliomas. *Neuro-Oncology*, 17(3), 323–326. <https://doi.org/10.1093/neuonc/nou368>
- Zhang, K., et Gelb, A. W. (2018). Craneotomía en el paciente despierto: indicaciones, beneficios y técnicas. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 46(1), 46–51. Récupéré de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-33472018000500046](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-33472018000500046)
- Zhukov, V. Y., Goryanov, S., Buklina, S. B., Vologdina, Y. O., Batalov, A., Ogurtsova, A., ...Potapov, A. A. (2018). Intraoperative mapping of long association fibers in surgery of gliomas of the speech-dominant frontal lobe. *Voprosy Neirokhirurgii*, 82(5). <https://doi.org/10.17116/neiro2018820515>
- Zorman, M., Gola-Asmussen, C., Lequette, C., Pouget, G. et Rouyer, C. (2010). ECLA 16 + : Évaluation des Compétences de lecture chez l'Adulte de plus de 16 ans. Grenoble, France : Cognisciences.

# **ANNEXES**



# SOMMAIRE DES ANNEXES

---

<b>Annexe I.</b> Liste des hôpitaux français et interlocuteurs	83
<b>Annexe II.</b> Liste des hôpitaux étrangers et interlocuteurs	84
<b>Annexe III.</b> Références et détails des études	85
<b>Annexe IV.</b> Réponses au questionnaire	86
<b>Annexe V.</b> Utilisation des tests	109
<b>Annexe VI.</b> Caractéristiques des tests	110

## ANNEXE I. LISTE DES HÔPITAUX FRANÇAIS ET INTERLOCUTEURS

VILLE	HOPITAL	INTERLOCUTEUR	PROFESSION
ANGERS	CHU	Ghislaine AUBIN / Nolwenn MADEC	Orthophonistes
BESANCON	CHRU	Sabrina FERREIRA	Neuropsychologue
BORDEAUX	CHU	Charlotte PLANCHON	Neuropsychologue
BREST	CHU - Hôpital de la Cavale Blanche	Camille GUENA	Orthophoniste
CAEN	CHU	Catherine LALEVEE	Neuropsychologue
CLAMART	HOPITAL D'INSTRUCTION DES ARMEES	Marie BARUTEAU	Orthophoniste
COLMAR	HOPITAL LOUIS PASTEUR	Marine JOERGER / Marie-Camille BERTHEL / Aurore CAMOREYT	Neuropsychologues
GRENOBLE	CHU	Marie Pierre BRUTTI MAIRESE	Orthophoniste
LA REUNION	CHU - ST PIERRE	Isabelle VAN HEEMS	Orthophoniste
LE KREMLIN BICETRE	HOPITAL BICETRE	Lauriane ROSSIGNOL	Orthophoniste
LILLE	CHU	Corinne HENGUELLE	Orthophoniste
LIMOGES	CHU - HOPITAL DUPUYTREN	Elise DURIN CARPE	Orthophoniste
LYON	CHU - HOPITAL PIERRE WERTEIMER	Astrig TOPOUZKHANIAN	Orthophoniste
MARSEILLE	CHU	Valérie TCHERNIAK	Orthophoniste
MONTPELLIER	CHU GUICHAULIAC	Sylvie MORITZ-GASSER	Orthophoniste et Dr en neurosciences
NANCY	CHU	Pierre ROUBLOT	Orthophoniste
NANTES	CHU	Anne-Laure DERUET	Neuropsychologue
NICE	CHU	Charlotte FERNANDEZ	Orthophoniste
NIMES	CHU	Christine ARNOUX	Orthophoniste
PARIS	CHU PITIE SALPETRIERE	Viviane LUHERNE DU BOULAY	Orthophoniste et neuropsychologue
PARIS	CHU LARIBOISIERE	Isabelle POISSON	Orthophoniste
PARIS	CHU ST ANNE	Bénédicte TRANCART	Orthophoniste
POITIERS	CHU	Pierre-Alexandre BERARD	Orthophoniste
REIMS	CHU	Nathalie EHRLE	Neuropsychologue
ROUEN	CHU CHARLES NICOLLE	Léopoldine DEHEINZELIN	Orthophoniste
ST ETIENNE	CHU Nord	Anne BOULANGE	Orthophoniste
STRASBOURG	CHRU	Mathias BILGER	Neuropsychologue
TOULOUSE	CHU	Vincent LUBRANO	Neurochirurgien
TOURS	CHRU - HOPITAUX DE TOURS	Virginie JOLLY	Orthophoniste

ANNEXE II. LISTE DES HÔPITAUX ÉTRANGERS ET INTERLOCUTEURS

PAYS	VILLE	HOPITAL	INTERLOCUTEUR	PROFESSION
ALLEMAGNE	BERLIN	CHARITE UNIVERSITÄTSMEDIZIN	Ina BAEHREND	Médecin
ANGLETERRE	SOUTHAMPTON	UNIVERSITY HOSPITAL SOUTHAMPTON	Rosaleen MC CARTHY	Neuropsychologue
AUSTRALIE	BRISBANE	MATER HOSPITAL	Julia MATTHEWS	Orthophoniste
AUTRICHE	VIENNE	MEDICAL UNIVERSITY	Ekaterina PATARAIA	Neurologue
BELGIQUE	Alost	CLINIQUE NOTRE DAME	Lore VAN BRUSSEL	Orthophoniste
BELGIQUE	LOUVAIN	HOPITAL UNIVERSITAIRE	Evy CLEEREN	Neurophysiologue
BRESIL	Sao polo	HOSPITAL SIRIO LIBANES	Silvia VERST	Neurophysiologue
FINLANDE	HELSINKI	HELSINKI UNIVERSITY HOSPITAL	Henry LEHTINEN	Neuropsychologue
INDE	JAIPUR	NARAYANA MULTISPECIALITY HOSPITAL	KK BANSAL	Neurochirurgien
ISRAEL	TEL AVIV	ASSUTA HOSPITAL	Rachel GROSSMAN	Neurochirurgien
JAPON	TOKYO	TOKYO WOMEN'S MEDICAL UNIVERSITY	Takashi MARUYAMA	Neurochirurgien
PAYS BAS	ROTTERDAM	ERASMUS MEDICAL CENTER	Djaina SATOER	Linguiste
POLOGNE	VARSOVIE	WARSAW MEDICAL UNIVERSITY HOSPITAL	Aleksandra BALA	Neuropsychologue
RUSSIE	MOSCOU	PIROGOV NATIONAL MEDICAL SURGICAL CENTER	Andrew ZYRYANOV	Linguiste
SUISSE	BALE	UNIVERSITY HOSPITAL BASEL	Dominik CORDIER	Neurochirurgien
SUISSE	LAUSANNE	CHU VAUDOIS	Valérie BEAUD	Psychologue
USA	MIAMI	BAPTIST HEALTH NEUROSCIENCE CENTER	Kuna PATEL	Neurologue
USA	NEW YORK	WEILL CORNELL BRAIN AND SPINE CENTER	Rohan RAMAKRISHNA	Neurochirurgien
USA	SEATTLE	SEATTLE CHILDREN'S HOSPITAL	Hillary SHURTLEFF	Neuropsychologue

### ANNEXE III. RÉFÉRENCES ET DÉTAILS DES ÉTUDES

AUTEURS	ANNEES	PAYS	ETUDES	PERIODES	PATIENTS	AGES MOYENS	LESIONS	LOCALISATIONS	EPREUVES
Altieri et al.	2019	Italie	Rétrospective	2017 2018	23 (13 H - 10 F)	48 [17 - 72]	Gliomes grades ?	Hémisphères gauches	Dénomination Appariement sémantique Mentalisation
Bilotta et al.	2014	Italie	Prospective	X	20	56 [34 - 77]	Gliomes grades ? Métastases	Hémisphères gauches et droits	Dénomination Lecture
Bunyaratavej et al.	2016	Thaïlande	Rétrospective	2006 2016	37 (20 H - 17 F)	43.8 [29.4 - 58.2]	Gliomes grades I à IV	Hémisphères gauches et droits	Dénomination
Chacko et al.	2013	Inde	Rétrospective	2002 2010	67 (55 H - 12 F)	34.6 [13 - 58]	Gliomes grades I à IV	Hémisphères gauches et droits	Dénomination Comptage Lecture Calcul mental
Chang et al.	2017	USA	Rétrospective	1999 2014	102 (60 H - 42 F)	41 [14 - 84]	Gliomes grades II à IV	Hémisphères gauches et droits	Dénomination Comptage Langage auto°
Mohamed et al.	2013	Soudan	Rétrospective	2008 2012	20	62.6 [53.7 - 71.5]	Gliomes grades I ou II Absès Hématomes	? ?	Langage spontané
Hansen et al.	2013	Allemagne	Prospective	2006 2012	47 (30 H - 17 F)	? + jeune 14 ans	Gliomes grades II à IV Métastases Cavernome	? ?	Dénomination
Jiménez de la Peña et al.	2013	Espagne	Prospective	X	14	? ?	Gliomes grades II à IV Cavernomes Métastases Dysplasie Kyste neuro- épithélial	Hémisphères gauches et droits	Dénomination Appariement sémantique Lecture Compréhension orale

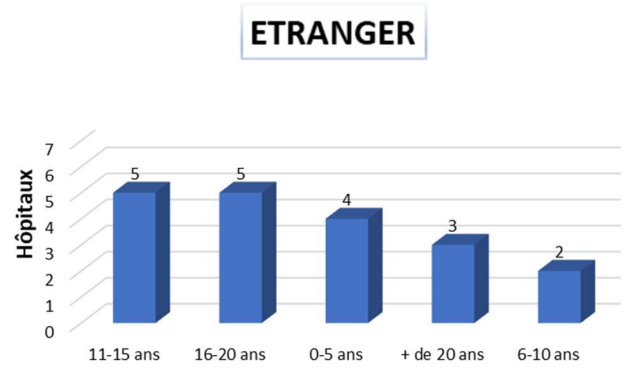
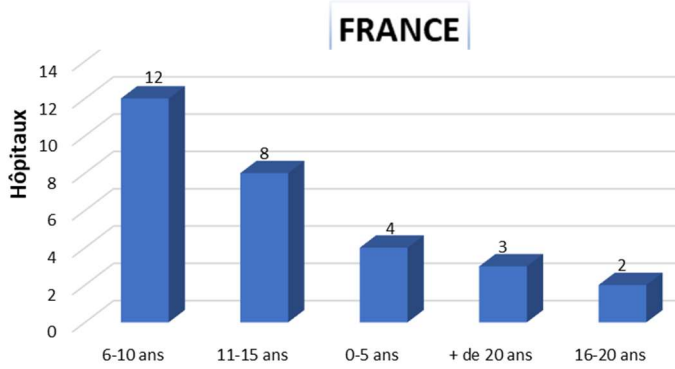
AUTEURS	ANNEES	PAYS	ETUDES	PERIODES	PATIENTS	AGES MOYENS	LESIONS	LOCALISATIONS	EPREUVES
Joswig et al.	2016	Suisse	Rétrospective	2014 2015	22 (13 H - 9 F)	50.1 [17 - 72]	Gliomes grades I à IV Cavernomes Métastases	Hémisphères gauches et droits	Dénomination Comptage Lecture Appariement sémantique
Jung et al.	2018	UK	Rétrospective	2017 2018	11 (5 H - 6 F)	50 [37 - 63]	Grades I à IV Cavernomes Métastases Kyste	Hémisphères gauches et droits	Dénomination Comptage
Kelm et al.	2017	Allemagne	Prospective	2008 2016	47 (29 H - 18 F)	45.9 [31.5 - 60.3]	Gliomes grades I à IV	Hémisphères gauches	Dénomination Comptage
Kośła et al.	2015	Pologne	Etude de cas	X	1 F	36	Gliomes grades I ou II	Hémisphères gauches	Dénomination
Leal et al.	2018	Brésil	Rétrospective	2013 2017	19 (2 H - 7 F)	57 [25-78]	Gliomes grades I à IV Métastases	Hémisphères gauches et droits	Dénomination Comptage Lecture
Li et al.	2015	Chine	Rétrospective	2003 2012	91 (52 H - 32 F)	38.7	Gliomes grades I à IV	?	Dénomination Comptage
Lim et al.	2018	Malaisie	Etude de cas	X	2 (1 H - 1 F)	54 & 19	Gliomes grades ? Cavernome	Hémisphères gauches	Dénomination Comptage
Martino et al.	2013	Espagne	Prospective	2009 2011	11 (5 H - 6 F)	40.8 [19.5 - 61.2]	Gliomes grades II	Hémisphères gauches et droits ?	Dénomination Comptage
McAuliffe	2018	Canada	Rétrospective	2012 2016	55 (30 H - 25 F)	46 [30 - 62]	Gliomes grades III & IV		Dénomination Comptage Fluences verbales
Milos et al.	2013	Suède	Rétrospective	?	35	?	Gliomes grades II à IV	Hémisphères gauches et droits	Dénomination Comptage Langage spontané

AUTEURS	ANNEES	PAYS	ETUDES	PERIODES	PATIENTS	AGES MOYENS	LESIONS	LOCALISATIONS	EPREUVES
Moiyadi et al.	2016	Inde	Prospective	X	22	44.7 [28-68]	Gliomes grades I à IV	?	Langage spontané
Motomura et al.	2018	Japon	Rétrospective	2016 2017	9 (4 H - 5 F)	34 [17 - 49]	Gliomes grades II	Hémisphères gauches et droits	Comptage Mémoire de T. Bissection de lignes
Mukae et al.	2017	Japon	Rétrospective	2012 2014	11 (6 H - 5 F)	47 [33 - 72]	Gliomes grades II à IV	?	Dénomination Comptage Lecture Répétition Calcul mental
Šteňo et al.	2018	Slovaquie	Rétrospective	2006 2014	49 (31 H - 18 F)	36.5 [19 - 61]	Gliomes grades II	Hémisphères gauches et droits	Dénomination Comptage Langage spontané Compréhension orale Calcul mental
Takroui et al.	2010	Arabie Saoudite	Etude de cas		1 H	24	Gliome grade ?	Hémisphère gauche	Dénomination Comptage
Trimble et al.	2015	Irlande	Rétrospective	2012 2015	45 (28 H - 17 F)	45 [15 - 68]	Gliomes grades II à IV	Hémisphères gauches et droits	Dénomination Appariement sémantique Langage spontané Langage auto°
Tuominen et al.	2013	Finlande	Prospective	X	20 (11 H - 9 F)	44 [16 - 67]	Gliomes grades I à IV	Hémisphères gauches et droits	Dénomination
Zhukov et al.	2018	Russie	Prospective	X	12 (6 H - 6 F)	45 [29 - 67]	Gliomes grades II à IV	Hémisphères gauches	Dénomination Comptage Langage spontané

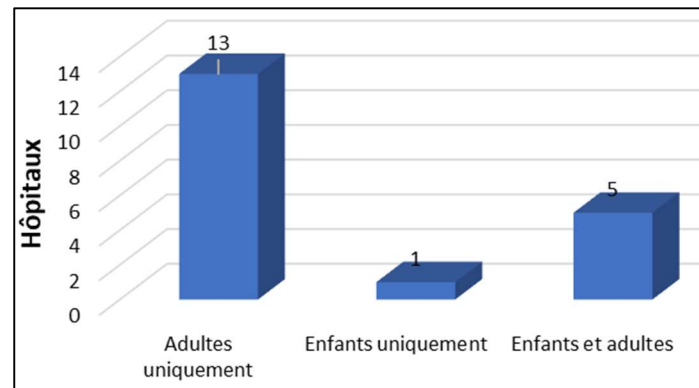
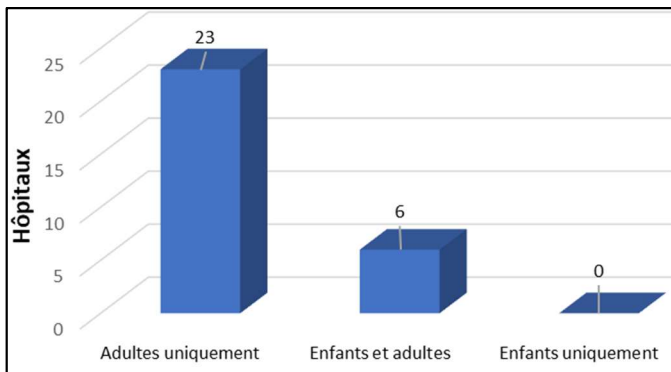
## ANNEXE IV. RÉPONSES AU QUESTIONNAIRE

### 1. PRÉSENTATION

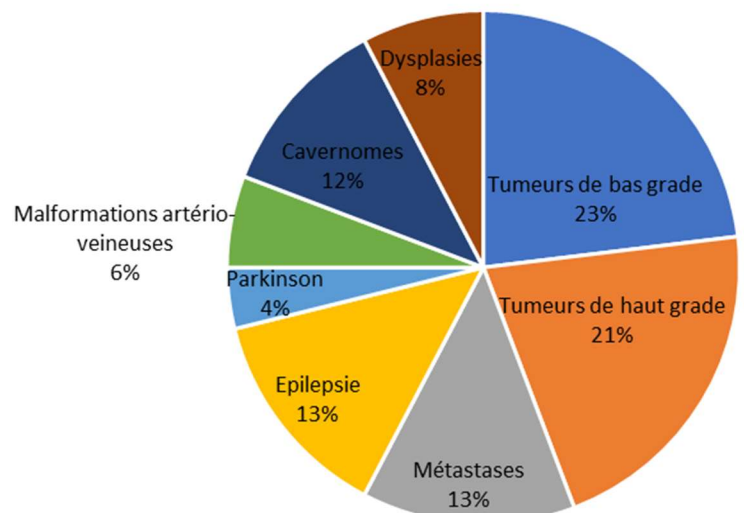
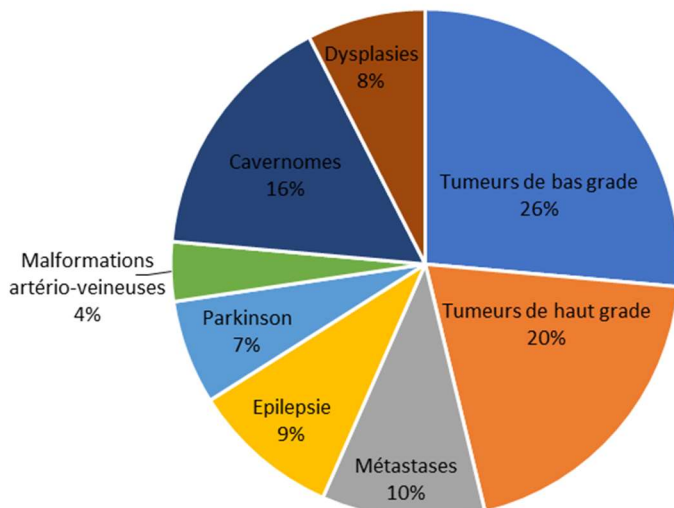
❖ Depuis approximativement combien d'années, les chirurgies cérébrales éveillées sont-elles réalisées au sein de votre établissement ?



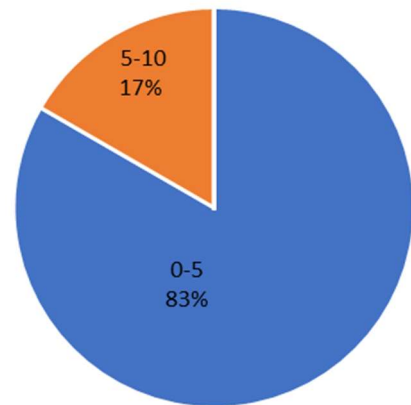
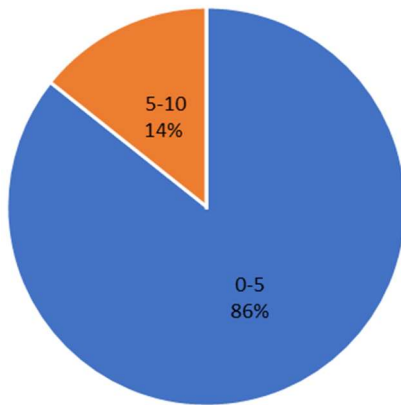
❖ Sur des patients :



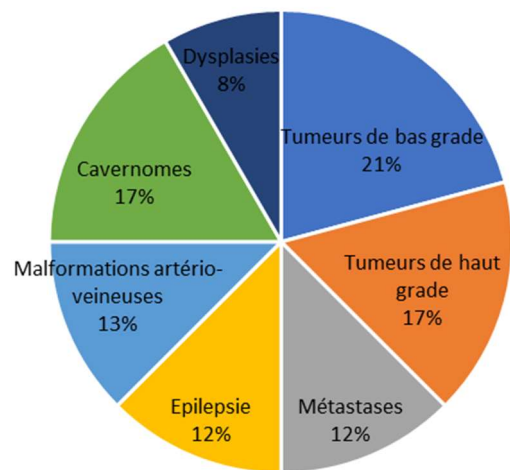
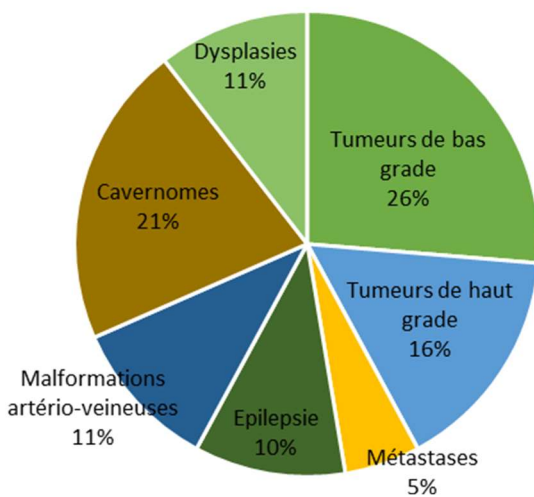
❖ Pour quelle(s) pathologie(s) (**patients adultes**) ? :



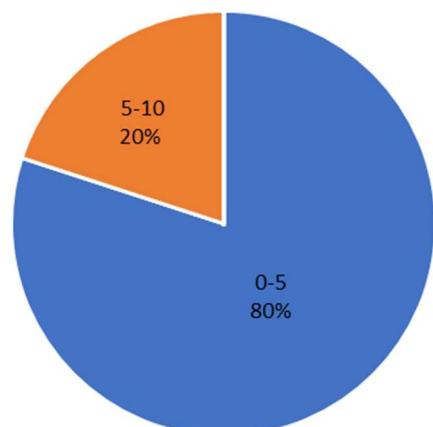
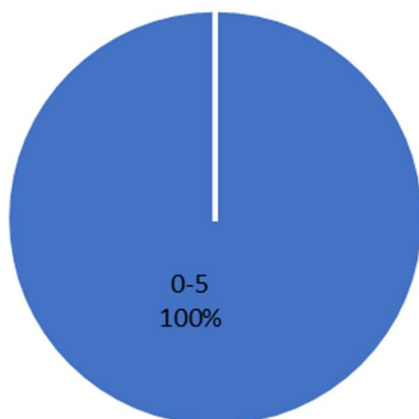
❖ Combien d'opérations sont réalisées par mois approximativement (**patients adultes**) ? :



❖ Pour quelle(s) pathologie(s) (**patients enfants**) ? :



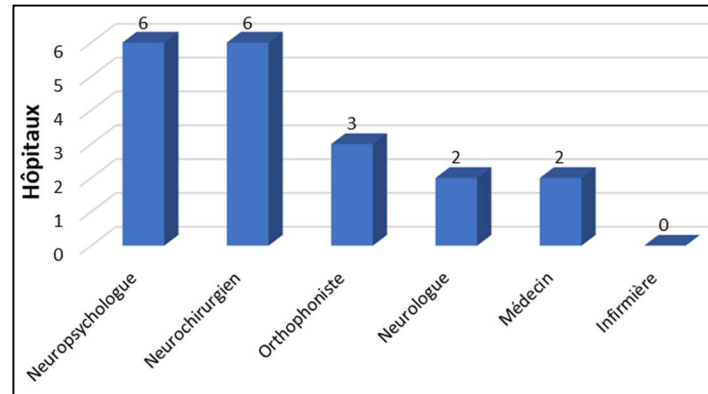
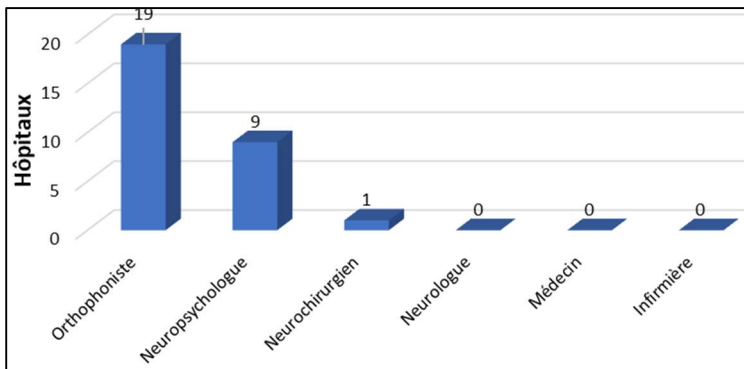
❖ Combien d'opérations par mois approximativement ? (**patients enfants**) :



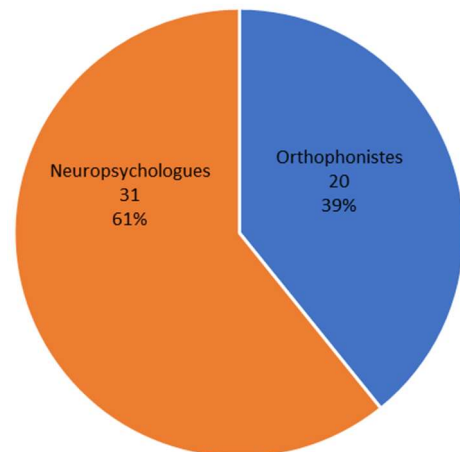
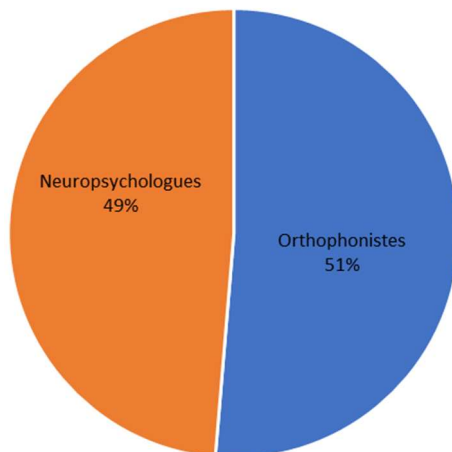


## 2. ORGANISATION

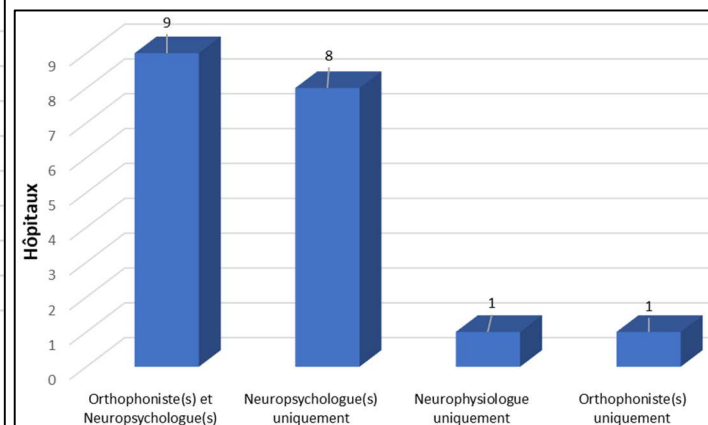
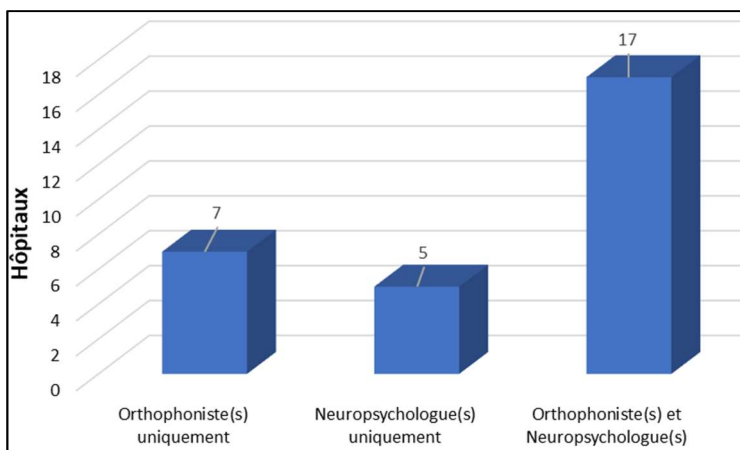
❖ Quelle est votre profession ? :



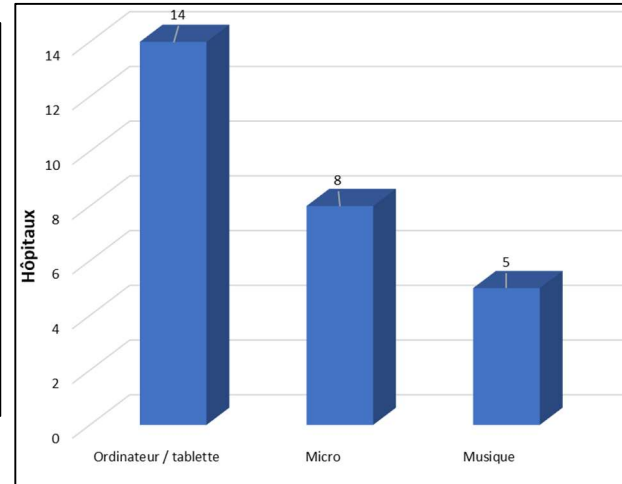
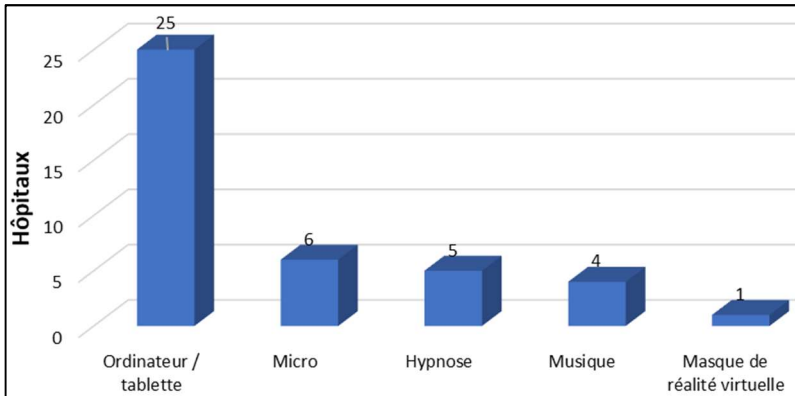
❖ Constitution des équipes :



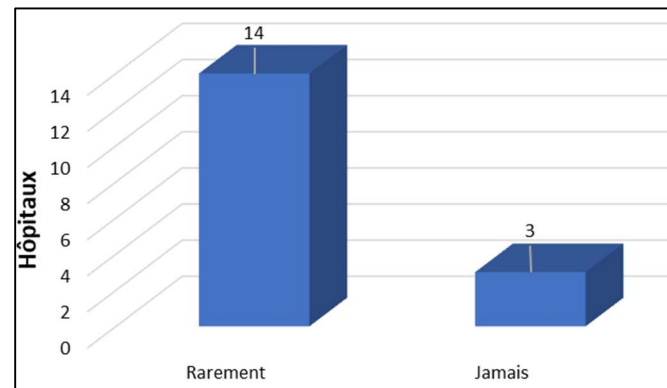
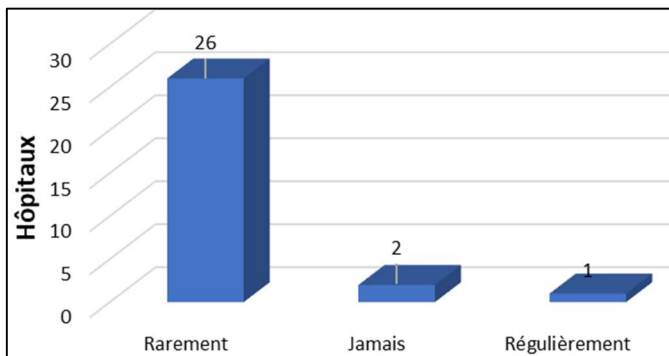
❖ Répartition des équipes :



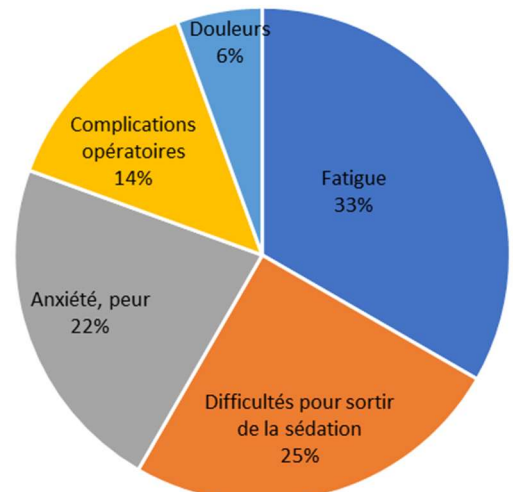
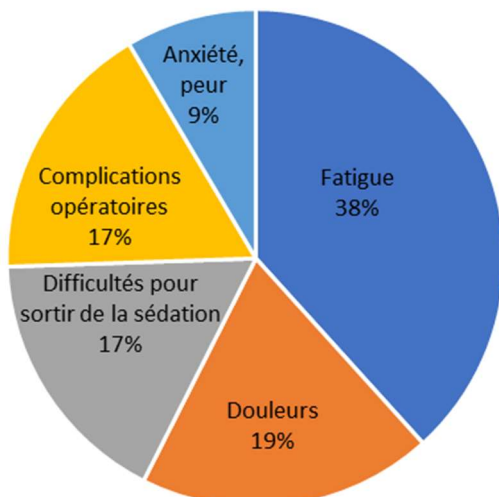
### 3. CONDITIONS OPÉRATOIRES



❖ Est-ce qu'il arrive que vous vous trouviez dans l'impossibilité d'administrer la totalité des tests que vous aviez prévus ?

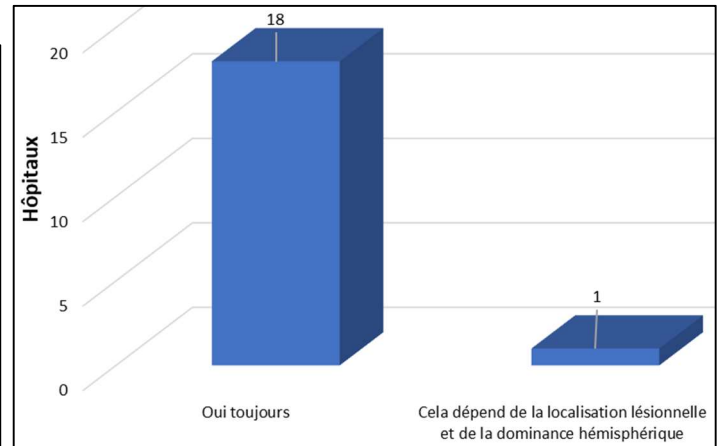
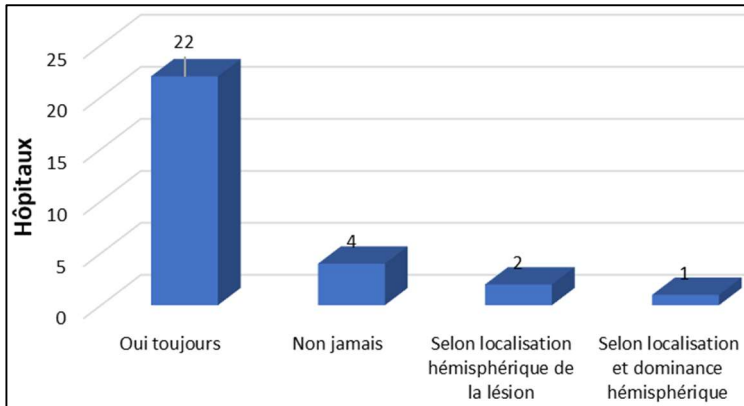


❖ Si oui, pour quelle(s) raison(s) ?

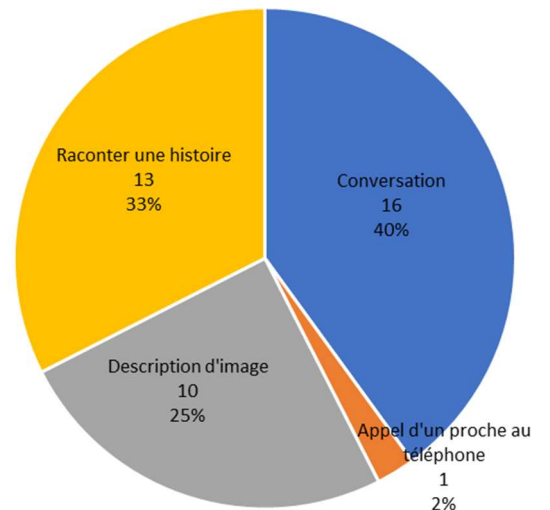
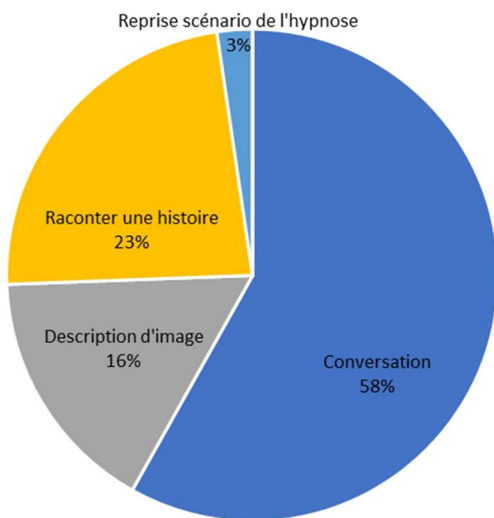


#### 4. EVALUATION DU LANGAGE ORAL

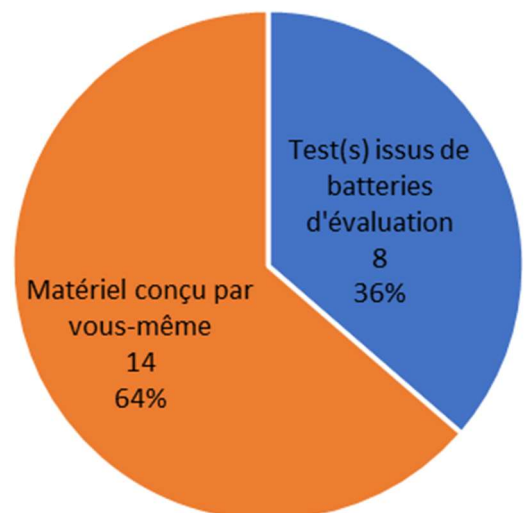
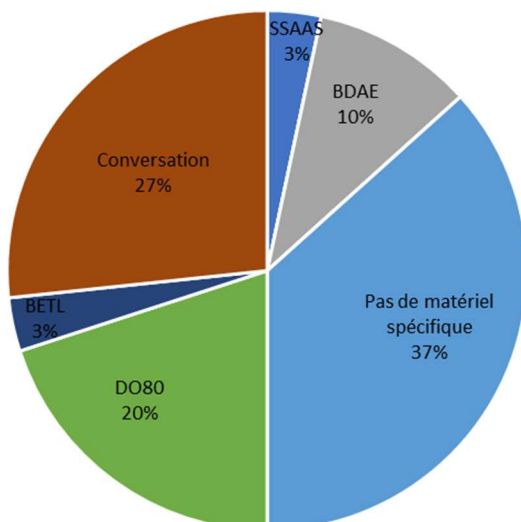
❖ Évaluez-vous le **langage spontané** ? :



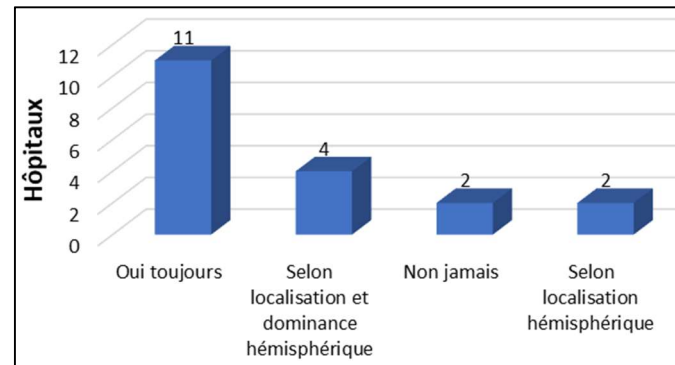
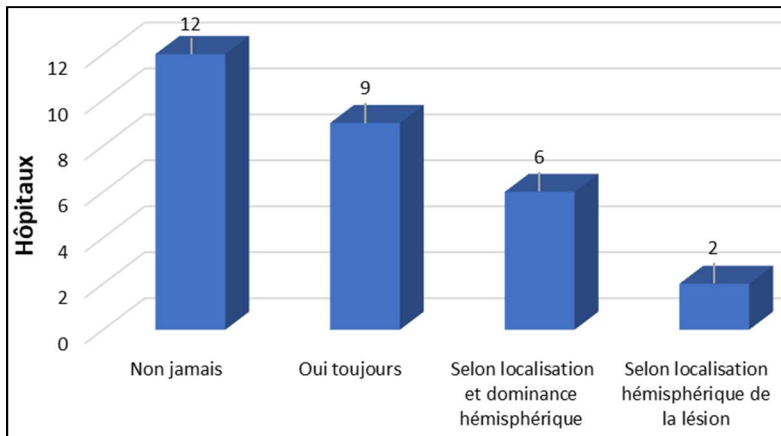
❖ De quelle façon l'évaluez-vous ? :



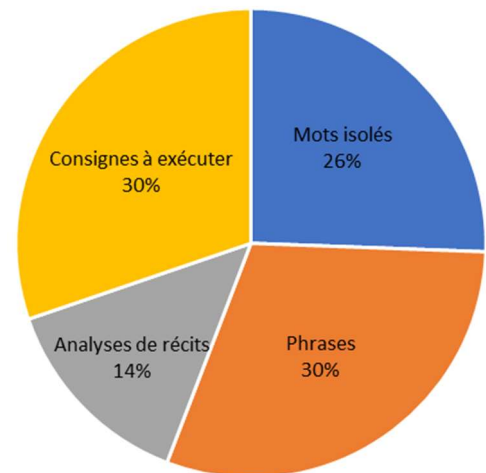
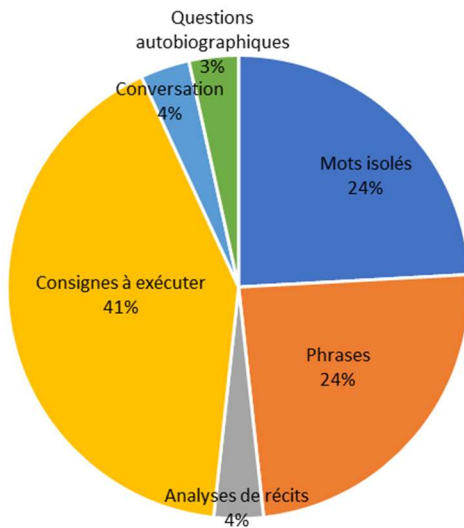
❖ Quel matériel utilisez-vous ? :



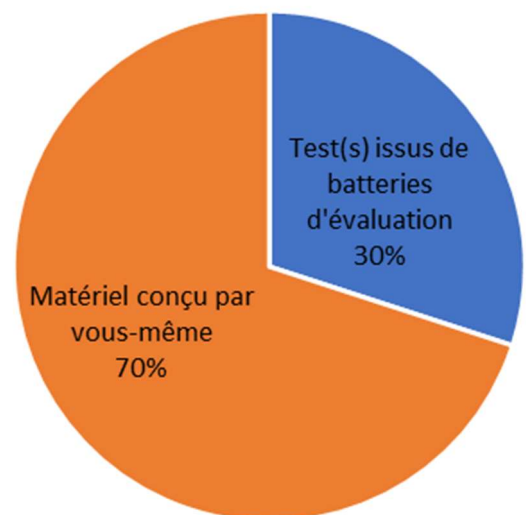
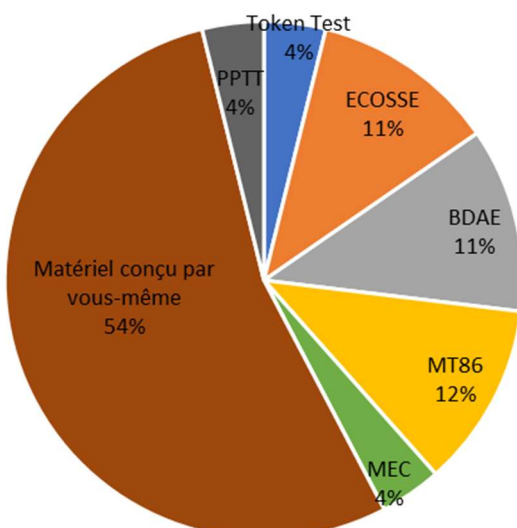
❖ Évaluez-vous la **compréhension orale** ? :



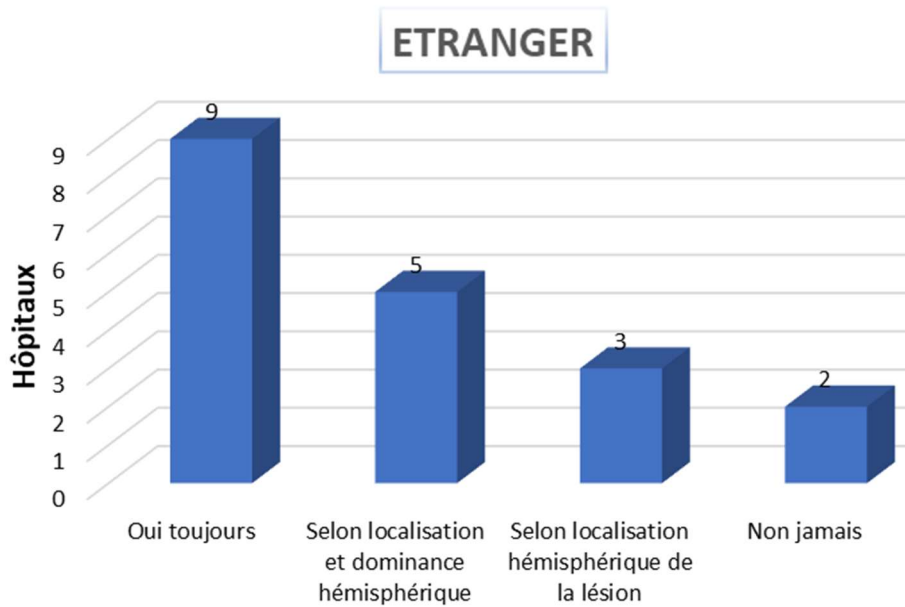
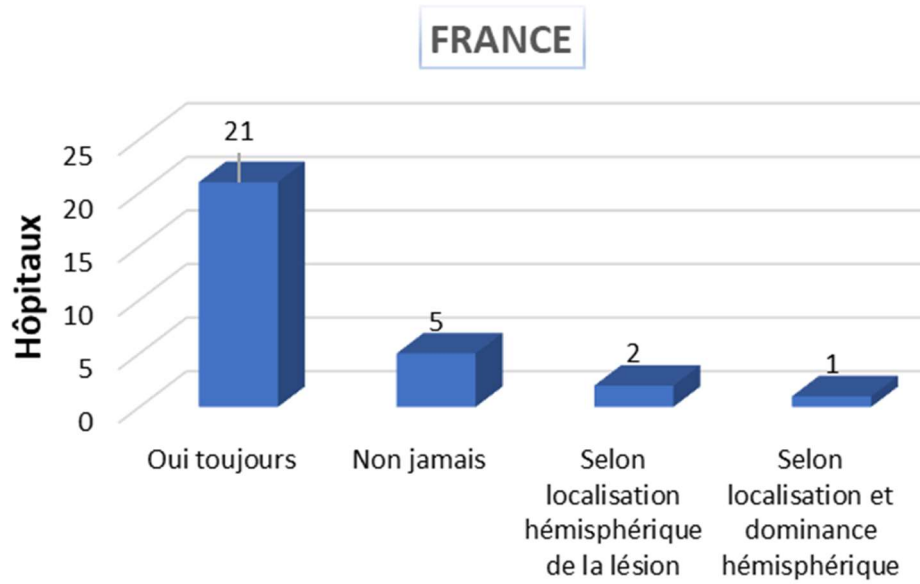
❖ De quelle façon l'évaluez-vous ? :



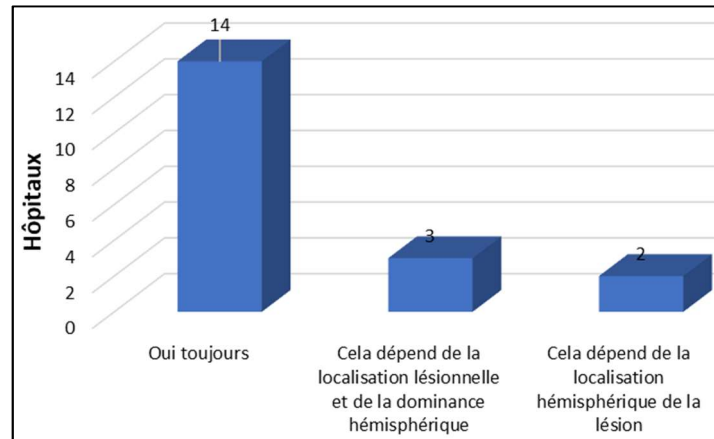
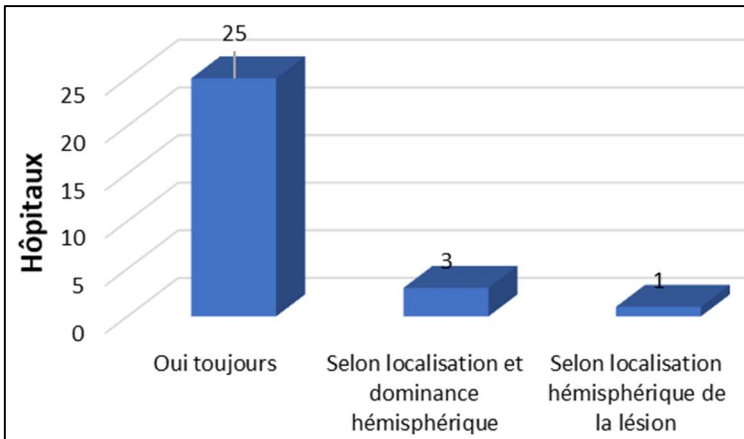
❖ Quel matériel utilisez-vous ? :



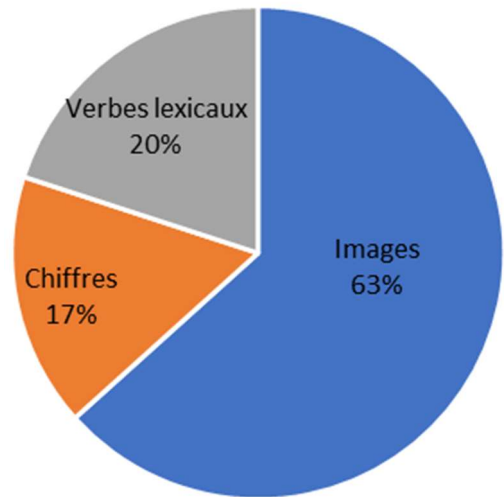
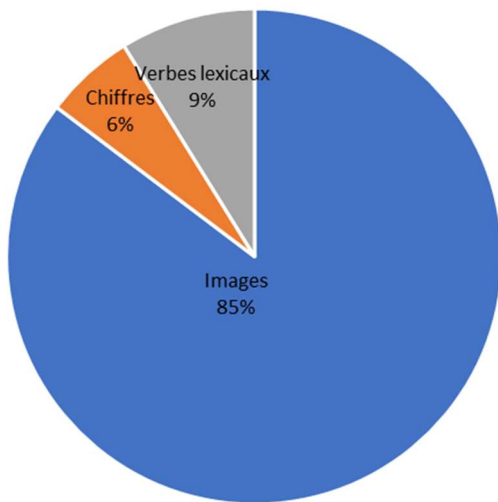
❖ Administrez-vous des épreuves de **comptage** ?



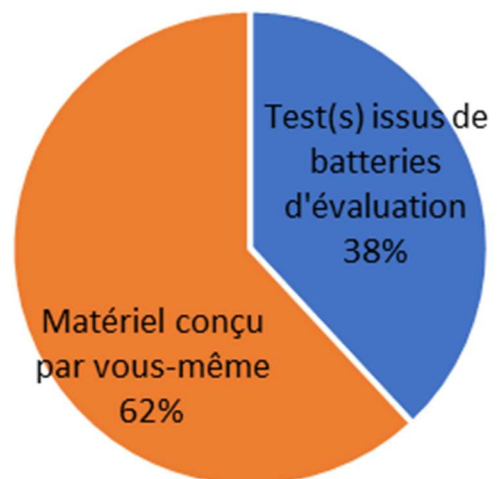
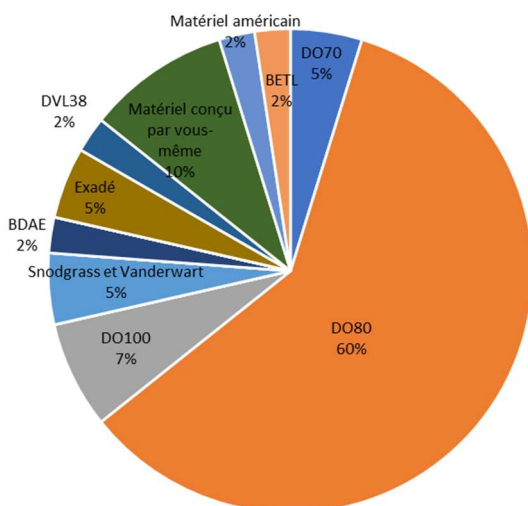
❖ Faites-vous passer des épreuves de **dénomination** ?



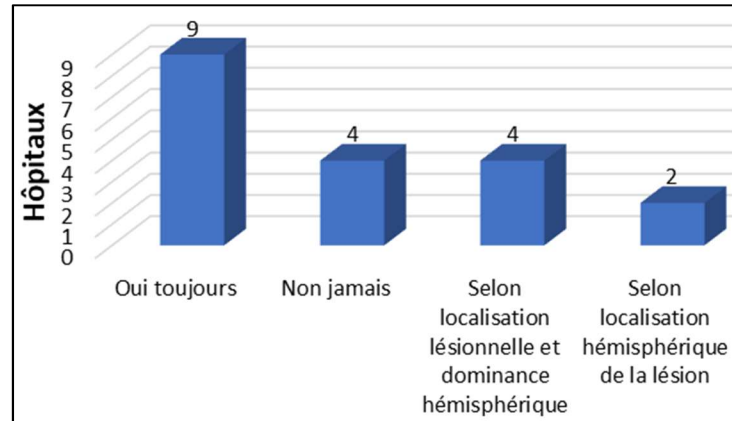
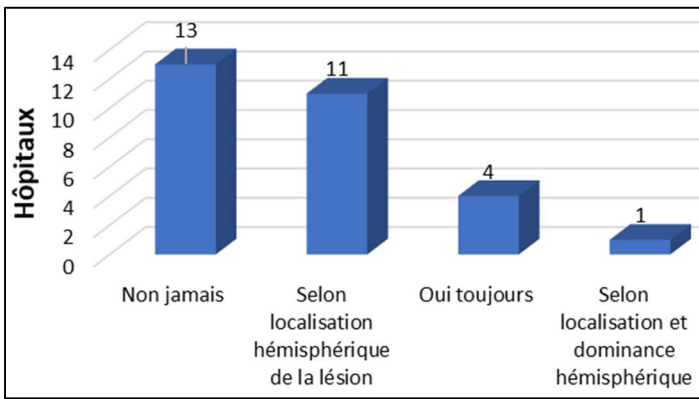
❖ Constituées de ? :



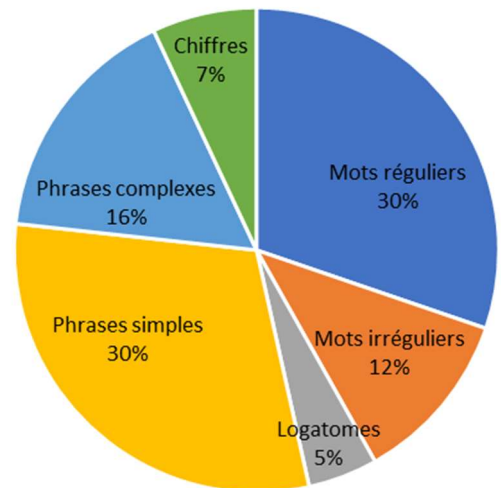
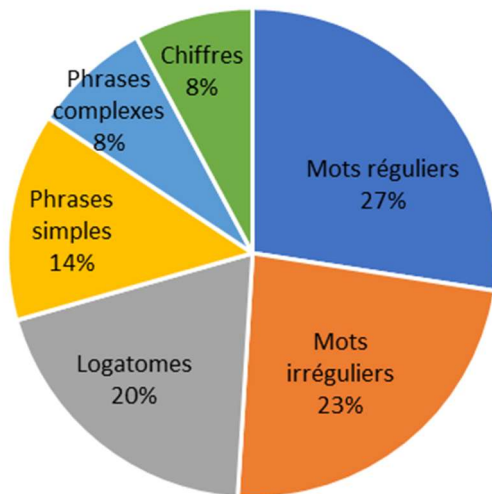
❖ A l'aide de quel matériel ? :



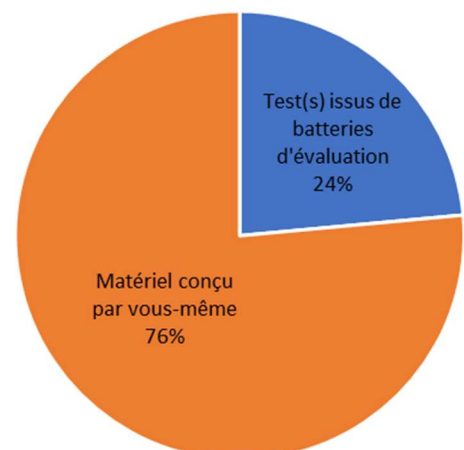
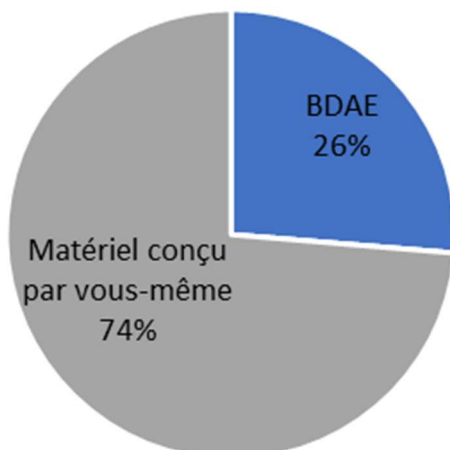
❖ Administrez-vous des épreuves de **répétition** ?



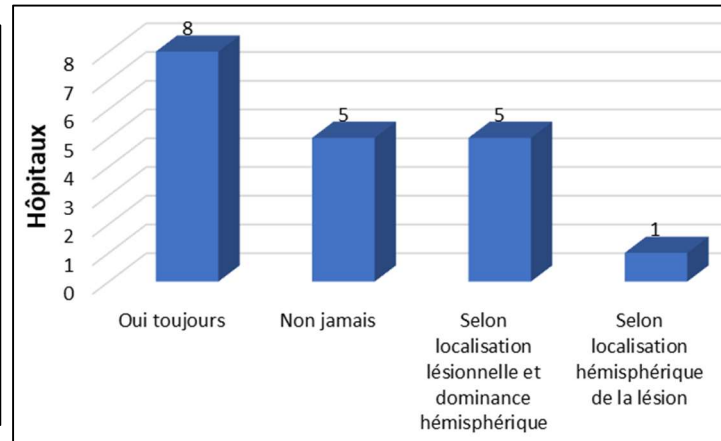
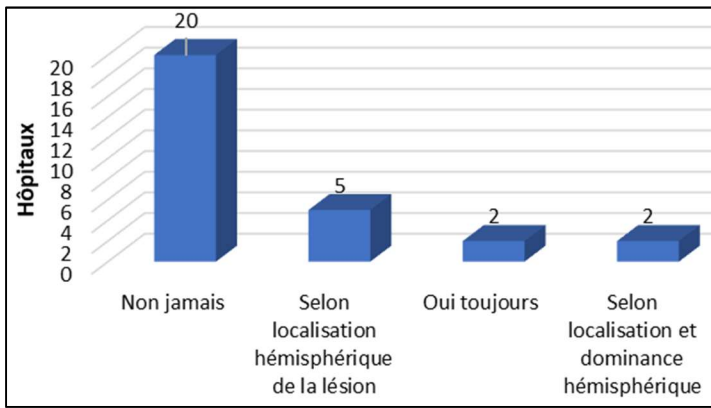
❖ Vous l'évaluez à l'aide de :



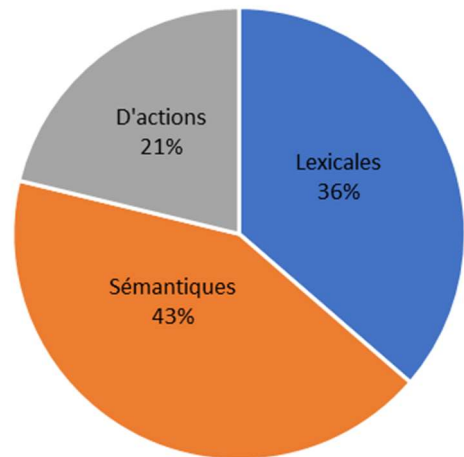
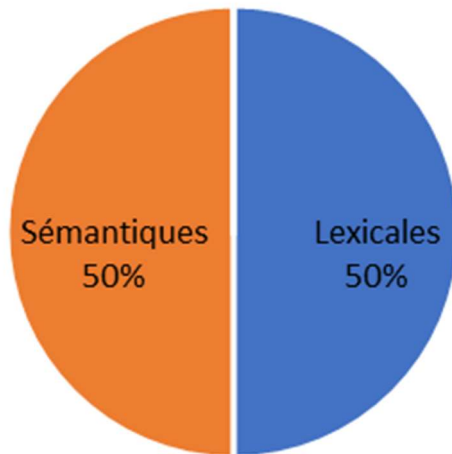
❖ Quel matériel utilisez-vous ?



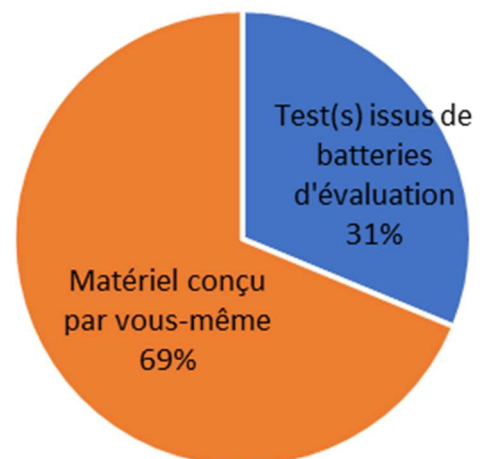
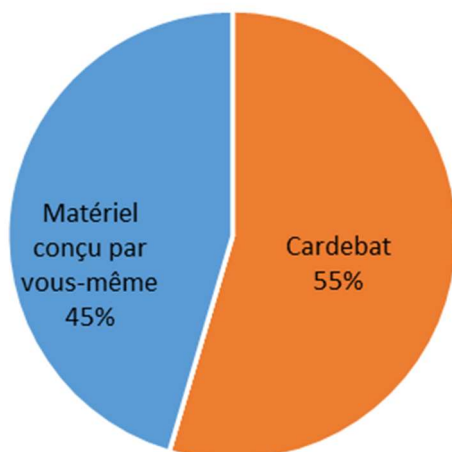
❖ Évaluez-vous les **fluences verbales** ?



❖ Vous administrez des épreuves de fluences :

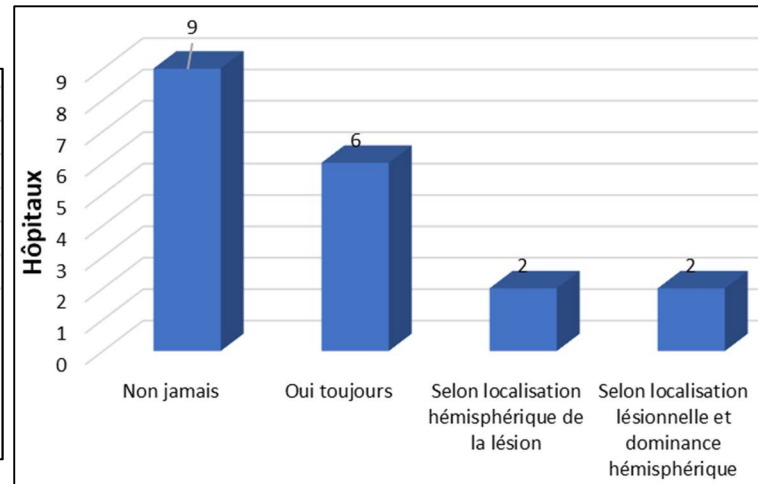
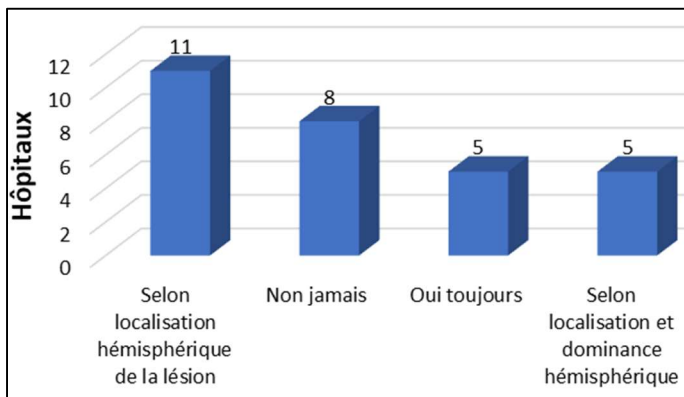


❖ A l'aide de quel(s) matériel(s) ?

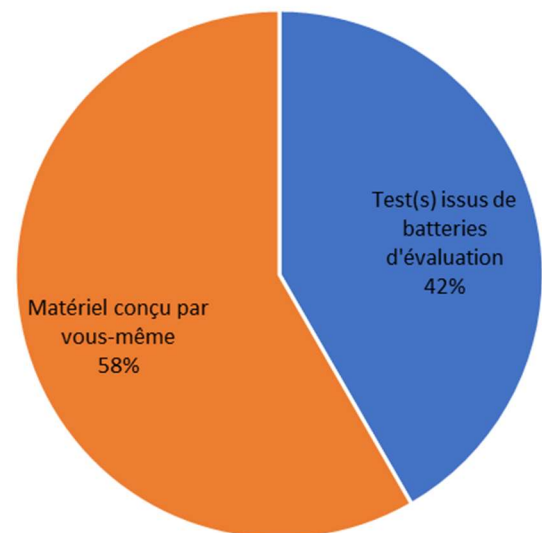
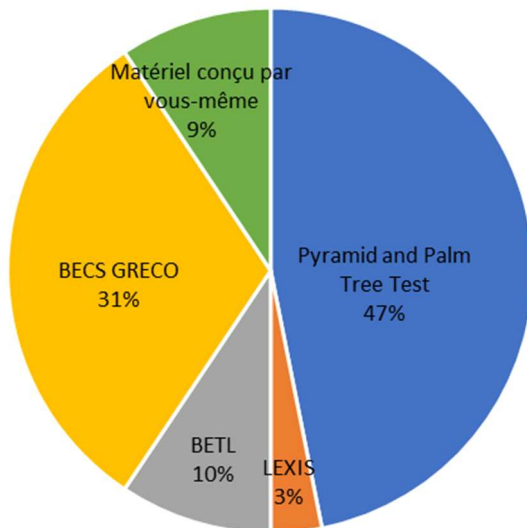




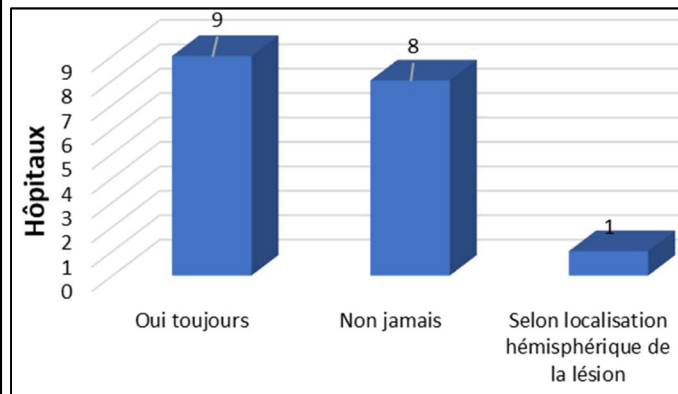
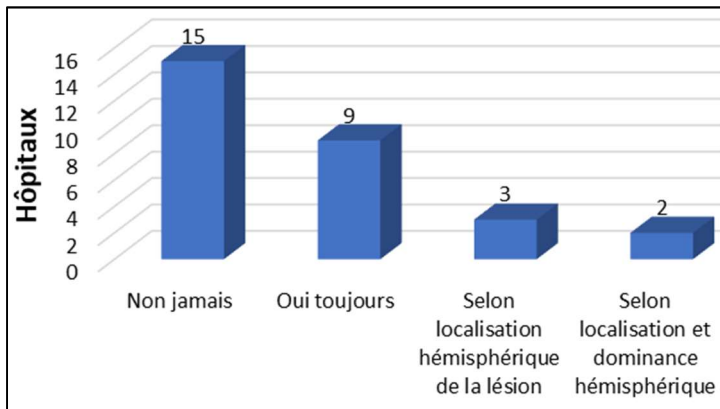
❖ Administrez-vous des épreuves d'**appariement sémantique** d'images ?



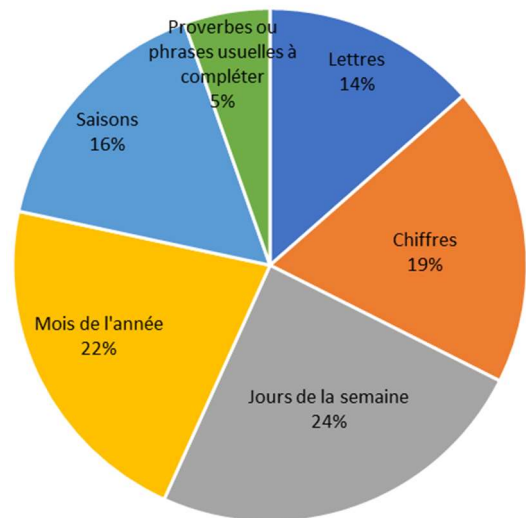
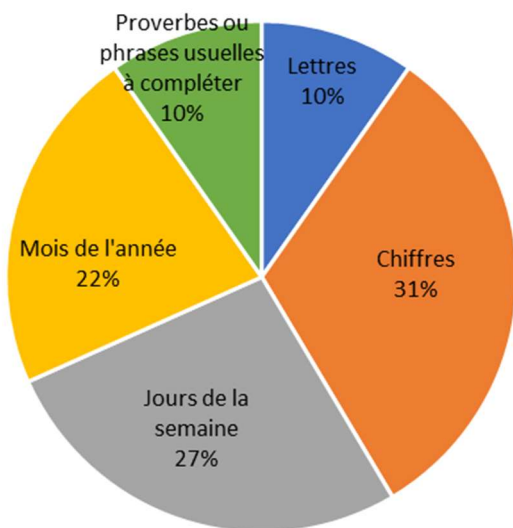
❖ Quel(s) matériel(s) utilisez-vous ?



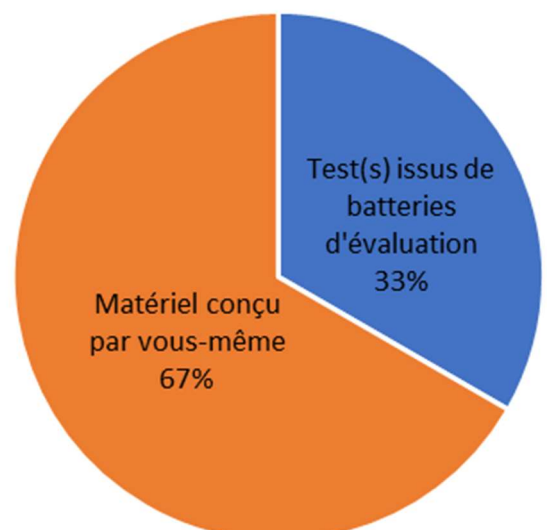
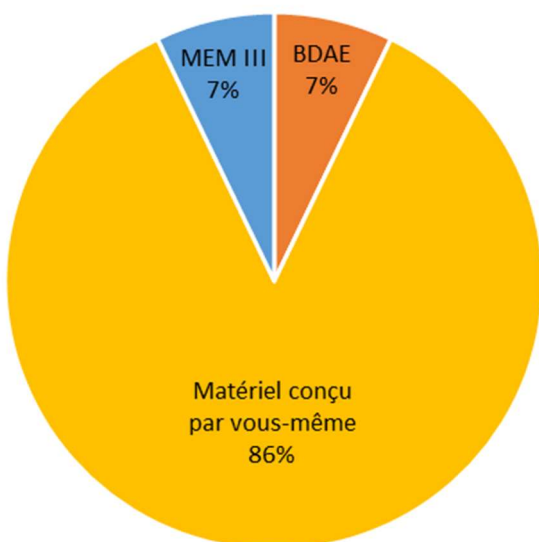
❖ Faites-vous passer des épreuves constituées de **séries automatiques** ?



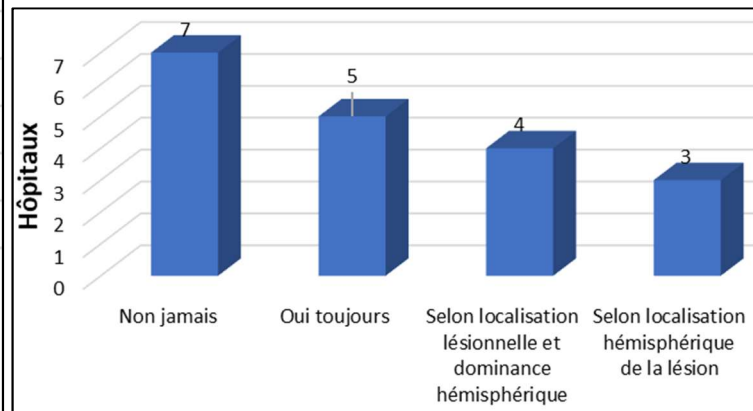
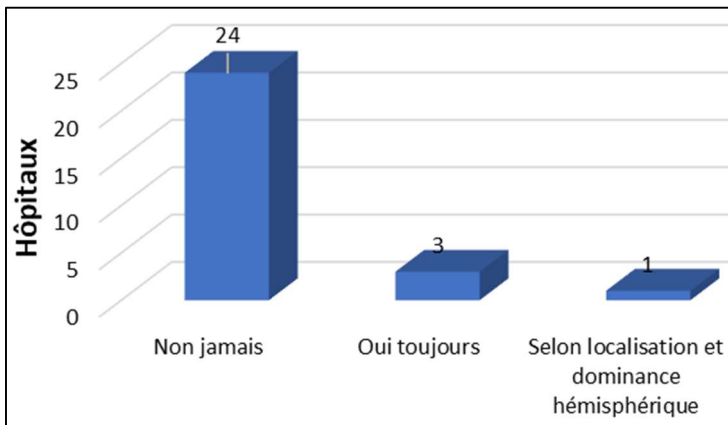
❖ Vous évaluez le langage automatique à l'aide de séries composées de :



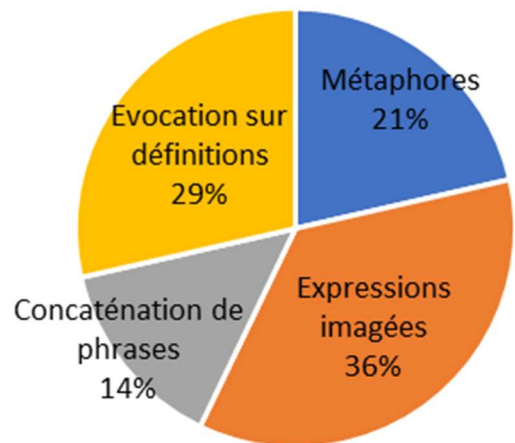
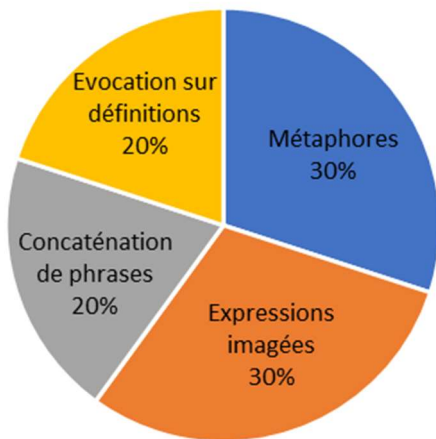
❖ Quel(s) matériel(s) utilisez-vous ?



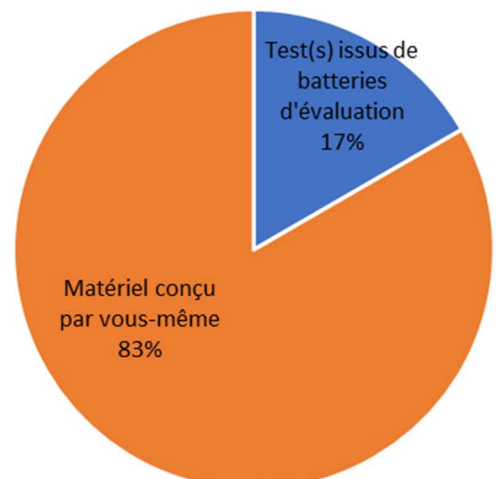
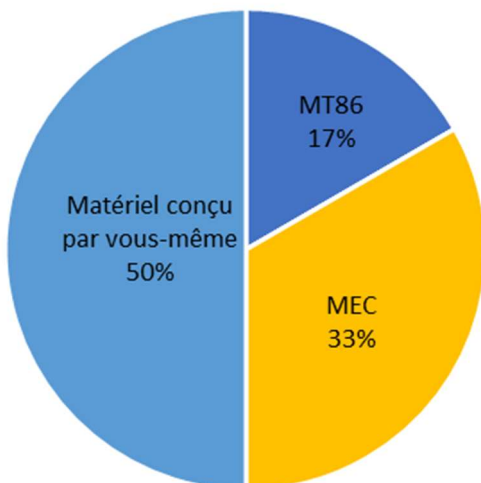
❖ Évaluez-vous le **langage élaboré** ?



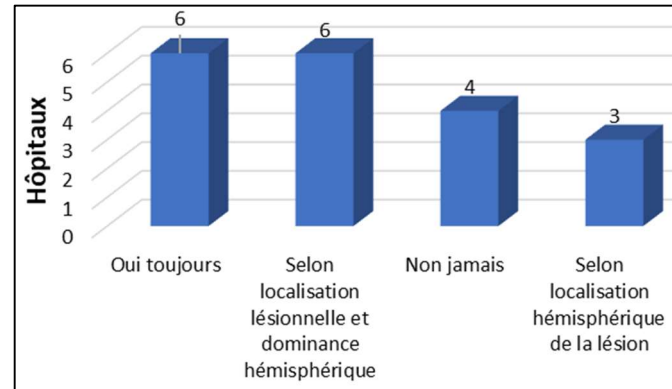
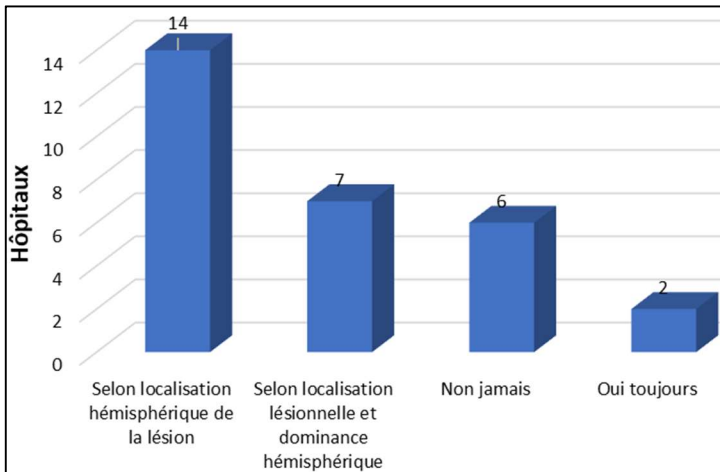
❖ Vous l'évaluez le langage à l'aide de :



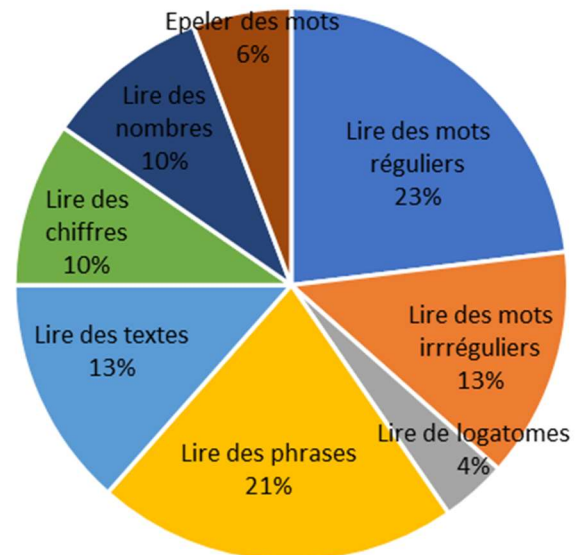
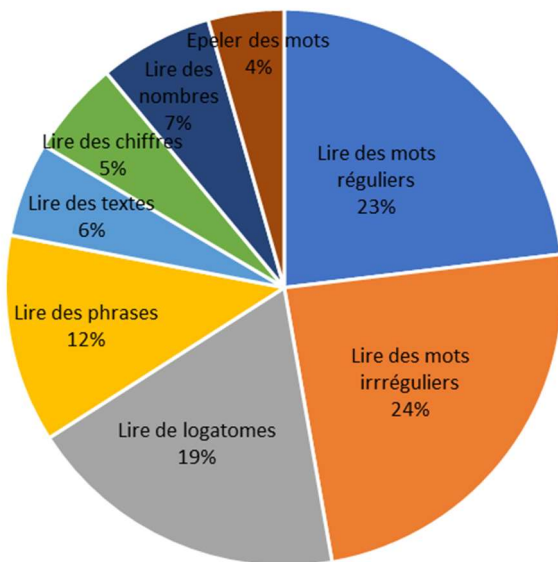
❖ Quel(s) matériel(s) utilisez-vous ?



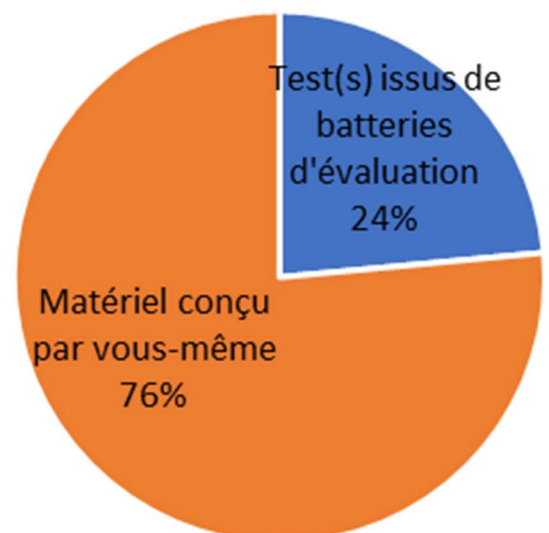
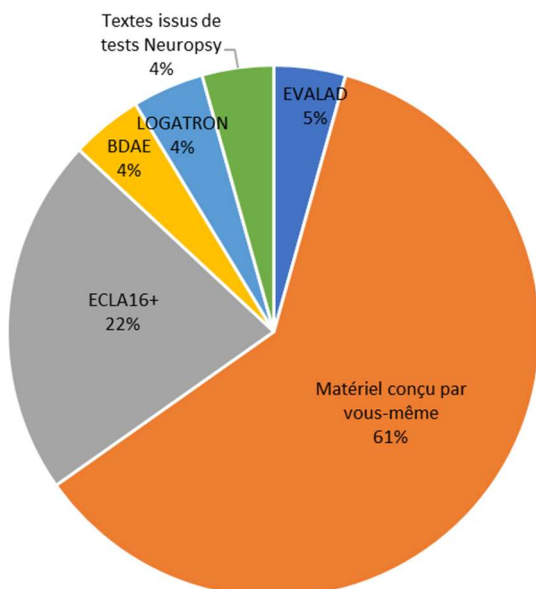
❖ **Evaluez-vous la lecture ?**



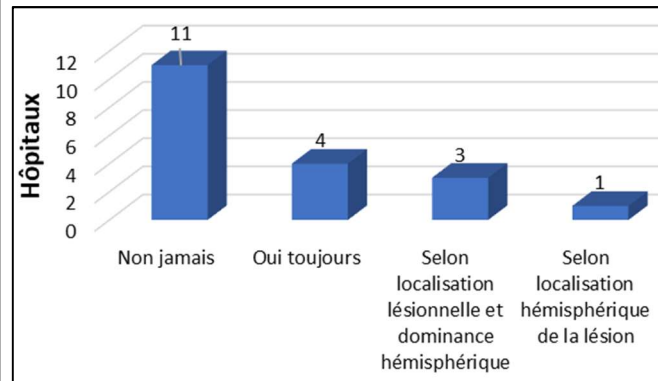
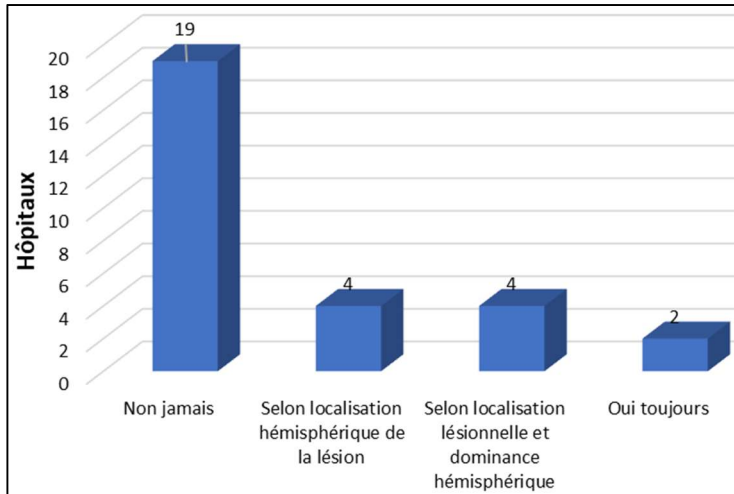
❖ **Vous l'évaluez en faisant :**



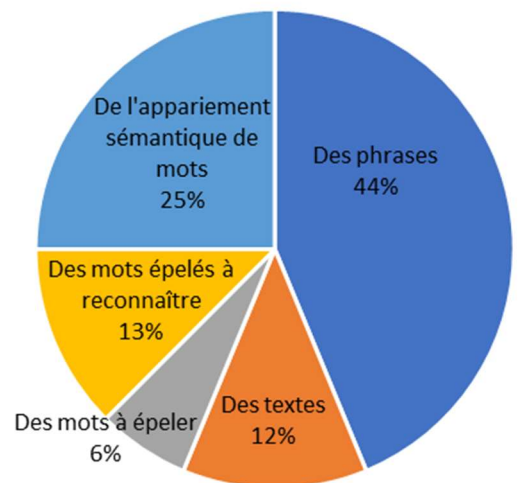
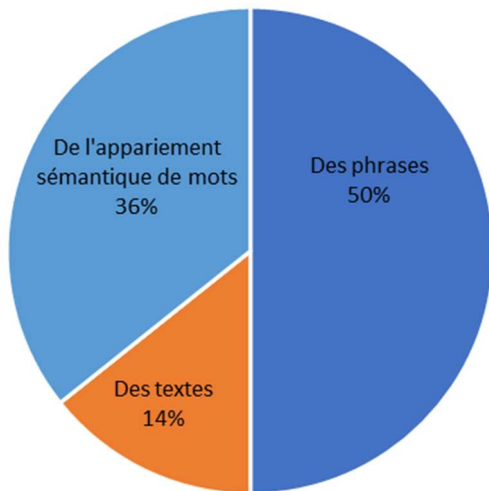
❖ **Quel(s) matériel(s) utilisez-vous ?**



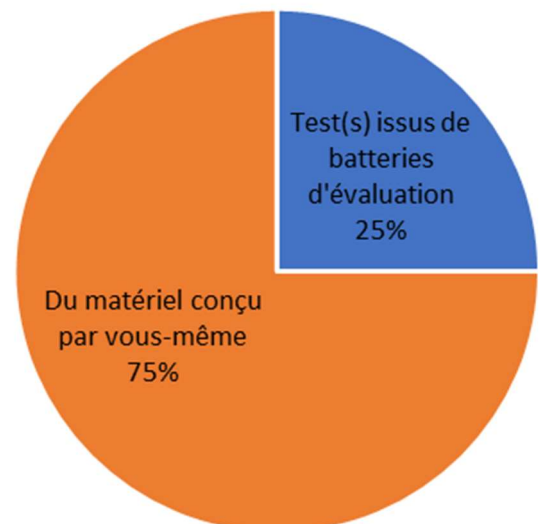
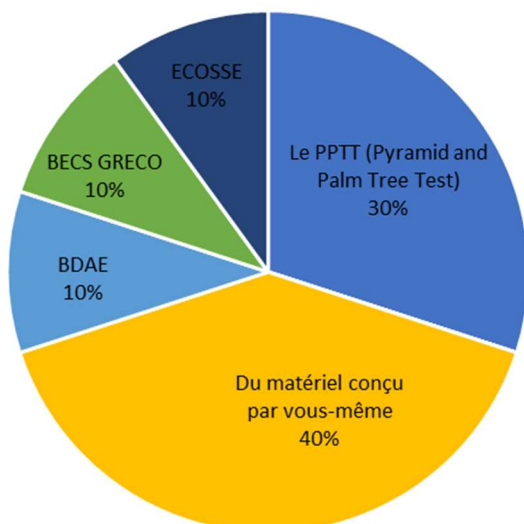
❖ Évaluez-vous la **compréhension écrite** ?



❖ Vous l'évaluez grâce à :



❖ Quel(s) matériel(s) utilisez-vous ?



## ANNEXE V. UTILISATION DES TESTS

	ANGE	BESA	BORD	BREST	CAEN	CLAM	COLIM	GREN	REUN	KREM	LILL	LIMO	LYON	MARS	MONT	NANC	NANT	NICE	NIME	SALPE	LARIB	ST AN	POIT	REIMS	ROUEN	ST ETI	STRAS	TOUL	TOURS	
<b>LANGAGE SPONTANE :</b>																														
BDAE										X														X						
BETL																														
DO80	X									X										X										
SSAAS																													X	
<b>COMPREHENSION ORALE :</b>																														
BDAE										X																	X			
PPTT			X																											
ECOSSE																				X								X		
MT86				X																								X		
MEC																														
TOKEN TEST																												X		
<b>DENOMINATION :</b>																														
BDAE																											X			
BETL																														
DO80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									X	X	X				X
DO70																														
DO100	X																													X
SNODGRASS																														
EXADE				X																										X
DVL38																														
<b>REPETITION :</b>																														
BDAE	X									X																	X	X	X	X



## ANNEXE VI. CARACTÉRISTIQUES DES TESTS

NOM	ANNÉE	AUTEURS	ÉDITIONS	PUBLIC	VARIABLES LINGUISTIQUES	MODÈLES THÉORIQUES ET CONTRÔLE DES VARIABLES	ÉTALONNAGE	VALIDATION	ÉPREUVES
<b>BDAE</b> (Boston Diagnostic Aphasia Examination)	1972	GOODGLASS Harold KAPLAN Edith MAZAUX Jean-Michel ORGOGOZO Jean-Marc	Editions et Applications Psychologiques	Adolescents Adultes	Fréquence Régularité orthographique Longueur	Variables non contrôlées, non appariées, non équilibrées	30 sujets (pas de critères d'inclusion ni d'exclusion)	40 patients aphasiques	Discours spontané Compréhension orale Expression orale Compréhension écrite Écriture
<b>BETL</b> (Batterie d'évaluation des troubles lexicaux)	2015	TRAN Thi Mai GODEFROY Olivier	Ortho Editions	Adultes	Fréquence Longueur Catégorie sémantique Régularité orthographique	Hillis et Caramazza (1990) Variables partiellement contrôlées : équilibrées en Fréquence Longueur Catégorie sémantique	1488 sujets (hommes / femmes) Âges : 5 groupes de 20 à 95 ans NSC différents : 3 niveaux (critères d'inclusion et d'exclusion)	51 patients aphasiques 75 patients Alzheimer	Dénomination orale d'images Dénomination écrite d'images Lecture à voix haute Désignation d'images Désignation de mots écrits Appariement d'images Appariement de mots écrits Questionnaire sémantique
<b>PPTT</b> (Pyramids and Palm Trees Test)	1992	HOWARD David PATTERSON Karalyn	Pearson	Adultes	Catégorie sémantique	–	214 sujets Âges : de 15 à 70 ans	–	Appariement sémantique de mots
<b>DOB0</b>	1997	DELOCHE Gérard HANNEQUIN Didier	ECPA	Adultes	Fréquence Familiarité Longueur	Hillis et Caramazza (1990) Morton et Patterson (1990) Variables non contrôlées, non appariées, non équilibrées	108 sujets (hommes / femmes) Âges : 3 groupes : 20-39/40-59/60-75 ans 2 NSC différents	–	Dénomination d'images
<b>E.C.O.S.S.E.</b> (Épreuve de Compréhension Syntactico-Sémantique)	1996	LECOCQ Pierre	Presses Universitaires du Septentrion	Enfants	Complexité syntaxique	–	Oral : 2 100 sujets Âges : de 4 à 11 ans Écrit : 500 sujets Âges : de 7 à 11 ans	125 déficients intellectuels	Compréhension orale Compréhension écrite
<b>MT86</b> (Protocole Montréal-Toulouse d'examen linguistique de l'aphasie)	1992	JOANETTE Yves NESPOULOS Jean-Luc ROCH LESCOUS André	Ortho Editions	Adultes	–	Variables non contrôlées, non appariées, non équilibrées	167 sujets (hommes et femmes) Âges : 3 groupes de 15 à 99 ans 2 NSC différents	–	Expression et compréhension orale Lecture Expression et compréhension écrite Motricité Mémoire et adaptation sociale



NOM	ANNÉE	AUTEURS	ÉDITIONS	PUBLIC	VARIABLES LINGUISTIQUES	MODÈLES THÉORIQUES ET CONTRÔLE DES VARIABLES	ÉTALONNAGE	VALIDATION	ÉPREUVES
<b>MEC</b> (Protocole Montréal d'Évaluation de la Communication)	2004	JOANETTE Yves SKA Bernadette COTE Hélène	Ortho Editions	Adultes	-	- Variables non contrôlées, non appariées, non équilibrées	180 sujets Âges : 3 groupes 2 NSC différents Latéralité	28 patients cérébrolésés droits	Discours conversationnel Évocation lexicale Répétition et compréhension de prosodie émotionnelle et linguistique Compréhension de métaphores et d'actes de langage indirects
<b>BECS GRECO</b> (Batterie d'évaluation des connaissances sémantiques)	2008	BELLIARD Serge MOREAUD Olivier le GRESEM	SOLAL	Adultes	Fréquence Familiarité Prototypicalité Longueur syllabique Catégorie sémantique	Variables partiellement contrôlées : longueur syllabique non équilibrée	317 sujets Âges : de 20 à plus de 75 ans	25 patients avec démence sémantique 11 patients Alzheimer	Dénomination orale Appariement sémantique Appariement par identité Questionnaire 6 items
<b>CARDEBAT</b>	1990	CARDEBAT Dominique DOYON B PUEL M GOULET P JOANETTE Yves	-	Adultes	-	-	168 sujets (84 hommes / 84 femmes) Âges : 3 groupes : 30-45/50-65/70-85 ans NSC différents : 2 niveaux	Fluences sémantiques Fluences lexicales Mémoire de travail	
<b>DVI38</b> (Test de dénomination de verbes lexicaux)	2001	HAMMELRATH Claudine	Ortho Editions	Adultes	-	-	120 sujets (hommes / femmes) Âges : 3 groupes NSC différents : 2 niveaux	Dénomination d'actions	
<b>ECLA 16+</b>	2010	GOLA-ASMUSSEN Céline LEQUETTE Christine POUGET Guillemette ROUYER Catherine ZORMAN Michel	Cognisciences	Adultes	-	Morton et Patterson (1990)	311 sujets (153 hommes / 158 femmes) Âges : plus de 16 ans	Lecture Orthographe Métaphonologie Traitement visuel Mémoire	
<b>EVALAD</b>	2011	PECH-GEORGEL Catherine GEORGE-PORACCHIA Florence	SOLAL	Adolescents (1ère terminale) Adultes	-	-	100 élèves de 1ère et 80 de terminale (68 filles / 112 garçons)	36 adolescents dyslexiques / dysorthographiques de 1ère terminale, ou études supérieures (19 garçons / 17 filles)	Lecture Orthographe Conscience phonologique Dénomination rapide Mémoire auditive Attention visuelle

NOM	ANNÉE	AUTEURS	ÉDITIONS	PUBLIC	VARIABLES LINGUISTIQUES	MODÈLES THÉORIQUES ET CONTRÔLE DES VARIABLES	ÉTALONNAGE	VALIDATION	ÉPREUVES
<b>EXADE</b>	1988	BACHY-LANGEDOC Noëlle	Editests	Adultes	Fréquence Longueur	- -	350 sujets Âges : 4 groupes : 20-34/35-49/50-64/ + de 65 ans		Dénomination
<b>LEXIS</b>	2001	DE PARTZ Marie-Pierre BILOCO Vanessa DE WILDE Véronique SERON Xavier PILLON Agnesa	SOLAL	Adultes	Fréquence Longueur	Hillis et Caramazza (1990) Variables partiellement contrôlées	2 étalonnages : 360 sujets Âges : 4 groupes de 20 à 65 ans 3 NSC différents 90 sujets Âges : 3 groupes de 60 à 80 ans 3 NSC différents		Dénomination Désignation Appariement sémantique
<b>LOGATRON</b>	2009	ROUBOT Pierre	-	Enfants et adultes	-	- -	-		Lecture
<b>MEM II</b> (Evaluation clinique de la mémoire)	2001	WECHSLER David GREGOIRE, J. (trad.) PENHOUE, C. (trad.)	ECPA	Adultes	-	- -	577 sujets Âges : de 16 à 89 ans		Mémoire Auditive Immédiate Mémoire Visuelle Immédiate Mémoire Immédiate Mémoire Auditive Différée Reconnaissance Auditive Mémoire Visuelle Différée Mémoire de Travail Mémoire Générale
<b>SNODGRASS ET VANDERWART</b>	1980	SNODGRASS Joan Gay VANDERWART Mary	-	Adultes enfants	-	- -	-		Dénomination
<b>SSAAS</b> (Spontaneous Speech Assessment for Awake Surgery)	2013 2015 2016 2018	FLEURIER Amélie ALLEAU C. et BROCHARD S. CHAPELET M.	Issu de mémoires d'orthophonie Non édité	Adultes	-	- -	85 sujets	21 patients atteints d'une tumeur cérébrale	Discours spontané
<b>TOKEN TEST</b>	1975	DE RENZI Ennio VIGNOLO Luigi	-	Adultes	-	- -	-		Réalisation d'actions sur consignes

## TABLE DES ILLUSTRATIONS

<b>Figure 1.</b> Les fibres de substance blanche (Catani et Thiebaut de Schotten, 2008).....	17
<b>Figure 2.</b> Schéma connectomique de l'organisation cérébrale de traitement du langage et de la parole (Moritz-Gasser et Duffau, 2018).....	18
<b>Figure 3.</b> Le frontal aslant tract et le fronto-striatal tract (Middelbrooks, Yagmurlu, Szaflarski, Rahman et Bozkurt, 2016).....	19
<b>Figure 4.</b> Test de compréhension de métaphores (Polczyńska, 2009).....	40
<b>Figure 5.</b> Les épreuves de comptage, dénomination et compréhension orale (Kayama, 2015).....	41
<b>Figure 6.</b> Proposition d'épreuves peropératoires, basée sur les relations entre la localisation tumorale et les faisceaux de substance blanche (Coello et al., 2013).....	42
<b>Figure 7.</b> La cartographie corticale et sous-corticale des fonctions langagières selon De Witte et ses collaborateurs (2015).....	43
<b>Tableau 1.</b> Les mots-clés utilisés en français et en anglais, pour chaque thème de recherche...	29
<b>Tableau 2.</b> Les hôpitaux publics français qui ont accepté de répondre au questionnaire.....	32
<b>Tableau 3.</b> Les hôpitaux étrangers qui ont accepté de répondre au questionnaire.....	33
<b>Tableau 4.</b> Tests utilisés par les 29 équipes interrogées.....	53

## RÉSUMÉ

Titre : Évaluation du langage durant une chirurgie cérébrale éveillée : état des lieux des pratiques françaises et internationales.

Si la chirurgie cérébrale éveillée est aujourd'hui considérée comme étant le traitement de référence en matière de neurochirurgie oncologique, il n'existe pourtant que peu d'écrits portant sur l'évaluation du langage qui l'accompagne et les professionnels qui la réalisent. Ainsi, l'objet de ce mémoire est la réalisation d'un état des lieux des organisations et des pratiques au sein des services de neurochirurgie en France et à l'étranger. Pour ce faire, une revue de la littérature scientifique a été menée aboutissant à la sélection de 69 articles internationaux, et un questionnaire a été envoyé à une soixantaine d'hôpitaux français et étrangers permettant le recueil des témoignages de 48 d'entre eux. Les résultats obtenus démontrent l'existence d'une forte hétérogénéité des pratiques et organisations, de la nature des fonctions langagières évaluées, du matériel d'évaluation utilisé, et des connaissances en matière de neuroanatomie fonctionnelle. Par conséquent, il semblerait intéressant de créer des outils d'échanges grâce auxquels, il serait possible de mettre en commun les expériences, connaissances, méthodes, idées de ceux qui le souhaitent, afin de contribuer au développement et à l'optimisation de l'évaluation langagière péri et per-opératoire, tout en s'appuyant sur les données neuro-fonctionnelles les plus récentes, ceci pouvant faire l'objet d'une nouvelle étude.

Mots-clés : chirurgie éveillée, gliomes, évaluation langage, tumeurs de bas-grade

## ABSTRACT

Title : Language assessment during an awake brain surgery: an overview of French and international practices.

Although awake brain surgery is considered nowadays as the gold standard in oncological neurosurgery, there is a very little literature on the subject of the assessment of language that accompanies it and the professionals who perform it. Thus, the purpose of this thesis is the realization of an overview of the organizations and practices within the neurosurgery services in France and abroad. To this end, a review of the scientific literature was conducted leading to the selection of 69 international articles, and a questionnaire was sent to some sixty French and foreign hospitals, allowing the collection of the testimonies of 48 of them. The results obtained show the existence of a high degree of heterogeneity in terms of practices and organisations, of nature of the language functions assessed, of material used and knowledge in functional neuroanatomy. Therefore, it could be interesting to create tools of exchange through which it would be possible to share the experiences, knowledge, methods, ideas of those who wish it, in order to contribute to the development and optimization of the peri and per-operative language evaluation, while relying on the most recent neuro-functional data, which could be the subject of a new study.

Keywords : awake surgery, gliomas, language assessment, low-grade gliomas

Nombre de pages du mémoire : 114

Nombre de références bibliographiques : 176