



كلية الطب  
والصيدلة - مراكش  
FACULTÉ DE MÉDECINE  
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

Année 2016

Thèse N° 134

# Analyse des déficits neurologiques après chirurgie éveillée des tumeurs cérébrales. Expérience du service de neurochirurgie du CHU MED VI de Marrakech et revue de littérature.

---

## THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 11/07/2016

PAR

Mr. MOHAMED OUHA

Né le 22/11/1990 à Ouarzazate

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

---

## MOTS- CLES :

Gliomes – Langage – Motricité – Chirurgie éveillée – stimulation électrique directe – cartographie cérébrale – Complications postopératoires – déficits neurologiques

---

## JURY

Mr. A. RAJI Professeur d'Oto-rhino-laryngologie	PRESIDENT
Mr. S. AIT BENALI Professeur de Neurochirurgie	RAPPORTEUR
Mr. A. AKHADDAR Professeur de Neurochirurgie	
Mr. M. LAGHMARI Professeur agrégé de neurochirurgie	
Mme. N. ADALI Professeur agrégé de neurologie	JUGES

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قالوا

لسببناك لا علم لنا  
إلا ما علمتنا إنك أنت  
العليم العظيم

صدقة الله العظيم

سورة البقرة الآية: ٣٢

# Liste des professeurs

UNIVERSITE CADI AYYAD

# FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE MARRAKECH

Doyens Honoraires

: Pr Badie Azzaman MEHADJI  
: Pr Abdalheq ALAOUI YAZIDI

## ADMINISTRATION

Doyen

: Pr Mohammed BOUSKRAOUI

Vice doyen à la Recherche et la Coopération

: Pr.Ag. Mohamed AMINE

Vice doyen aux Affaires Pédagogique

: Pr. EL FEZZAZI Redouane

Secrétaire Générale

: Mr Azzeddine EL HOUDAIGUI

## Professeurs de l'enseignement supérieur

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABOULFALAH Abderrahim	Gynécologie-obstétrique	FINECH Benasser	Chirurgie – générale
AIT BENALI Said	Neurochirurgie	GHANNANE Houssine	Neurochirurgie
AIT-SAB Imane	Pédiatrie	KISSANI Najib	Neurologie
AKHDARI Nadia	Dermatologie	KRATI Khadija	Gastro- entérologie
AMAL Said	Dermatologie	LMEJJATI Mohamed	Neurochirurgie
ASMOUKI Hamid	Gynécologie-obstétrique B	LOUZI Abdelouahed	Chirurgie – générale
ASRI Fatima	Psychiatrie	MAHMAL Lahoucine	Hématologie - clinique
BENELKHAIAT BENOMAR Ridouan	Chirurgie – générale	MANSOURI Nadia	Stomatologie et chirumaxillo faciale
BOUMZEBRA Drissi	Chirurgie Cardio-Vasculaire	MOUDOUNI Said Mohammed	Urologie
BOUSKRAOUI Mohammed	Pédiatrie A	MOUTAOUAKIL Abdeljalil	Ophtalmologie
CHABAA Laila	Biochimie	NAJEB Youssef	Traumato- orthopédie

CHELLAK Saliha	Biochimie- chimie	OULAD SAIAD Mohamed	Chirurgie pédiatrique
CHOULLI Mohamed Khaled	Neuro pharmacologie	RAJI Abdelaziz	Oto-rhino-laryngologie
DAHAMI Zakaria	Urologie	SAIDI Halim	Traumato- orthopédie
EL FEZZAZI Redouane	Chirurgie pédiatrique	SAMKAOUI Mohamed Abdenasser	Anesthésie- réanimation
EL HATTAOUI Mustapha	Cardiologie	SARF Ismail	Urologie
ELFIKRI Abdelghani	Radiologie	SBIHI Mohamed	Pédiatrie B
ESSAADOUNI Lamiaa	Médecine interne	SOUMMANI Abderraouf	Gynécologie- obstétrique A/B
ETTALBI Saloua	Chirurgie réparatrice et plastique	YOUNOUS Said	Anesthésie- réanimation
FIKRY Tarik	Traumato- orthopédie A		

### Professeurs Agrégés

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABKARI Imad	Traumato- orthopédie B	EL OMRANI Abdelhamid	Radiothérapie
ABOU EL HASSAN Taoufik	Anesthésie- reanimation	FADILI Wafaa	Néphrologie
ABOUCHADI Abdeljalil	Stomatologie et chirmaxillo faciale	FAKHIR Bouchra	Gynécologie- obstétrique A
ABOUSSAIR Nisrine	Génétique	FOURAJI Karima	Chirurgie pédiatrique B
ADALI Imane	Psychiatrie	HACHIMI Abdelhamid	Réanimation médicale
ADERDOUR Lahcen	Oto- rhino- laryngologie	HAJJI Ibtissam	Ophtalmologie
ADMOU Brahim	Immunologie	HAOUACH Khalil	Hématologie biologique
AGHOUTANE El Mouhtadi	Chirurgie pédiatrique A	HAROU Karam	Gynécologie- obstétrique B
AIT AMEUR Mustapha	Hématologie Biologique	HOCAR Ouafa	Dermatologie
AIT BENKADDOUR Yassir	Gynécologie- obstétrique A	JALAL Hicham	Radiologie
AIT ESSI Fouad	Traumato- orthopédie B	KAMILI El Ouafi El Aouni	Chirurgie pédiatrique B
ALAOUI Mustapha	Chirurgie- vasculaire périphérique	KHALLOUKI Mohammed	Anesthésie- réanimation
AMINE Mohamed	Epidémiologie- clinique	KHOUCHANI Mouna	Radiothérapie

AMRO Lamyae	Pneumo- phtisiologie	KOULALI IDRISSE Khalid	Traumato- orthopédie
ANIBA Khalid	Neurochirurgie	KRIET Mohamed	Ophtalmologie
ARSALANE Lamiae	Microbiologie- Virologie	LAGHMARI Mehdi	Neurochirurgie
BAHA ALI Tarik	Ophtalmologie	LAKMICHI Mohamed Amine	Urologie
BASRAOUI Dounia	Radiologie	LAOUAD Inass	Néphrologie
BASSIR Ahlam	Gynécologie- obstétrique A	LOUHAB Nisrine	Neurologie
BELKHOU Ahlam	Rhumatologie	MADHAR Si Mohamed	Traumato- orthopédie A
BEN DRISS Laila	Cardiologie	MANOUDI Fatiha	Psychiatrie
BENCHAMKHA Yassine	Chirurgieréparatrice et plastique	MAOULAININE Fadlmrabihrabou	Pédiatrie
BENHIMA Mohamed Amine	Traumatologie - orthopédie B	MATRANE Aboubakr	Médecine nucléaire
BENJILALI Laila	Médecine interne	MEJDANE Abdelhadi	Chirurgie Générale
BENZAROUEL Dounia	Cardiologie	MOUAFFAK Youssef	Anesthésie - réanimation
BOUCHENTOUF Rachid	Pneumo- phtisiologie	MOUFID Kamal	Urologie
BOUKHANNI Lahcen	Gynécologie- obstétrique B	MSOUGGAR Yassine	Chirurgie thoracique
BOUKHIRA Abderrahman	Toxicologie	NARJISS Youssef	Chirurgie générale
BOURRAHOUEAT Aicha	Pédiatrie B	NEJMI Hicham	Anesthésie- réanimation
BOURROUS Monir	Pédiatrie A	NOURI Hassan	Oto rhino laryngologie
BSISS Mohamed Aziz	Biophysique	OUALI IDRISSE Mariem	Radiologie
CHAFIK Rachid	Traumato- orthopédie A	QACIF Hassan	Médecine interne
CHAFIK Aziz	Chirurgiethoracique	QAMOUSS Youssef	Anesthésie- réanimation
CHERIF IDRISSE EL GANOUNI Najat	Radiologie	RABBANI Khalid	Chirurgie générale
DRAISS Ghizlane	Pédiatrie	RADA Nouredine	Pédiatrie A
EL BOUCHTI Imane	Rhumatologie	RAIS Hanane	Anatomie pathologique
EL HAOURY Hanane	Traumato- orthopédie A	ROCHDI Youssef	Oto-rhino- laryngologie
EL MGHARI TABIB Ghizlane	Endocrinologie et maladies métaboliques	SAMLANI Zouhour	Gastro- entérologie

EL ADIB Ahmed Rhassane	Anesthésie-réanimation	SORAA Nabila	Microbiologie - virologie
EL ANSARI Nawal	Endocrinologie et maladies métaboliques	TASSI Noura	Maladies infectieuses
EL BARNI Rachid	Chirurgie- générale	TAZI Mohamed Illias	Hématologie- clinique
EL BOUIHI Mohamed	Stomatologie et chirmaxillo faciale	ZAHLANE Kawtar	Microbiologie - virologie
EL HOUDZI Jamila	Pédiatrie B	ZAHLANE Mouna	Médecine interne
EL IDRISSE SLITINE Nadia	Pédiatrie	ZAOUI Sanaa	Pharmacologie
EL KARIMI Saloua	Cardiologie	ZIADI Amra	Anesthésie - réanimation
EL KHAYARI Mina	Réanimation médicale		

### **Professeurs Assistants**

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABIR Badreddine	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale	FAKHRI Anass	Histologie-embryologiecytogénétique
ADALI Nawal	Neurologie	FADIL Naima	Chimie de Coordination Bioorganique
ADARMOUCH Latifa	Médecine Communautaire (médecine préventive, santé publique et hygiène)	GHAZI Mirieme	Rhumatologie
AISSAOUI Younes	Anesthésie - réanimation	HAZMIRI Fatima Ezzahra	Histologie - Embryologie - Cytogénéque
AIT BATAHAR Salma	Pneumo-phtisiologie	IHBIBANE fatima	Maladies Infectieuses
ALJ Soumaya	Radiologie	KADDOURI Said	Médecine interne
ARABI Hafid	Médecine physique et réadaptation fonctionnelle	LAFFINTI Mahmoud Amine	Psychiatrie
ATMANE EI Mehdi	Radiologie	LAHKIM Mohammed	Chirurgie générale
BAIZRI Hicham	Endocrinologie et maladies métaboliques	LAKOUICHMI Mohammed	Stomatologie et Chirurgie maxillo faciale
BELBACHIR Anass	Anatomie-pathologique	LOOMAN Souad	Microbiologie et toxicologie environnementale

BELBARAKA Rhizlane	Oncologie médicale	MARGAD Omar	Traumatologie - orthopédie
BELHADJ Ayoub	Anesthésie - Réanimation	MLIHA TOUATI Mohammed	Oto-Rhino - Laryngologie
BENHADDOU Rajaa	Ophtalmologie	MOUHSINE Abdelilah	Radiologie
BENLAI Abdeslam	Psychiatrie	NADOUR Karim	Oto-Rhino - Laryngologie
CHRAA Mohamed	Physiologie	OUBAHA Sofia	Physiologie
DAROUASSI Youssef	Oto-Rhino - Laryngologie	OUEIAGLI NABIH Fadoua	Psychiatrie
DIFFAA Azeddine	Gastro- entérologie	SAJIAI Hafsa	Pneumo- phtisiologie
EL AMRANI MoulayDriss	Anatomie	SALAMA Tarik	Chirurgie pédiatrique
EL HAOUATI Rachid	Chiru Cardio vasculaire	SERGHINI Issam	Anesthésie - Réanimation
EL HARRECH Youness	Urologie	SERHANE Hind	Pneumo- phtisiologie
EL KAMOUNI Youssef	Microbiologie Virologie	TOURABI Khalid	Chirurgie réparatrice et plastique
EL KHADER Ahmed	Chirurgie générale	ZARROUKI Youssef	Anesthésie - Réanimation
EL MEZOUARI El Moustafa	Parasitologie Mycologie	ZIDANE Moulay Abdelfettah	Chirurgie Thoracique

*DEDICACES*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,*

*L'amour, le respect, la reconnaissance...*

*A tous ceux qui se sont esquivés en vue de me prêter main  
forte, entre autres :*



*Je dédie cette*

*Thèse*

*À Allah Le Tout Puissant,*  
*Le Miséricordieux et le très Miséricordieux,*

Qui m'a guidé dans le bon chemin.

Louange et remerciements pour votre clémence et miséricorde.

*À mes très chers parents,*

A ces deux êtres qui m'ont prodigué tant d'amour, d'affection et de bonheur, qui ont fait tant de sacrifice pour mon éducation et mon bien être, qui m'ont comblé de leur soutien et leur générosité durant toute mon existence et qui continuent toujours à m'entourer par leur ample affection.

À mon père, à ce grand homme courageux qui a tant trimé et sué pour nous rendre heureux

À ma mère, je te remercie pour ton soutien sans limites , ta confiance et tes efforts tout au long de ces années

Vous avoir à mes côtés me suffit

Puisse cette thèse symboliser le fruit de vos longues années de sacrifices consentis pour mes études et mon éducation.

Puisse Dieu, le Tout-Puissant vous protège et vous accorde une bonne santé et longue vie afin que je puisse vous rendre un minimum de ce que je vous dois.

Et j'espère de tout mon cœur que je serai inchaallah à la hauteur de votre confiance

## *À Mon Grand Frère*

Je remercie le Bon Dieu, car tu as toujours été, et j'espère que tu seras toujours, à mes côtés.

Merci d'avoir pris soin de moi durant toutes ces années, et surtout de m'avoir aidé à surpasser la difficulté des premières années.

Je ne te remercierai jamais assez pour tout ce que tu fais pour moi

## *À Mon petit Frère, À Ma Petite sœur*

Vous savez que l'affection et l'amour fraternel que je garde envers vous est sans limites.

J'implore Dieu de vous apporter bonheur et vous aide à réaliser vos vœux.

Et Je vous souhaite une vie pleine de joie et Beaucoup de Succès.

## *À MA GRANDE MÈRE*

En Témoignage de mon grand amour, mon respect et ma gratitude. Que

Dieu vous procure

Bonne santé et longue vie.

J'espère que vous êtes aujourd'hui fière de moi...

À MON ONCLE PATERNEL

À celui qui m'a offert mon premier stéthoscope  
Ton soutien et ta sagesse ont été pour moi une perpétuelle source de  
courage.

À LA MÉMOIRE DE MON GRAND PÈRE MATERNEL, ET  
MES GRANDS-PARENTS PATERNELS

À tous les Membres de la famille Ouha et la famille Tiganí

À TOUS MES AMIS ET COLLÈGUES

À TOUS MES ENSEIGNANTS Du PRIMAIRE, SECONDAIRE  
ET DE LA FACULTÉ  
DE MÉDECINE DE MARRAKECH.

# *Remerciements*

**À NOTRE MAÎTRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE**  
**Le PROFESSEUR Abdelaziz RAJI**

*Professeur en Oto-rhino-laryngologie*  
*Au CHU Mohammed VI de Marrakech*

Vous nous avez fait le grand honneur de bien vouloir accepter la  
présidence de notre jury de thèse.

Cet honneur nous touche infiniment et nous tenons à vous exprimer  
notre profonde reconnaissance.

Veuillez accepter, cher maître, l'assurance de notre estime et profond  
respect.

**À NOTRE MAÎTRE ET RAPPORTEUR DE THÈSE**  
**Le PROFESSEUR AIT BENALI SAID**

*Professeuren Neurochirurgie*  
*Au CHU Mohammed VI de Marrakech*

Vous nous avez fait un grand honneur en acceptant de nous confier ce  
sujet. Nous vous remercions de votre patience, votre disponibilité, de vos  
encouragements et de vos précieux conseils dans la réalisation de ce  
travail. Nous sommes toujours impressionnées par vos qualités humaines  
et professionnelles. Veuillez croire à l'expression de ma profonde  
reconnaissance et de mon grand respect.

À NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE  
Le PROFESSEUR Houssine GHANNANE

*Professeuren Neurochirurgie*  
*Au CHU Mohammed VI de Marrakech*

C'est un grand honneur pour moi de vous avoir parmi les membres de  
mon jury de thèse.

Votre compétence, votre gentillesse, et votre modestie font de vous un  
exemple à suivre.

Que ce travail soit la reconnaissance de mon grand respect.

À NOTRE MAÎTRE ET JUGE DE THÈSE  
Le PROFESSEUR ALI AKHADDAR

*Professeuren Neurochirurgie*  
*À l'Hôpital Militaire Avicenne de Marrakech*

De votre enseignement brillant et précieux, nous gardons les  
meilleurs souvenirs. Nous sommes toujours impressionnés par  
vos qualités humaines et professionnelles. Nous vous remercions  
du grand honneur que vous nous faites en acceptant de faire  
part de notre jury

**À NOTRE MAITRE ET JUGE DE THÈSE**  
**PROFESSEUR LAGHMARI MEHDI**

*Professeur Agrégé en Neurochirurgie*  
*Au CHU Mohammed VI De Marrakech*

Nous tenions à vous exprimer nos plus sincères remerciements  
pour avoir accepté de siéger auprès de ce noble jury.

Votre présence nous honore. Veuillez trouver ici, Professeur,  
l'expression de notre profond respect et admiration.

**À NOTRE MAITRE ET JUGE DE THÈSE**  
**PROFESSEUR Nawal ADALI**

*Professeur Agrégé en Neurologie*  
*Au CHU Mohammed VI de Marrakech*

Nous vous remercions de nous avoir honoré par votre présence.

Vous avez accepté aimablement de juger cette thèse. Cet  
honneur nous touche infiniment et nous tenons à vous exprimer  
notre profonde reconnaissance. Veuillez accepter, cher maître,  
l'assurance de notre estime et notre profond respect

# *ABREVIATIONS*

**ADC** : Coefficient de diffusion apparent

**AMS** : Aire motrice supplémentaire

**BOLD** : Blood oxygène level dépendent

**DTI** : Diffusion tensor Imaging

**EEG** : Electroencéphalogramme

**HTA** : hypertension artérielle

**NS** : non significative

**IRM** : Imagerie par résonance magnétique

**IRMf** : Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle

**LCR** : liquide céphalorachidien

**PCPL** : plasticité cérébrale post lésionnelle

**SED** : Stimulation électrique directe

**TDM** : tomodensitométrie

*Plan*

INTRODUCTION .....	1
MATERIEL ET METHODES.....	3
I.    Type d'étude .....	4
II.   Critères d'inclusion et d'exclusion.....	4
1. Critères d'inclusion .....	4
2. Critères d'exclusion .....	4
III.  Méthodes de recueil et analyse des données .....	4
IV.  Méthodes de recherche .....	5
V.    Technique chirurgicale .....	6
1. Données préopératoire .....	5
2. Données per et postopératoire .....	6
RESULTATS ET ANALYSES .....	14
I.    Données épidémiologiques .....	15
1. Répartition selon le sexe et l'âge .....	15
2. La latéralisation manuelle .....	15
3. Langues parlées et bilinguisme.....	16
4. Les antécédents des patients .....	17
5. Symptomatologie clinique.....	17
6. Examens paracliniques préopératoires.....	19
7. Données opératoires.....	21
8. Données postopératoires :.....	23
9. Résultats de l'examen anatomopathologique.....	24
10. Suivi à long terme : .....	25
11. Récidive et survie globale : .....	26

II.	Étude analytique : .....	26
1.	Sexe... 27	
2.	Age... 27	
3.	Etat neurologique en préopératoire.....	27
4.	La survenue d'incidents peropératoires : .....	28
5.	Etendue de l'exérèse : .....	28
6.	Grade histologique tumoral : .....	28
DISCUSSION	.....	29
I.	Rappels anatomiques : .....	30
1.	Anatomie morphologique du cerveau .....	30
2.	Anatomie fonctionnelle du cerveau : .....	34
II.	La plasticité cérébrale post lésionnelle : .....	40
1.	Réorganisation fonctionnelle au cours de la croissance tumorale : .....	40
2.	Plasticité cérébrale peropératoire : .....	40
3.	Plasticité cérébrale postopératoire : .....	41
III.	Incidence des déficits neurologiques : .....	41
IV.	Facteurs de risques : .....	43
1.	La proximité aux zones éloquentes et Cartographie corticale positive .....	43
2.	La cartographie sous-corticale : .....	45
3.	Déficit préopératoire : .....	45
4.	Incidents opératoires et échec du geste : .....	46
5.	L'étendue de l'exérèse : .....	46
6.	Autres facteurs : .....	46
V.	Étiologies : .....	47

1. Les faux négatifs .....	47
2. Atteinte de structures éloquentes : .....	48
3. Les causes vasculaires .....	52
4. L'œdème cérébral .....	56
VI. Moyens d'amélioration des résultats fonctionnels de la chirurgie éveillée : .....	56
1. L'imagerie cérébrale fonctionnelle par résonance magnétique.....	58
2. La tractographie .....	61
3. L'électrocorticographie .....	64
CONCLUSION .....	69
ANNEXES.....	71
RÉSUMÉS.....	76
REFERENCES .....	80



*INTRODUCTION*

L'exérèse des tumeurs cérébrales est un facteur pronostic majeur associé à un allongement de la survie globale des patients [1,2,3,4], surtout lorsque l'exérèse est complète, ce qui n'est pas toujours possible du fait de la localisation de la tumeur en zone fonctionnelle dénommée « zones éloquentes » dont l'atteinte est responsable de déficits neurologiques postopératoires.

Ces déficits sont responsables d'une altération de la qualité de vie des patients opérés, qui peuvent être auparavant bien portants (comme c'est le cas des patients atteints de gliome de bas grade) ou dont la survie moyenne peut être déjà courte (cas des gliomes de haut grade). Il est également connu que les séquelles neurologiques sont un facteur de mauvais pronostics affectant la survie globale des patients même si l'exérèse tumorale est optimale [5] il est donc nécessaire de retrouver une balance entre les résultats oncologiques (étendu d'exérèse) et fonctionnels (diminution du taux de séquelles neurologiques).

La chirurgie éveillée a été à l'origine d'une révolution dans la chirurgie des tumeurs cérébrales, notamment celles en zone éloquente, puisqu'elle permet de délimiter en temps réel les zones fonctionnelles par des stimulations électriques directes du parenchyme cérébral d'un patient éveillé qui réalise des tâches relatives à la zone stimulée, ce qui permet de délimiter et d'épargner les zones fonctionnelles tout en réalisant le maximum de résection tumorale.

Mais malgré le respect des zones éloquentes lors du geste, on constate encore la survenue des déficits neurologiques en postopératoire immédiat dont certains deviennent des séquelles permanentes.

Le but de ce travail est de chercher et discuter, à travers notre série de malades opérés en condition éveillée et à travers une revue de littérature, les facteurs de risque de survenue des déficits neurologiques après une chirurgie éveillée, ainsi que leurs étiologies et les moyens de les prévenir.

MATERIEL ET METHODES

## **I. Type d'étude:**

Notre travail est une étude rétrospective descriptive et analytique d'une série consécutive de 20 cas opérés au service de neurochirurgie du CHU Mohammed VI de Marrakech sur une période de 39 mois, entre juin 2012 et septembre 2015.

## **II. Critères d'inclusion et d'exclusion:**

### **1. Critères d'inclusion:**

Tous les patients avaient une tumeur cérébrale supratentorielle en zones éloquentes, objectivées par la réalisation d'une imagerie. Ces patients ont reçu une information éclairée et étaient tous consentants.

### **2. Critères d'exclusion:**

Sont exclus de cette étude tous les patients n'ayant pas présenté les critères requis pour être candidat à la chirurgie éveillée :

- Tumeur non localisée en zone éloquente
- Les métastases et les tumeurs méningées
- Les patients ne pouvant pas supporter la chirurgie éveillée
- La population pédiatrique

## **III. Méthodes de recueil et analyse des données:**

La première étape consistait à établir une fiche d'exploitation des dossiers (annexe 1) dont l'objectif, et de recueillir les données épidémiologiques des patients (âge, sexe...) ainsi que les données cliniques, paracliniques et opératoires. La saisie et l'analyse des données ont été

effectuées à l'aide des logiciels Microsoft Office Excel et SPSS. Les résultats ont été exprimés en pourcentages, sous forme de graphiques ou de tableaux.

#### **IV. Méthodes de recherche:**

Pour notre revue de littérature, nous avons effectué une étude des articles traitant la chirurgie éveillée publiés entre 1960 et 2016 sur la base de données MEDLINE, différentes combinaisons des mots clés suivants ont été utilisées dans le moteur de recherche Pubmed:

- Awake Craniotomy
- Brainmapping
- BrainNeoplams
- BrainNeoplasms/surgery
- Brain Injuries
- Brainswelling
- Craniotomy/methods
- Craniotomy/adverse effects
- Electric Stimulation
- Hematoma
- Glioma/surgery
- Postoperative Complications
- Wakefulness.

#### **V. TECHNIQUE CHIRURGICALE :**

##### **1- Données préopératoires :**

Tous les patients ont été préparés au geste chirurgical, par une explication détaillée des étapes et du déroulement du geste et tous étaient consentants. La totalité des patients ont reçu un traitement médical en préopératoire, fait d'Anticonvulsivants, antalgiques, corticothérapie et d'une antibioprophylaxie démarrée en peropératoire à base de 2g de Céfazoline (céphalosporine de première génération) puis 1g toutes les 4 heures pendant 24 à 48h.

## **2- Données per et postopératoires :**

La chirurgie éveillée des tumeurs cérébrales se déroule essentiellement en quatre temps, la première étape comporte l'ensemble des étapes depuis l'installation du malade jusqu'à l'ouverture de la dure-mère, la deuxième étape comporte la cartographie corticale par stimulation corticale électrique directe, la troisième consiste en l'exérèse de la tumeur avec en parallèle une stimulation sous-corticale et puis la quatrième étape étant fermeture de la boîte crânienne.

### **2.1. Installation du malade :**

L'installation est essentielle, elle doit être la plus confortable possible, la position en décubitus latéral est la plus adoptée (figure 1), la tête est fixée dans une têtère à prise osseuse (Mayfield) après infiltration du scalpe par la xylocaïne au niveau des points de fixation de la têtère, ligne d'incision, rebord orbitaire supérieur, la région mastoïdienne (pour obtenir un bloc des nerfs occipital et supra-orbitaire).

La position doit être suffisamment confortable pour éviter que la qualité des tests cognitifs peropératoires ne soit pas perturbée par un inconfort ou une douleur liée à la position, la face et les membres supérieurs et inférieurs doivent être bien visibles lors de la cartographie des aires motrices et le champ de vision et le carrefour oropharyngé doivent être dégagés permettant au malade d'effectuer les tests qui nécessiteront la visualisation des épreuves cognitives et les objets à dénommer.



Figure 1 : patient en décubitus latéral droit, la tête fixée par une têtère et la ligne d'incision est tracée(cas de notre série).

## **2.2. Anesthésie :**

Tout au long du geste opératoire, l'objectif de l'équipe d'anesthésie est d'assurer une analgésie parfaite et un contrôle du niveau de sédation en fonction des étapes du geste, afin de permettre une bonne interaction entre le patient et l'équipe médico-chirurgicale lors de la cartographie et de l'exérèse tumorale tout en contrôlant les paramètres hémodynamiques et ventilatoires. Les protocoles d'anesthésie les plus décrits lors de la chirurgie éveillée sont [6] :

- la surveillance anesthésique simple (MAC : Monitored anesthesia care)
- le protocole « endormi-éveillé-endormi » (Asleep-Awake-Asleep)
- et plus récemment la séquence « éveillé -éveillé-éveillé » (Awake-Awake-Awake)

Notre formation a opté pour le protocole « Asleep-Awake-Asleep » qui est le protocole suivi adopté par la majorité des équipes. Il se déroule en trois temps :

- première étape : anesthésie générale jusqu'à l'ouverture durale

- deuxième étape : la sédation est arrêtée et le patient est réveillé, à cette étape le patient doit être assez lucide pour réaliser l'ensemble des tâches qui lui seront demandées (flexion extension des membres, paroles, réflexion...) Selon la zone explorée, et même parfois lors de l'exérèse tumorale.
- Troisième étape : à la fin l'exérèse tumorale le patient est endormi de nouveau jusqu'à la fin du geste.
- La ventilation se fait généralement à l'aide d'un masque laryngé qui présente plusieurs avantages par rapport à l'intubation trachéale [7] (tableau.1)

Tableau.1: avantages et désavantages de l'intubation par masque laryngé par rapport à l'intubation trachéale [7]

Avantages du masque laryngé	désavantages du masque laryngé
<ul style="list-style-type: none"><li>- augmentation de la vitesse de mise en place par les anesthésistes</li><li>- amélioration de la stabilité hémodynamique lors de l'induction et pendant l'extubation</li><li>- meilleure tolérance par les voies respiratoires</li><li>- meilleure saturation et moins de toux lors de l'extubation</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- un taux plus élevé d'insufflation gastrique</li></ul>

Les agents anesthésiques utilisés sont le Propofol (sédation) et le Remifentanil (analgésie) en raison de leurs propriétés pharmacologiques qui permettent l'adaptation en temps réel de leurs concentrations plasmatiques selon le niveau de sédation voulu. Le niveau de sédation est estimé et adapté grâce au calcul automatique de l'index bispectral.

### **2.3. Craniotomie :**

Après l'installation et la sédation du patient, la craniotomie est réalisée. La taille du volet osseux est assez large pour cartographier les alentours de la tumeur et repérer les zones fonctionnelles.

### **2.4. Déroulement de la cartographie corticale et sous- corticale :**

Une fois le volet soulevé, l'anesthésie générale peut alors être suspendue. Pendant les quelques minutes durant lesquelles le malade revient progressivement à la conscience, la dure-mère est ouverte. Une fois le malade parfaitement éveillé et confortable, la cartographie cérébrale peut commencer.

#### **2.4.1 Cartographie corticale :**

La cartographie est réalisée par des stimulations électriques directes appliquées au cortex. Parallèlement à la stimulation, on demande au patient de réaliser des actions variables en fonction de la zone stimulée (Dénomination, mouvement...), cette stimulation sera dite positive si la tâche réalisée par le patient est interrompue ou modifiée, la zone sera donc marquée comme éloquente et sera préservée lors de l'exérèse tumorale.

Avant de commencer la stimulation, certains paramètres doivent être systématiquement vérifiés afin d'éviter des erreurs techniques qui peuvent aboutir à de faux résultats et donc des exérèses tumorales incomplètes ou l'atteinte de structures fonctionnelles à l'origine de déficits neurologiques. Les paramètres du courant électrique sont importants, on a utilisé un courant biphasique avec des impulsions rectangulaires et une fréquence de 50 à 60 Hz. (fig2)



Fig.2 : exemple de paramètres de stimulation électrique utilisée dans notre série

Dans notre expérience les stimulations sont réalisées à l'aide d'une sonde bipolaire (fig3) ayant l'avantage d'être plus précise, car son champ de stimulation est réduit, alors que les sondes monopolaires permettent de tester des zones plus larges à chaque stimulation (fig. 4).

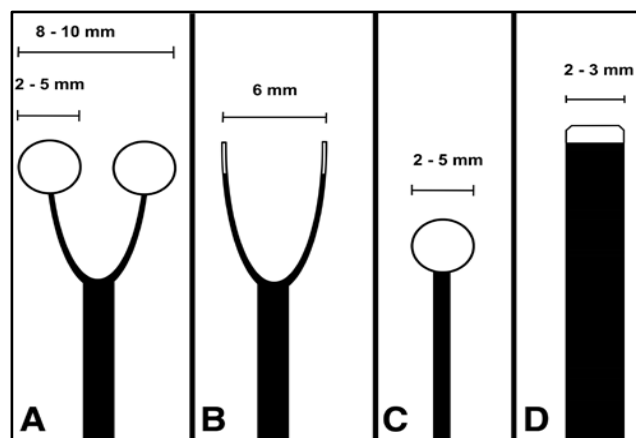


Fig.3 : représentation schématique des différentes sondes de stimulation : bipolaire à tête ronde (A) ou droite (B) et monopolaires à tête ronde (C) ou droite (D) [8]

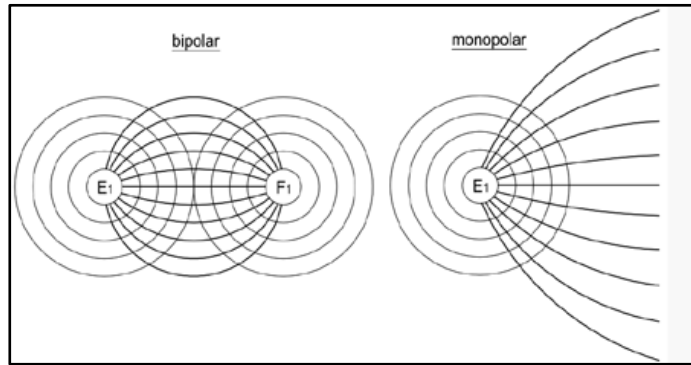


Figure 4 : différence de l'aspect du champ de stimulation entre une sonde bipolaire (à gauche) et monopolaire (à droite) [8]

L'intensité des stimulations est initialement réglée à 1 mA, puis elle est progressivement augmentée de 0,5 mA à 1 mA jusqu'à obtenir une réponse, sans dépasser 8 mA. Classiquement, le seuil d'intensité de stimulation se situe entre 1,5 et 2,5 mA. Une fois le seuil d'intensité déterminé, il est conservé jusqu'à la fin de l'intervention. La durée de la stimulation est d'environ 1 seconde pour induire des réponses motrices ou sensitives. Pour tester les fonctions cognitives, la sonde doit rester au contact du parenchyme pendant environ 4 secondes. Au-delà, il existe un risque de crises convulsives.

Une fois que les paramètres sont réglés, la cartographie corticale peut alors être réalisée. Parallèlement à la stimulation, le malade effectue les tests déterminés au préalable selon la fonction à explorer (dénomination, compréhension, lecture, écriture, calcul, reconnaissance visuelle, discours spontané, motricité...). L'orthophoniste ou le neuropsychologue doit alors observer attentivement le malade pour déceler toute erreur lors de la tâche cognitive ou toute anomalie de la motricité que le chirurgien ne peut déceler au travers des champs. La stimulation est dite positive si la tâche réalisée par le patient est interrompue ou modifiée, la zone sera donc marquée comme éloquente par des indices papier numérotés qui sont progressivement disposés sur les sites ayant provoqué un déficit reproductible (figure 5), puis une fois la cartographie corticale complète et bien comprise, l'exérèse peut débuter.

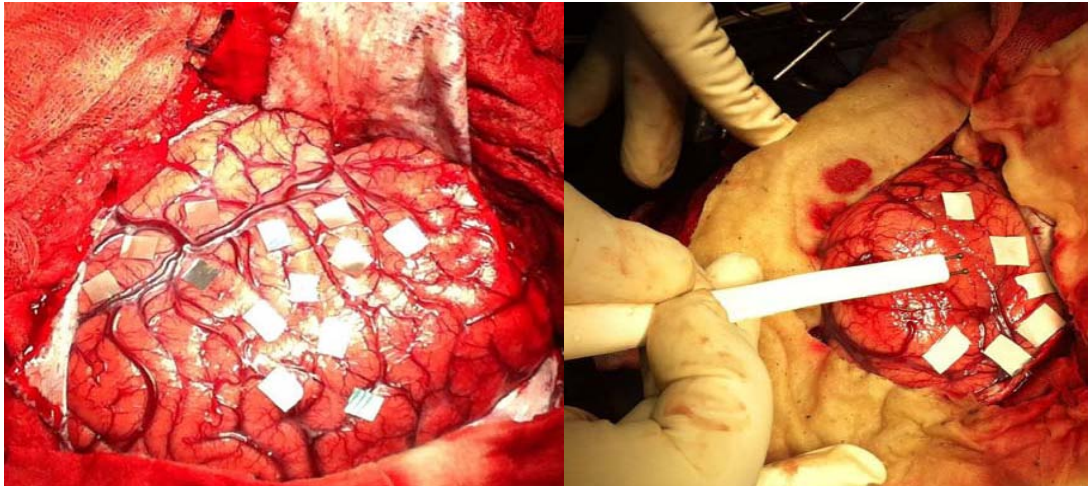


figure.5 : Stimulation corticale par une sonde bipolaire (à gauche), les zones fonctionnelles sont marquées par des indices en papier numérotés (il s'agit là de cas de notre série)

#### **2.4.2 Stimulation sous- corticale et exérèse tumorale :**

Une fois la cartographie corticale achevée, l'exérèse tumorale est entamée et une stimulation de la substance blanche est réalisée de façon intermittente pour repérer les voies sensori-motrices et du langage, et délimiter les limites profondes de la résection, la technique d'identification des voies d'association diffère légèrement de celle employée pour le repérage des aires fonctionnelles corticales. L'intensité de la stimulation est identique ou augmentée de 2 mA par rapport à celle utilisée pour la cartographie corticale.

La dissection tumorale se fait progressivement avec des instruments microchirurgicaux simples tels que la coagulation bipolaire, l'aspiration et les ciseaux. En fin d'intervention, les aires fonctionnelles sont stimulées de nouveau afin de tester l'intégrité du réseau cortico-sous-cortical (figure 6) .

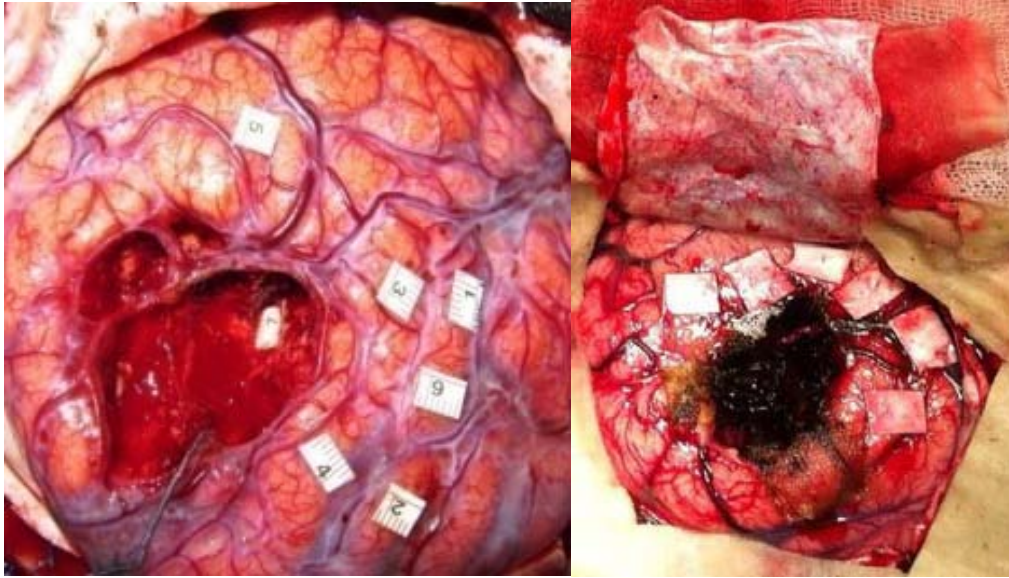


Figure 6 : Vue opératoire après exérèse chirurgicale (il s'agit là de cas de notre série)

En fin d'exérèse, le patient est endormi et intubé à nouveau jusqu'à la fin du geste après lequel il va être réveillé et transféré en service de réanimation pour surveillance. Une imagerie cérébrale de contrôle est réalisée dans les 24-48h pour évaluer l'étendue de l'exérèse et déceler des complications locales (hématome, œdème ...).

*RESULTATS ET ANALYSES*

## I. Données épidémiologiques :

### 1. Répartition selon le sexe et l'âge :

- Notre série a comporté 14 patients de sexe masculin (70%) et 6 de sexe féminin (30%), soit un sexe-ratio (H/F) de 2,33 (figure 7)

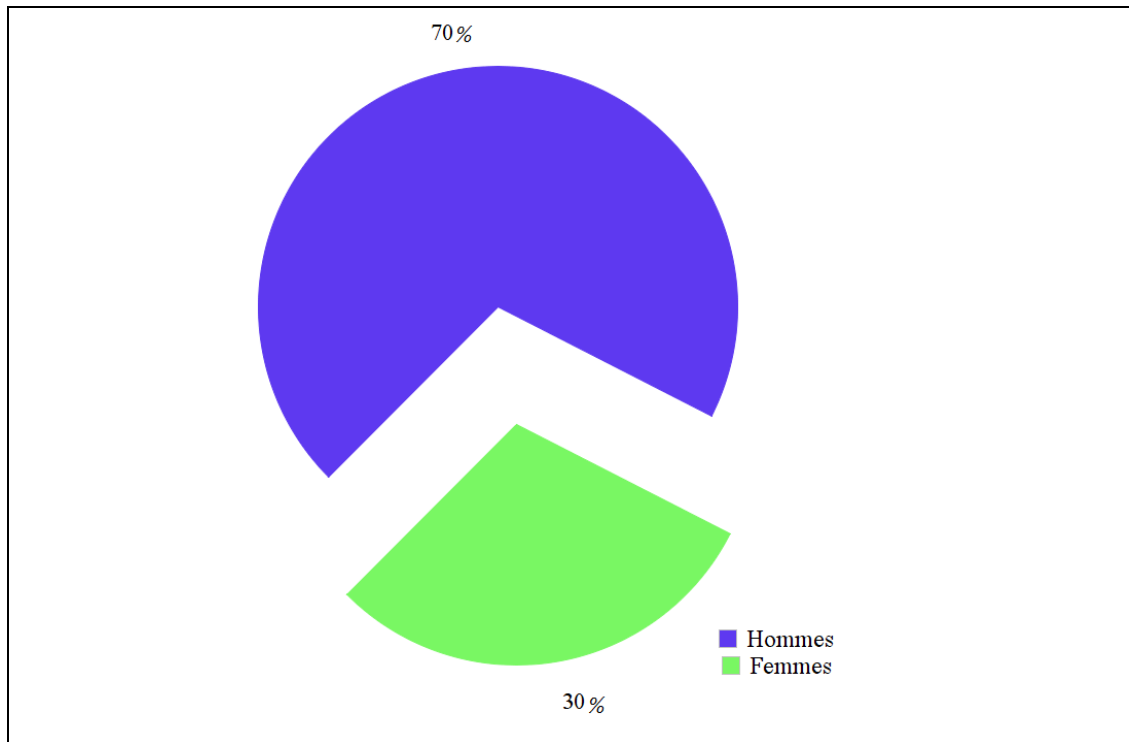


Figure 7 : Répartition des cas selon le sexe

- L'âge de nos patients est compris entre 20 ans et 57 ans, avec une moyenne d'âge de 34 ans  $\pm$  10,5

### 2. La latéralisation manuelle :

Dans notre étude, 19 patients (95%) utilisaient leur main droite pour les tâches courantes et un 1 seul patient (5%) était gaucher (figure 8).

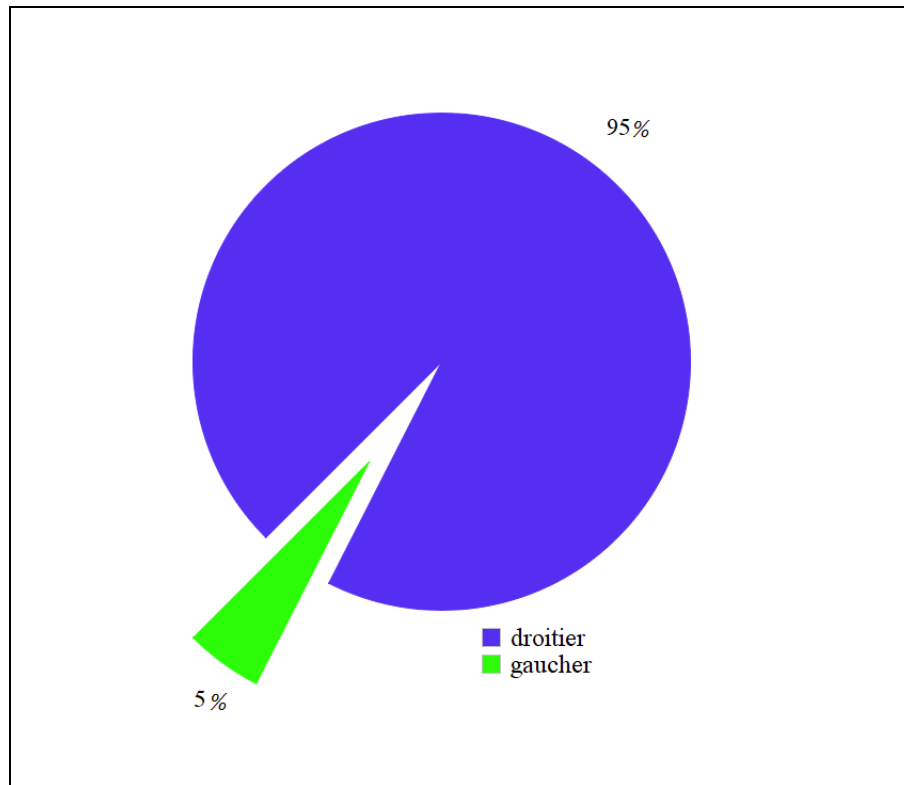


Figure 8 : Répartition des patients selon la latéralisation manuelle.

La notion de la latéralisation manuelle est utile, car elle renseigne sur la latéralisation des aires du langage (l'hémisphère gauche serait spécialisé pour le langage chez les droitiers et inversement), toutefois plusieurs études cliniques et d'imagerie en remis en cause cette règle. Selon Ramussen et Milner [69], l'hémisphère gauche est spécialisé pour le langage chez 96 % des droitiers et 70 % des gauchers. À noter que l'IRM fonctionnelle et le Wada teste constituent les techniques de référence pour la détermination de la latéralité des aires du langage.

### **3. Langues parlées et bilinguisme :**

Les langues parlées par nos patients étaient leurs langues maternelles (Amazigh ou Arabe) seules ou avec une autre langue apprise (Arabe ou Français). Notre série a compté 6 patients bilingues (30%) et 14 patients monolingues (70%) (Figure9).

Cette notion de bilinguisme est importante, car il est démontré que dans les aires de langage des patients bilingues, on retrouve des zones spécifiques à chacune des langues parlées, et donc

si lors de la cartographie corticale des aires de langage on ne teste qu'une seule langue, le chirurgien risque de méconnaître et réséquer des zones fonctionnelles spécifiques à la langue secondaire.

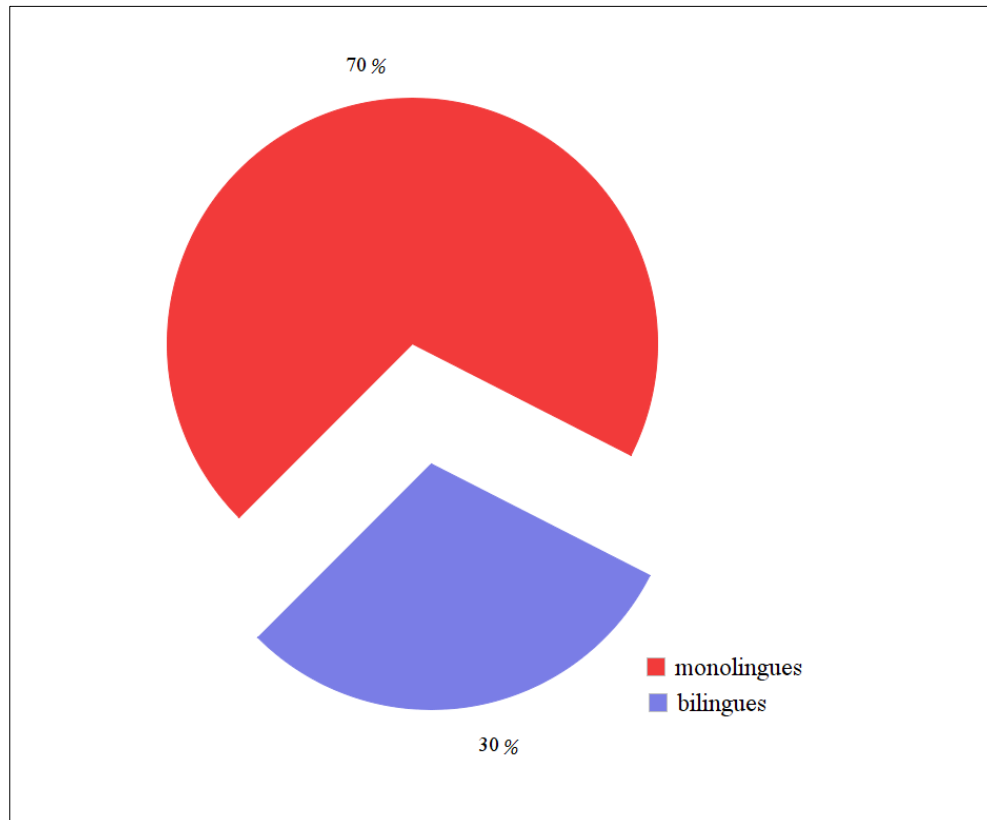


Figure 9 : Répartition des patients selon le nombre de langues parlées

#### **4. Les antécédents des patients :**

Le recueil des antécédents médicochirurgicaux, des patients a permis d'évaluer l'état général des malades et de rechercher les anomalies associées (HTA, diabète, pathologies cardiovasculaires...)

Aucun de nos 20 patients ne présentait de morbidités ou de tares associées.

#### **5. Symptomatologie clinique :**

##### **5.1. Durée d'évolution avant le diagnostic :**

La durée d'évolution de la symptomatologie clinique avant le diagnostic représente le délai écoulé depuis l'apparition des premiers symptômes jusqu'à l'admission du patient dans notre service. Dans notre série elle varie entre 4 mois et 4 ans avec une durée moyenne de 17 mois.

**5.2. Signes fonctionnels (figure 10) :**

- Les crises convulsives étaient le motif de consultation le plus fréquent, ils ont été rapportés chez 14 malades (70 %), un de ces patients était admis dans un état de mal épileptique.
- Les céphalées ont constitué le maître symptôme chez 6 patients (30 %).

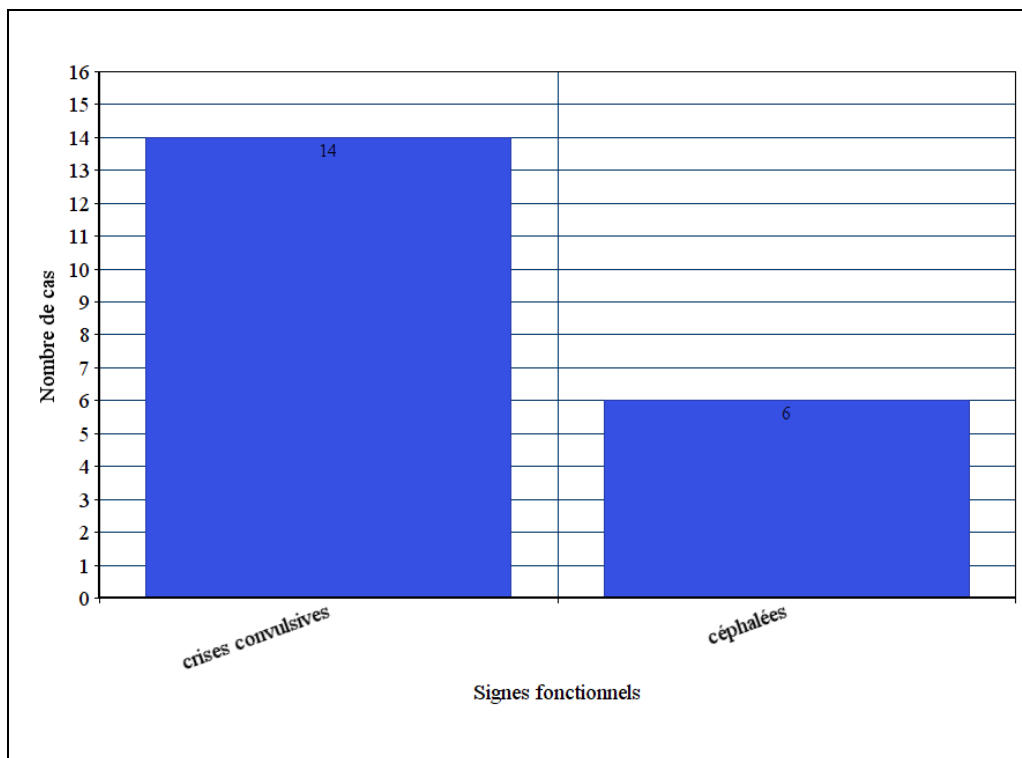


Figure 10 : motifs de consultation des patients de notre série

**5.3. Examen physique :**

- Examen général :

- Tous les patients avaient un score de Glasgow de 15/15.
- Les autres constantes vitales étaient aussi normales (pression artérielle, fréquence cardiaque, fréquences respiratoires, températures...)

- Examen neurologique :

Un trouble neurologique a été objectivé chez 3 patients (15%) . Il s'agit d'une hémiparésie droite chez un patient, une paralysie faciale gauche centrale chez une patiente et atteinte des fonctions supérieures chez un patient à type de difficulté de concentration et trouble mnésique les autres cas avaient un examen neurologique normal.

- Examen des autres appareils :

L'examen des autres appareils notamment cardiovasculaire, respiratoire ainsi que l'évaluation psychologique étaient sans particularités. Aucune anomalie pouvant contre-indiquer la chirurgie éveillée n'a été retrouvée (obésité morbide, anomalie des voies respiratoires, troubles psychiatriques)

## **6. Examens paracliniques préopératoires :**

### **6.1.1. La TDM et l'imagerie par résonance magnétique :**

Dans leurs bilans préopératoires, tous nos patients ont bénéficié d'une IRM cérébrale avec ou sans TDM initiale.

L'IRM cérébrale est l'examen d'imagerie de référence dans la pathologie tumorale cérébrale, elle montre généralement une lésion hypo-intense en T1 et hyperintense en T2 ou en FLAIR avec rehaussement après injection de gadolinium lorsqu'il s'agit de gliomes de hauts grades (figure 11)

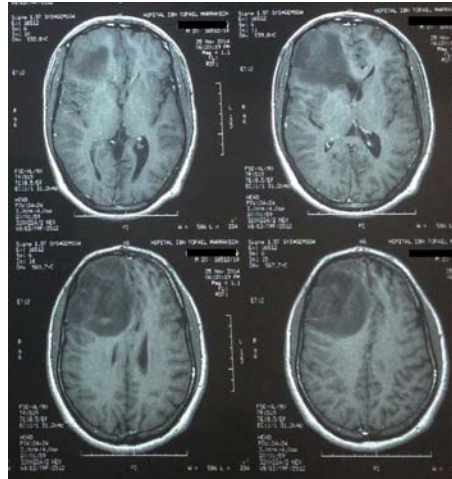


Figure 11 : IRM cérébrale en coupe axiale en séquence T1 avec injection de Gadolinium révélant un processus frontal droit en hyposignal sans rehaussement à l'injection de produit de contraste avec un effet de masse sur la ligne médiane.

L'imagerie cérébrale permet d'orienter le diagnostic et de préciser la topographie tumorale, dans notre série 10 patients (50%) avaient une tumeur frontale gauche, 4 cas (20%) avaient une localisation frontale droite, 4 cas (20%) avaient une localisation Fronto-temporale gauche, et 2 patients (10%) avaient une tumeur insulaire gauche.

On constate que la majorité des patients (80%) avait une tumeur au niveau de l'hémisphère gauche.

Tableau 2 : différentes localisations tumorales objectivées à l'imagerie cérébrale dans notre série

Topographie tumorale	Nombre	Pourcentage
Frontale gauche	10	50%
Frontale droite	4	20%
Fronto-temporale gauche	4	20%

Insulaire	2	10%
-----------	---	-----

## **7. Données opératoires :**

### **7.1. Déroulement du geste :**

- Tous les patients ont été opérés selon le protocole décrit dans la partie « patients et méthodes »
- La duréemoyenne du geste était entre 3 et 4 heures.
- 19 de nos patients étaient coopérants lors de la cartographie et un seulpatient n'était pas coopérant, cependant une exérèse large a été obtenue chez ce patient.

### **7.2. Incidents opératoires :**

- 8 de nos malades (40 %) ont présenté des incidents au cours de l'intervention (figure 12), il s'agissait de :
  - 7 patients (35%) ont présenté des crises convulsives qui ont toutes été contrôlées par l'irrigation du cortex par du sérum salé froid. De ses 7 cas,1 patient a présenté par la suite une fatigue accrue et 1 patient a présenté une hémiplégie droite brutale, et 1 patienta présenté un saignement modéré.
  - 1 patient était non coopérant

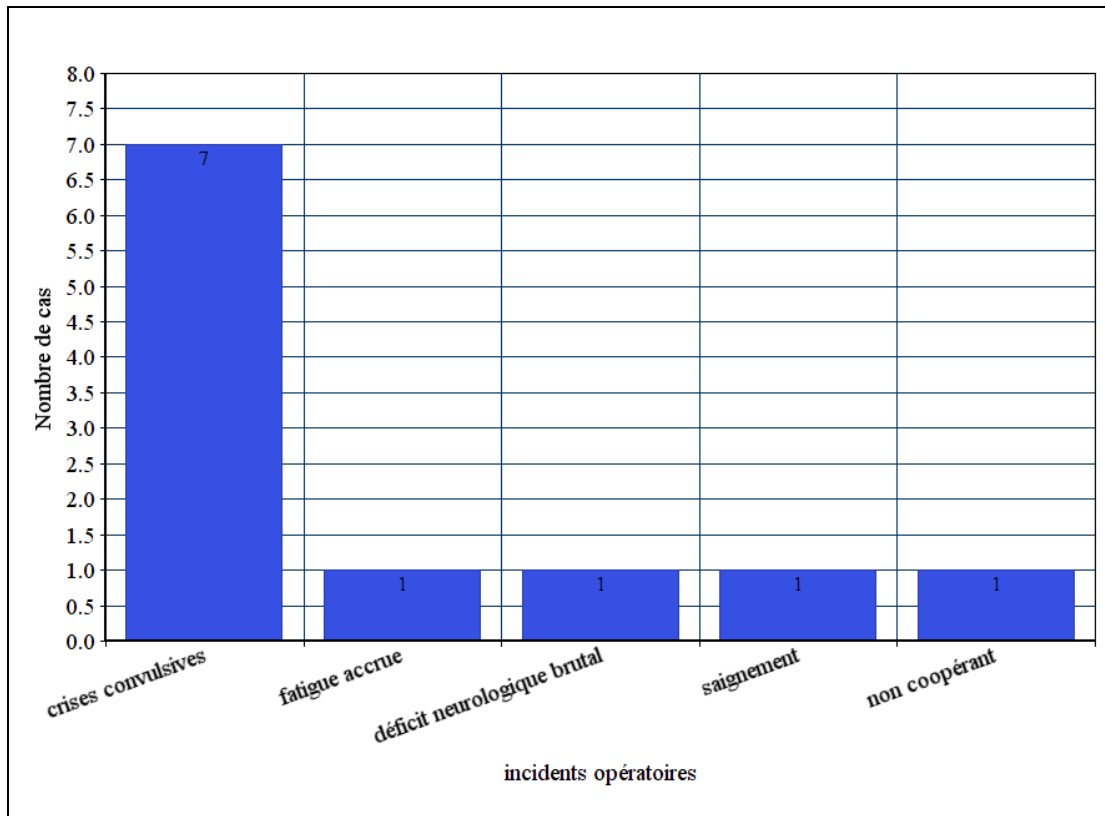


Figure 12 : Incidents peropératoires

### 7.3. Étendue de l'exérèse

- l'étendue d'exérèse tumorale était estimée totale chez 60 % des patients et subtotale chez 40 des cas, l'étendu d'exérèse la plus faible était estimée à 80 %. (figure 13)

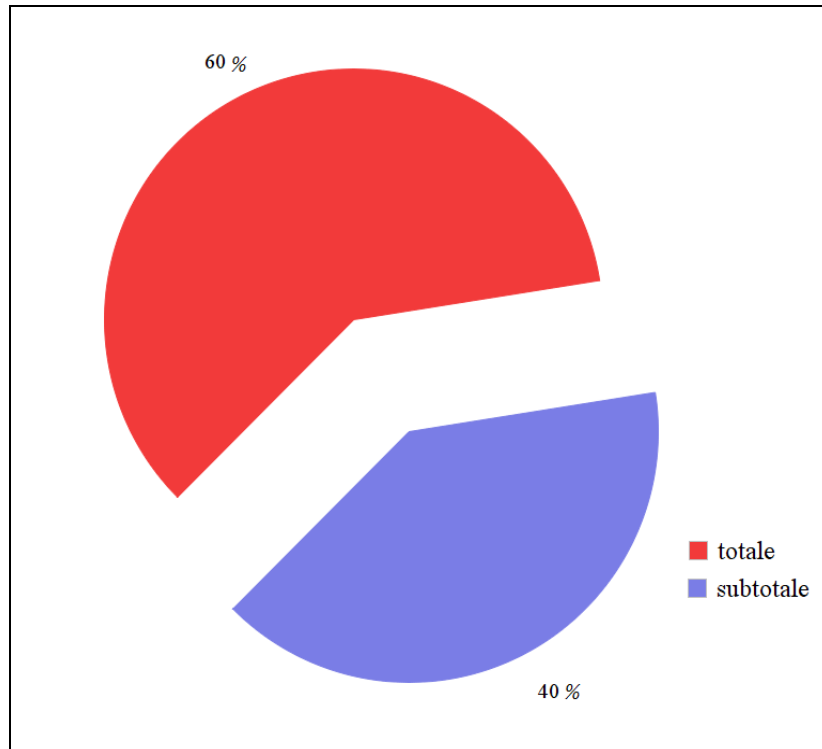


Figure 13 : étendue d'exérèse tumorale

#### 8. Données postopératoires :

- En postopératoire immédiat 4 patients (20 %) ont présenté un nouveau déficit neurologique, les données de ces 4 cas ont été regroupées dans le tableau 3
- aucun décès n'est survenu.
- La durée d'hospitalisation était de 13,6 jours avec minimum de 5 jours et maximum de 27 jours.
- Le délai entre l'opération du malade et sa sortie était en moyenne de 4,5 jours, avec des extrêmes de 2 et 11 jours.
- Un contrôle d'épilepsie a été obtenu chez tous les patients.
- Les trois patients de notre série qui présentaient des déficits neurologiques préopératoires n'ont pas développé de nouveaux déficits, mais ne n'avons pas pu retrouver des données concernant l'évolution de leurs déficits présents en préopératoire (amélioration ou persistance des déficits)

Tableau 3 : données des patients ayant présenté un déficit postopératoire immédiat

CAS	sexe	Localisation	Incident opératoire	Étendue de l'exérèse	Déficit neurologique
Cas n1	M	Fronto-temporal gauche	crise convulsive	Subtotale	Hémiplégie droite +aphasie
Cas n2	F	Frontale gauche	crise convulsive + Hémiplégie brutale	Subtotale	Hémiplégie droite
Cas n3	M	Frontale gauche	crise convulsive	Complete	Hémi-parésie droite+ aphasie
Cas n4	M	Frontale droite	Sans incident	Complete	Hémiplégie gauche

**9. Résultats de l'examen anatomopathologique:**

L'examen anatomopathologique est revenu en faveur des d'un gliome de bas grade chez 18 patients (90 %) et d'un gliome de haut grade chez 2 patients (10%).

Il s'agissait d'un astrocytomes de grade II chez 13 cas (65%), d'oligodendrogliomes grade II chez 3 cas (15 %), 2 cas d'oligoastrocytome grade II (10%), un oligodendrogliome III chez 1 patient (5 %), et d'un oligoastrocytome anaplasique chez 1 patient (5 %) (Figure 14).

Les patients présentant un gliome de haut grade ont été adressés au service d'oncologie afin d'y bénéficier d'un traitement complémentaire

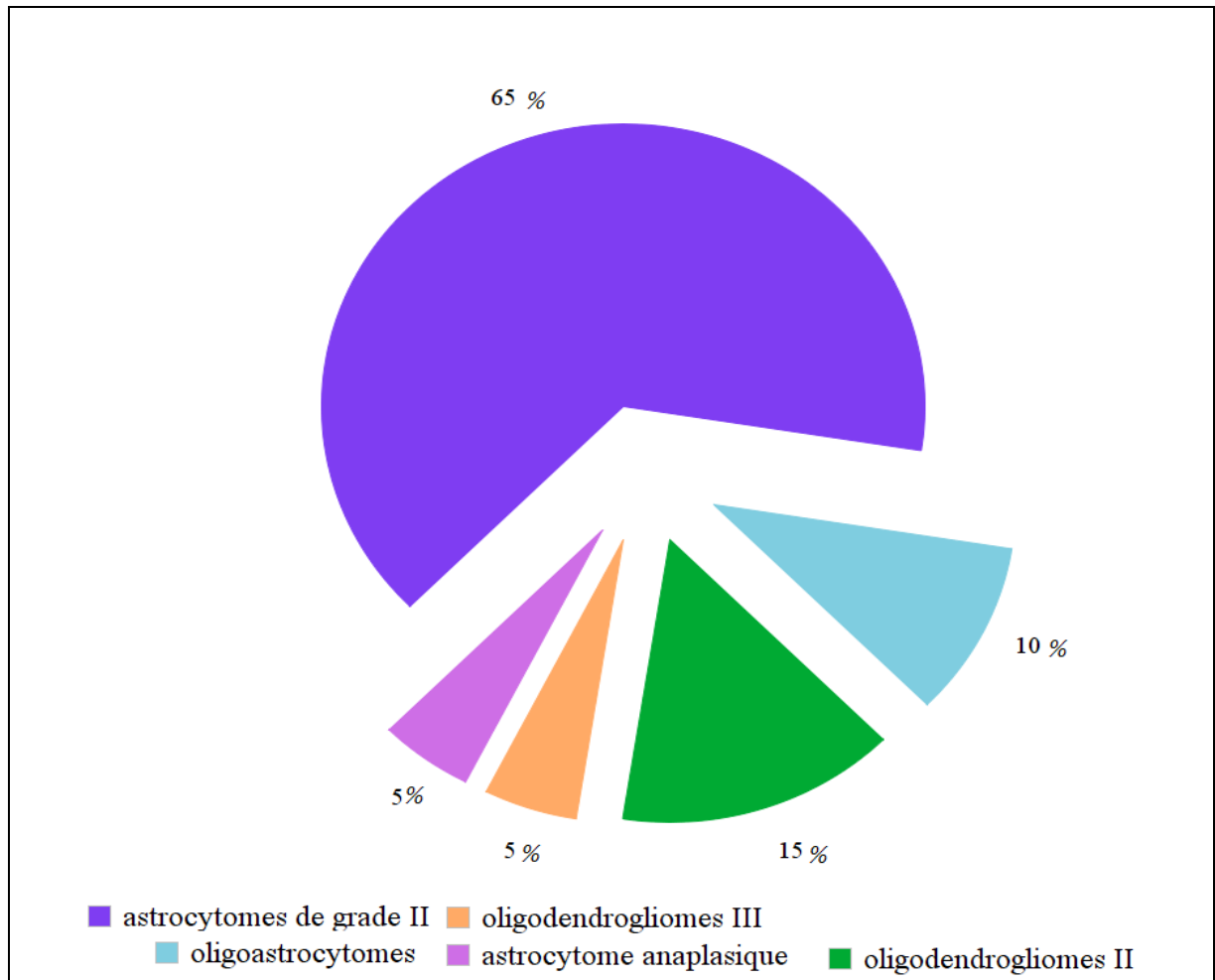


Figure 14 : résultats de l'anatomopathologie

### **10. Suivre à long terme :**

- À long terme les patients ayant présenté un déficit neurologique en postopératoire ont tous bénéficié de séances de rééducation motrice et orthophonique. Les déficits neurologiques ayant persisté plus de 3 mois étaient classés comme permanents.
- Deux des patients ont complètement récupéré (cas 3 et 4) au cours des 3 premiers mois. Les deux autres patients (cas 1 et 2) se sont améliorés, mais ont gardé tous les deux une hémiparésie, associée à une dysphasie chez l'un d'eux.

Tableau 4 : évolution clinique

Cas n1	Persistance d'une hémiparésie droite + dysphasie
Cas n2	Persistance d'une hémiparésie droite
Cas n3	Récupération totale
Cas n4	Récupération totale

**11. Récidive et survie globale :**

- Deux cas de récidives ont été notés chez nos patients (10 %), il s'agissait :
  - D'un patient qui présentait un oligodendrogliome grade III, qui a présenté une récidive après 2 ans pour laquelle il a été réopéré sous anesthésie générale, puis il est décédé 1 an et demi après sa réopération (survie globale 3 ans et demi)
  - D'une patiente qui présentait un astrocytome anaplasique, qui a présenté une récidive après 2 ans pour laquelle il a été réopéré sous anesthésie générale, puis elle est décédée 6 mois après sa réopération (survie globale 2 ans et demi)
  -

**II. Étude analytique :**

Les facteurs de risques qui ont été décrits dans la littérature comme impliquée dans la survenue de nouveaux déficits neurologiques ont été étudiés et comparés, en analyse bivariée, entre le groupe ayant présenté des déficits neurologiques et le groupe n'ayant pas présenté de complications neurologiques, un facteur de risque est statistiquement significatif si la valeur p calculée est inférieure à 0,05.

La distribution normale des variables a été étudiée par le test de Kolmogorov-Smirnov. En analyse bivariée, la comparaison des variables qualitatives a fait appel au test statistique de  $\chi^2$

de Pearson et celui de Fisher si nécessaire. Le test t de Student ou le test de Mann Whitney ont été utilisés pour comparer les variables continues. Les résultats étaient comme suivant :

**1) Sexe :**

Tableau 5 : influence du sexe sur la survenue d'un nouveau déficit neurologique

			Déficit immédiat		Valeur P
			Non	Oui	
Sexe	F	Effectif	5	1	0,47 (ns)
	M	Effectif	11	3	

Ns : non significative

**2) Age :**

Tableau 6 : influence de l'âge sur la survenue de nouveau déficit neurologique

	Déficit immédiat	N	Moyenne	Ecart-type	Valeur P
Age	Oui	4	29,67	8,14	0,36 (ns)
	Non	16	37,00	11,90	

Ns : non significative

**3) Etat neurologique en préopératoire :**

Tableau 7 : influence de l'état neurologique préopératoire sur la survenue d'un nouveau déficit neurologique

			Déficit immédiat		P
			Non	oui	
Déficit préopératoire	non	Effectif	13	4	0,99 (ns)
	oui	Effectif	3	0	

Ns : non significative

4) La survenue d'incidents en peropérateurs :

Tableau 8 : influence des incidents peropérateurs, sur la survenue d'un nouveau déficit neurologique

			Déficit immédiat		Valeur P
			Non	oui	
Déroulement du geste	avec incident	Effectif	3	4	<b>0,004</b>
	sans incident	Effectif	13	0	

5) Étendue de l'exérèse :

Tableau 9 : influence de l'étendue d'exérèse sur la survenue de déficits neurologiques

			Déficit immédiat		Valeur P
			Non	oui	
Étendue de l'exérèse	subtotale	Effectif	6	2	<b>0,047</b>
	totale	Effectif	10	2	

6) Grade histologique tumoral :

Tableau 10 : influence du grade histologique tumoral sur la survenue de déficits neurologiques

			Déficit immédiat		Valeur P
			Oui	non	
type histologique	bas grade	Effectif	4	14	0,99 (ns)
	haut grade	Effectif	0	2	

Ns : non significative

*DISCUSSION*

## I. RAPPELS ANATOMIQUES :

### 1. Anatomomorphologique du cerveau:

Le Cerveau est l'étage le plus élevé dans la hiérarchie fonctionnelle du système nerveux central. Il est spécialement développé chez l'homme. Son poids moyen est de 1400 à 1800 grammes

#### 1.1. configuration externe[9,10] :

Le cerveau présente une face latérale convexe, une face inférieure aplatie répondant à la base du crâne et une face médiale plane. Le pôle antérieur est dit frontal, le pôle postérieur est dit occipital. La surface du cerveau présente des circonvolutions limitées par des scissures et des sillons. Ces scissures et sillons sont divisés en sillons principaux primaires, en sillons secondaires et en sillons tertiaires. Certains sillons sont inconstants. Ces sillons permettent de délimiter des aires corticales fonctionnelles. Ainsi le cortex cérébral se plisse pour occuper une surface accrue. Sur la face latérale, on peut distinguer quatre grands lobes : lobes frontal, pariétal, temporal et occipital (fig.15). À ces quatre lobes, on peut ajouter un cinquième lobe : le lobe limbique sur la face interne (ou face médiale) du cerveau et l'insula (au fond de la scissure latérale de Sylvius).

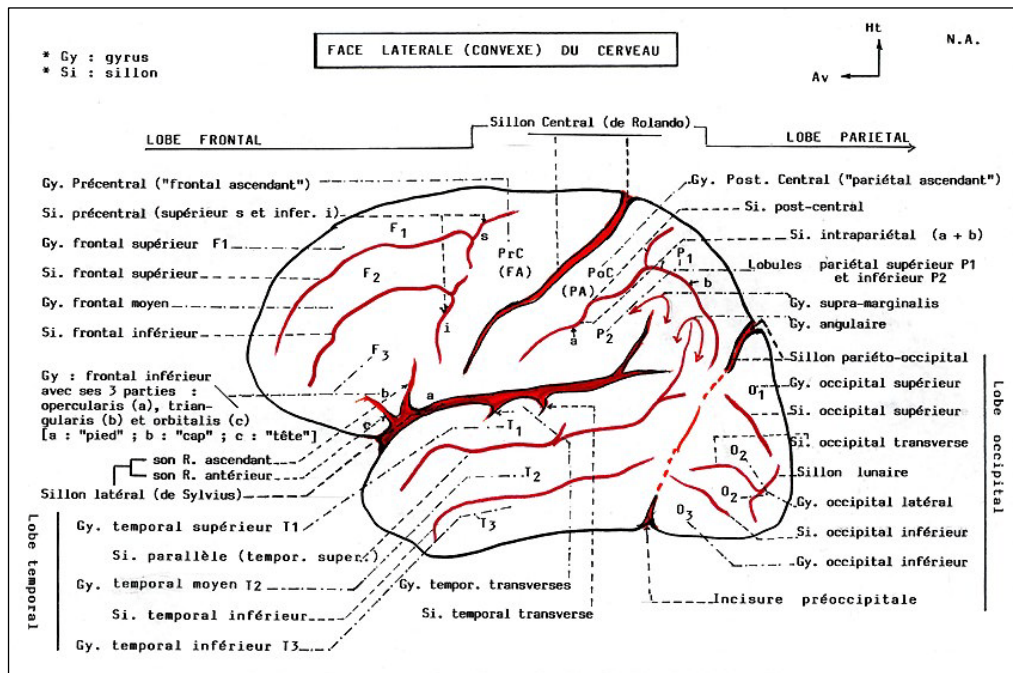


Figure 15 : vue latérale de l'hémisphère cérébral gauche [11]

## 1.2. CONFIGURATION INTERNE DU CERVEAU [9] :

On s'intéresse particulièrement aux fibres de la substance blanche, car la connaissance de leurs anatomies est nécessaire lors de la stimulation sous-corticale.

Les fibres de substance blanche sont disposées entre le cortex et les noyaux gris centraux on en distingue trois types de systèmes : les fibres de projection, les fibres d'association et les fibres commissurales.

### 1.2.1. Les fibres de projection (fig.16) :

Elles établissent une communication entre le cortex cérébral et les centres sous-corticaux. Elles peuvent être ascendantes c'est-à-dire qu'elles se terminent dans le cortex. Ce sont les fibres thalamo-corticales; les radiations optiques et les radiations auditives pour les principales, mais

elles peuvent être également descendantes : elles se dégagent ainsi des diverses aires corticales, se réunissent à la manière d'un éventail et constituent la capsule interne. La capsule interne apparaît donc comme un lieu de convergence de toutes les fibres issues du cortex à destination des étages inférieurs (sous-tentoriel et moelle épinière). De petites lésions capsulaires peuvent donc entraîner une symptomatologie neurologique «bruyante». Sur une coupe horizontale, la capsule interne apparaît formée d'un bras antérieur et d'un bras postérieur réunis par un genou. Chaque région de la capsule interne est constituée de fibres provenant d'aires cérébrales bien précises Il existe donc une somatotopie dans la capsule interne.

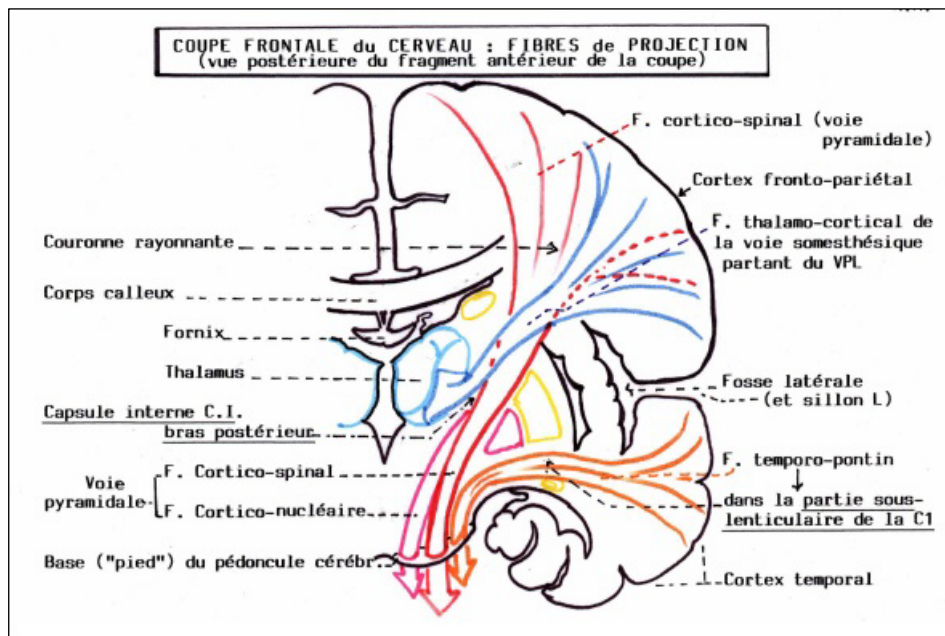


Fig.16 : principaux faisceaux de projection, coupe frontale de cerveau [11]

### 1.2.2. Les fibres d'association :

Elles unissent diverses régions corticales et ont une longueur très variable. Soit elles sont courtes en U et unissent deux circonvolutions voisines, soit elles s'organisent en faisceaux d'association plus longs pour unir divers lobes du cerveau. (fig.17)

---

Le cingulum qui parcourt le gyrus cingulaire est un important faisceau d'association de multiples aires corticales avec le gyrus cingulaire.

Il existe de multiples faisceaux d'association bien individualisée et unissant des régions corticales bien précises : le faisceau longitudinal supérieur ou faisceau arqué (entre lobes frontal et occipital), le faisceau longitudinal inférieur (entre lobes temporal et occipital), faisceau unciné (entre lobes temporal et frontal)...

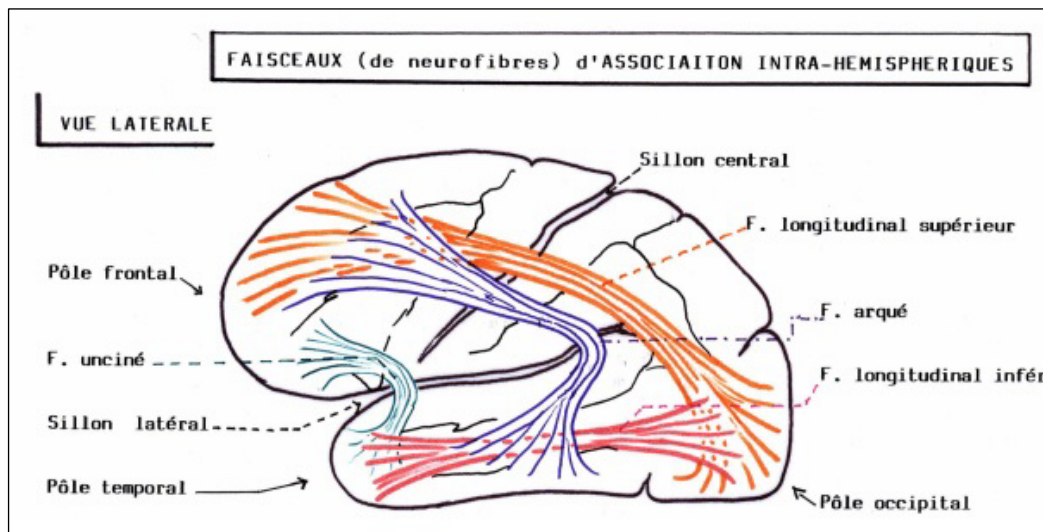


Fig.17 : Faisceaux d'association intrahémisphérique (vue latérale) [11]

### 1.2.3. Les fibres commissurales :

Elles unissent les deux hémisphères (figure 18). Ce sont :

- le corps calleux (commissure néopalliale) : il existe une organisation des fibres commissurales à l'intérieur du corps calleux. Les aires cérébrales corticales d'un hémisphère communiquent avec les aires cérébrales de l'autre côté, soit de façon homologue (mêmes régions : par exemple aire 4

gauche et aire 4 droite), soit de façon hétérologue (régions distinctes : aire 4 gauche et PA droite par exemple)

- la commissure blanche antérieure unit des régions corticales provenant des 2 lobes temporaux, limbiques, mais aussi des structures olfactives.

- le fornix unit les deux hippocampes et les deux corps mamillaires.

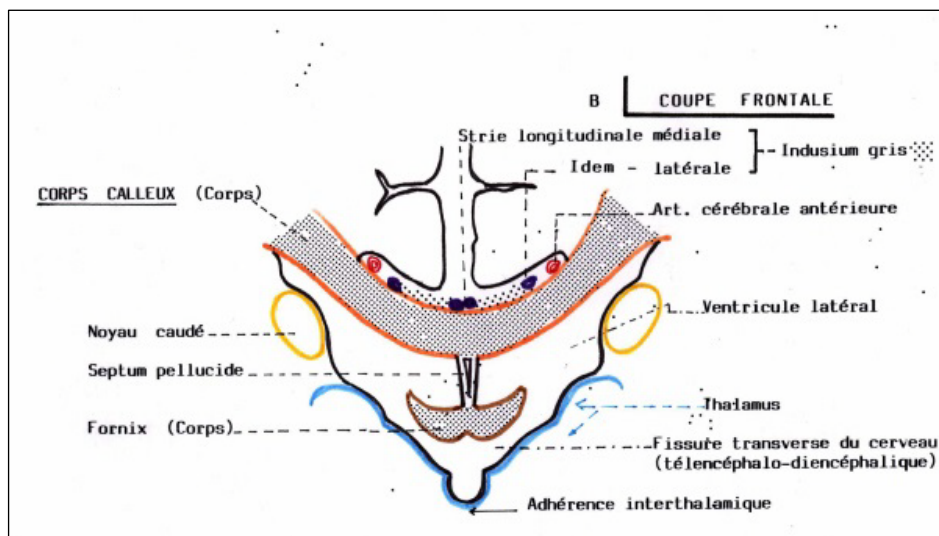


Figure 18 : coupe frontale montrant le corps calleux et le fornix [11]

## **2. Anatomie fonctionnelle du cerveau :**

Les techniques de cartographie fonctionnelle ont permis d'explorer le fonctionnement du cerveau in vivo chez des sujets sains conscients et de façon non invasive et donc une meilleure compréhension des interactions entre le cortex et les structures sous-corticales dans l'élaboration des fonctions neurologiques.

En effet contrairement à la théorie «localisationniste», qui pensaient que le cerveau était organisé en structures anatomo-fonctionnelles indépendantes les unes des autres et que chaque aire était responsable d'une fonction, le cerveau est en fait constitué de réseaux parallèles distribués, qui

incluent à la fois des régions corticales susceptibles de travailler de façon synchrone, et interconnectée par des faisceaux cortico-corticaux («connectivité horizontale»), mais également des structures sous-corticales modulatrices (notamment les noyaux gris centraux) connectées au cortex par une «connectivité verticale» ceci constitue la base de la théorie «hodotopique» [12]. On peut également subdiviser les composants de ce réseau fonctionnel en structure primaire effectrice dont l'atteinte est responsable de déficits manifestes, et des structures secondaires associatives dont l'atteinte est cliniquement plus discrète.[13] toutefois, en pratique, la carte cyto-architectonique du cortex cérébral, proposée par Brodmann en 1909, reste le découpage du cortex cérébral le plus simple et la plus fréquemment utilisé (figure 19).

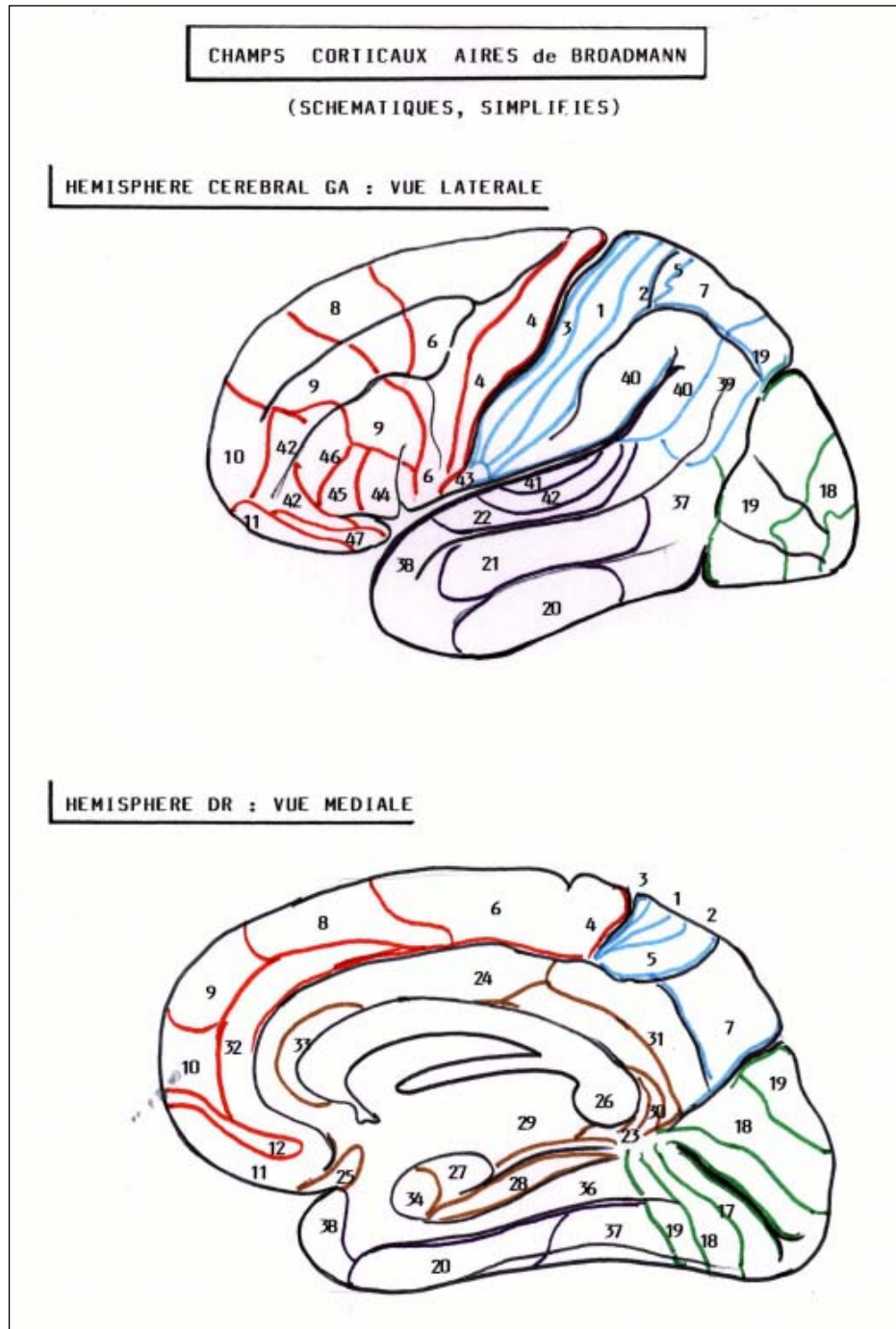


Figure19: les aires de brodman [11]

## 2.1. Fonctions motrices et territoires moteurs [9] :

La région précentrale est le siège de l'aire motrice primitive ou aire 4 de Brodmann. Ce cortex moteur qui contient les cellules pyramidales de Betz est à l'origine de la voie motrice pyramidale (faisceau cortico-spinal et faisceau cortico nucléaire). Il s'agit d'une zone hautement fonctionnelle et différenciée constituée donc d'un cortex spécifique et très fonctionnel on distingue :

➤ La région prémotrice constituée elle-même de plusieurs aires :

- l'aire 6 de Brodmann en avant de l'aire 4. Cette aire 6 qui s'étend sur toute la face latérale du lobe frontal constitue la partie postérieure des trois circonvolutions frontales. Cette aire 6 participe à la formation de la voie pyramidale, mais aussi à la voie motrice extrapyramidale : faisceau fronto-ponto-cérébelleux d'Arnold à destination du néocerebellum.

- l'aire 8 située en avant à cheval sur F1 et F2. L'aire 8 est désignée comme l'aire oculomotrice frontale qui entraîne un mouvement conjugué des yeux et dans certains cas de la tête.

- l'aire de Broca située au niveau du pied et du cap de F3 (aires 44 et 45 de Brodmann). Ce centre effecteur du langage ou centre du langage parlé ne s'observe que du côté gauche, c'est-à-dire du côté de l'hémisphère dominant chez les droitiers et chez la grande majorité des gauchers. Cette aire de Broca est exceptionnellement du côté droit.

-À la face interne du lobe frontal (occupant la région de l'aire 6) se trouve une autre zone fonctionnelle importante : l'aire motrice supplémentaire (AMS). Elle correspond à l'aire corticale où le mouvement volontaire est programmé, préparé et initié. En effet, les influx nerveux naissent de cette aire avant de faire relais dans les aires motrices 4, 6 ou 8.

➤ Le cortex préfrontal :

Situé en avant des aires motrice et prémotrice. Il se divise en 3 parties. une partie latérale impliquée dans les fonctions cognitives, l'attention, la mémorisation, le jugement et le choix d'une réponse, une partie médiale impliquée dans la régulation de la motivation et une partie orbitaire ou ventrale : impliquée dans la vie émotionnelle et la thymie

## 2.2. Fonctions sensibles [9] :

Le cortex pariétal est le centre récepteur de la sensibilité générale. D'un point de vue architectonique et fonctionnel, le lobe pariétal est divisé en 3 zones :

- Lapariétale ascendante constitue l'aire réceptrice des différentes sensibilités (cortex somato-sensitif)
- les aires 5 et 7 constituent l'aire où s'élaborent les sensations brutes
- les aires 39 et 40 permettant la reconnaissance des objets par le tact et une partie du langage pour l'hémisphère gauche.

## 2.3. la fonction langagière [13] :

Inspiré des confrontations anatomo-cliniques de Broca et Wernicke, le modèle associationniste de Lichtheim (fig.20) demeure en grande partie valide et constitue une bonne base pour comprendre les relations entre les principales zones effectrices du langage et rechercher des lésions focales devant des troubles de la parole.

Aujourd'hui, on distingue principalement des zones corticales disposées autour du sillon latéral et des structures sous-corticales qui les relie et participent à la préparation et à l'apprentissage du langage. La grande particularité des zones fonctionnelles du langage est la latéralisation hémisphérique. On considère que 95 % des droitiers et 70 % des gauchers ont une prédominance fonctionnelle de l'hémisphère gauche. Seuls 10 % des gauchers auraient une prédominance nette de l'hémisphère droit.

Le cortex linguistique antérieur comprend l'aire de Broca (aires 44 et 45) avec une portion du cortex dorso-latéral préfrontal et permet l'articulation de la parole. Une aphasie de Broca se traduit par une réduction de la fluence et une dysarthrie, la compréhension étant peu touchée. Le cortex linguistique postérieur décode la parole et la comprend, est constitué par l'aire de Wernicke (aire 22) les gyrus angulaire et supra-marginal et une partie de la deuxième circonvolution temporelle.

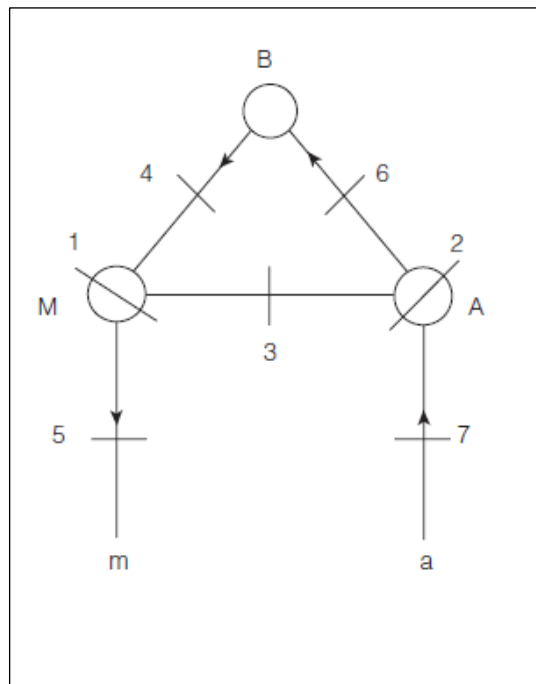


fig.20 : Diagramme de Lichtheim [13]

À : centre de l'image auditive des mots (aire de Wernicke) B : élabore les concepts (gyrus angulaire et supra-marginal) M : centre de l'image motrice des mots (aire de Broca) m : efférence motrice a : afférence acoustique 1 : Aphasie de Broca 2 : Aphasie de Wernicke 3 : Aphasie de conduction 4 : Aphasie transcorticale motrice 6 : Aphasie transcorticale sensorielle

## II. la Plasticité cérébrale post lésionnelle :

La plasticité cérébrale est un phénomène dynamique qui permet le remodelage continu des connexions synaptiques afin d'optimiser le fonctionnement des réseaux neuronaux, secondaires à un stimulus répété notamment lors de la croissance et l'apprentissage, mais aussi après une lésion : c'est la plasticité cérébrale post lésionnelle (PCPL). Dans le cas des tumeurs cérébrales la PCPL évolue en trois phases :

### 1. réorganisation fonctionnelle au cours de la croissance tumorale :

La majorité du patient atteint de tumeurs cérébrales, notamment les gliomes de bas grade, ont le plus souvent un examen neurologique sans particularité malgré un volume tumoral important cela peut s'expliquer si l'on admet que la lente infiltration tumorale induit une réorganisation fonctionnelle progressive. En accord avec cette idée, quatre grands modèles de redistribution ont été rapportés dans la littérature [14,15] :

Redistribution intratumorale : Persistance de la fonction à l'intérieur de la tumeur en raison du caractère infiltrant des gliomes

Redistribution des aires éloquentes autour de la tumeur : aires paraissant parfois plus larges que la normale, et déplacées en comparaison avec l'hémisphère controlatéral sain

Redistribution intrahémisphérique : Recrutement distribué de réseaux sains à l'intérieur de l'hémisphère lésionnel (par exemple l'activation d'aires motrices secondaires)

Redistribution controlatérale avec Implication et recrutement d'aires dans l'hémisphère controlatéral sain

### 2. Plasticité cérébrale peropératoire :

Au cours du geste chirurgical, la stimulation électrique directe peut détecter une réorganisation corticale peropératoire, qui consiste en un démasquage à la fin du geste d'aire fonctionnelle latent ou redondant, non détecté lors de l'étape de cartographie.

Ces aires semblent avoir une fonction similaire à d'autres primaires. Il est donc possible d'avoir plusieurs zones exerçant la même fonction, mais qui reste latent et qui seront démasqué en peropératoire probablement suite à une hyperexcitabilité induite par le geste [16].

### **3. Plasticité cérébrale postopératoire :**

Durant la dernière décennie, de nombreux travaux ont montré que la réorganisation cérébrale fonctionnelle pouvait se poursuivre au-delà de la chirurgie, l'exemple le plus frappant de plasticité postopératoire est celui des chirurgies itératives :

Lorsqu'une exérèse tumorale complète est impossible du faite de l'envahissement d'un tissu fonctionnel par la tumeur, il est fréquent qu'un patient bénéficie d'un autre ou plusieurs gestes chirurgicaux après quelques mois voire des années. Il a alors pu être observé, grâce à la SED, que la stimulation des zones épargnées lors du premier geste n'entraînait plus de déficit neurologique (et donc n'étais plus fonctionnelles) ce qui a permis leurs exérèses. Cela peut s'explique par une réorganisation locorégionale et un recrutement des aires périlésionnelles ayant compensée les zones envahies ou enlever. [14,17, 18]

### **III. INCIDENCE DES DÉFICITS NEUROLOGIQUES :**

L'incidence des déficits neurologiques postopératoires après une chirurgie éveillée varie en fonction des séries et dépend de plusieurs facteurs, dont la topographie tumorale, l'état neurologique préopératoire, le déroulement de la cartographie, la survenue de complications et d'autres. Le taux des déficits immédiats varie entre 13 et 80 % alors que celui de séquelles permanentes est entre 4,5 % et 13 %. Dans notre série 4 patients (20 %), ont présenté un déficit neurologique en post opératoire immédiat de ces quatre patients, deux ont récupéré de leurs déficits et deux se sont

amélioré sur le plan neurologique, mais ont gardé un déficit permanent (10 %) (Tableau 11). On constate que l'incidence des déficits neurologique dans notre série est proche des chiffres rapportés dans la littérature.

Tableau 11 : Incidence des déficits neurologiques selon quelques séries publiées dans la littérature

Référence	Année	Nb de patients	Caractéristiques de l'étude	Déficits immédiats	Déficits Permanents
Michael d. [32]	1999	200	-Tumeurs et autre lésion supra-tensorielles - Stimulation corticale +/- sous corticale	13 %	4,5 %
Duffau H. [45]	2003	103	- gliome de bas grade - Stimulation corticale et sous-corticale	80 %	5 %
David L.[70]	2007	20	- tumeurs supra-tentorielles - Stimulation corticale +/- sous corticale	30 %	5 %
S. Kim [24]	2009	309	- tumeurs supra-tentorielles - Craniotomie réduite - Stimulation corticale seule	36 %	7 %
Ari [72]	2012	67	- gliomes - Stimulation corticale et sous-corticale	13,4 %	5,9 %
DE WITT [71]	2012	8 091	- gliomes - Stimulation corticale	30,3 %	7,1 %
Nobusada [22]	2013	102	- tumeurs supra-tensorielles - Stimulation corticale seule	41 %	8 %
Victoria t.[23]	2013	214	- tumeurs supra-tensorielles - Craniotomie réduite - Stimulation corticale seule	38 %	13 %
Notre série	2016	20	-gliomes bas/haut gradés - Stimulation corticale + sous corticale	20 %	10 %

#### IV. FACTEURS DE RISQUES :

Afin de prédire la survenue des complications neurologiques postopératoire associées à la chirurgie éveillée, plusieurs séries se sont intéressées aux facteurs de risque qui influence leurs incidences, les facteurs statistiquement significatifs étaient les suivants :

##### 1) La proximité aux zones éloquentes et cartographie corticale positive :

Plus une tumeur est proche des zones éloquentes plus le risque de déficit neurologique augmente du fait de l'augmentation du risque de lésions corticales et sous-corticales [19, 20, 21,22]. Il paraît également que lorsque la cartographie détecte les aires éloquentes, le taux de déficits neurologiques est plus élevé, alors qu'une cartographie négative est associée à une faible incidence de déficits postopératoires.

Dans la série de Victoria [23] 214 patients ont été opérés en condition éveillée, la stimulation corticale a été réalisée chez tous ces malades et les aires éloquentes ont été localisées chez 147 patients (cartographie positive), et chez les autres 69 cas la cartographie était négative. Dans les groupes des patients qui avaient une cartographie positive, 63 (43 %) ont présenté des déficits neurologiques immédiats et 21 (14 %) ont gardé des séquelles permanentes. Dans le groupe des patients qui avaient une cartographie négative, 18 (26 %) ont présenté des déficits neurologiques immédiats et 7 (10 %) ont gardé des séquelles permanentes. Le déroulement de la cartographie était dans cette étude un facteur de risque statistiquement significatif de survenue de déficits neurologiques immédiats, mais non significatifs pour prédire la survenue de déficits permanents (tableau 12).

Dans la série Kim [24] qui comporte 309 cas de tumeurs cérébrales en zones éloquentes opérées en condition éveillée, le taux de déficit neurologique post opératoire immédiat était de 43 % chez les patients ayant eu une cartographie positive versus 23 % chez les patients ayant eu une cartographie négative, et à la fin du premier mois 21 % des patients ayant eu une cartographie positive ont gardé un déficit alors que 9 % des patients ayant eu une cartographie négative ont gardé un déficit.

Dans cette série, le déroulement de la cartographie était un facteur statistiquement significatif de survenue de déficits neurologiques immédiats et à 1 mois. (tableau 13)

Tableau 12 : relation entre le déroulement de la cartographie et la survenue de déficits neurologique selon la série de victoria [23]

Déroulement de la cartographie	Nb de patients	Nb Déficit immédiat	Valeur P	Nb Déficit à 3mois	Valeur P
Cartographie positive	147	63	0,016	21	0,52
Cartographie négative	69	18	(<0,05)	7	(ns)

ns : non significatif

Tableau 13 : relation entre le déroulement de la cartographie et la survenue de déficits neurologique selon la série de kim [24]

Déroulement de la cartographie	Nb de patients	Nb Déficit immédiat	Valeur P	Nb Déficit à 1mois	Valeur P
Cartographie positive	200	86	0,001	42	0,01
Cartographie négative	109	25	(<0,05)	10	(<0,05)

À noter qu'une cartographie négative en zone éloquente peut s'expliquer de plusieurs façons, elle peut être due à une craniotomie réduite qui expose la tumeur et peu de cortex cérébral à stimuler [24,25, 26], ou bien par l'effet de masse qu'exerce la tumeur sur le parenchyme refoulant et déplaçant ainsi les aires éloquentes [27,28], il peut également s'agir d'une réorganisation des aires corticales, secondaire à la croissance tumorale progressive, grâce à la plasticité cérébrale [29,30].

## **2) La cartographie sous- corticale :**

Le repérage des faisceaux de la substance blanche constitue également un facteur de risque de survenue de complications neurologiques. Dans la série de Keles [31], une stimulation sous corticale a été réalisée chez 294 patients opérés pour des gliomes de la région rolandique. Le taux de déficit en post opératoire immédiat était de 27,5 % chez les patients ayant eu une cartographie sous-corticale positive versus 13,1 % chez les patients ayant eu une cartographie négative. Le risque d'aggravation permanente était également deux fois plus élevé si les fibres sous-corticales étaient identifiées (7,4 % vs 2,1 %), et donc selon le même auteur si la cartographie sous-corticale est importante elle ne doit pas chercher à tout prix à identifier les voies sous-corticales.

### **3) Déficit préopératoire :**

Les déficits préopératoires notamment la parésie et les troubles de langage, ont été reconnus comme facteurs statistiquement prédicteur de déficit neurologique postopératoire [20,24, 32,33] cela s'explique par la difficulté et le manque de fiabilité de la cartographie corticale chez les patients déficitaires [32] ou par le fait que les patients qui présentent un déficit ont des tumeurs qui sont proches ou qui envahissent des structures éloquentes, ce qui augmente le risque de leurs atteintes en peropératoire. Dans notre série il n'y avait pas de corrélation statistique entre la présence d'un déficit neurologique et la survenue d'un nouveau déficit ( $p > 0,05$ )

### **4) Incidents opératoires et échec du geste :**

On considère comme un échec du geste :

L'apparition d'un déficit neurologique en peropératoire lors de la stimulation corticale qui persiste plus de 5 min, dont le résultat, et l'arrêt de la procédure [34, 22,24], ou la survenue de complications peropératoire obligeant l'arrêt du geste ou la reprise sous anesthésie générale. Généralement il s'agit de : crise convulsive résistante aux traitements usuels, embolie gazeuse, héminégligence, réflexe trigémino-cardiaque (bradycardie, hypotension , apnée, augmentation de

la motilité gastrique [35], et plus fréquemment une difficulté de communication suite à une somnolence accrue secondaire aux antiépileptiques surtout la phénytoïne.

Dans la série d'Erez [36], l'auteur a traité le retentissement de l'échec de la craniotomie en condition éveillée chez 424 malades et a conclu que cet échec est associé à un taux plus élevé de déficits neurologiques ainsi qu'une limitation de l'étendue de l'exérèse qui est également un facteur associé à la survenue de déficits neurologiques. D'autres auteurs ont abouti à la même conclusion [24,25].

Dans notre étude l'association entre la survenue d'un incident en peropératoire et l'aggravation neurologique postopératoire était statistiquement significative ( $P < 0,05$ )

### **5) L'étendue de l'exérèse :**

L'étendue d'exérèse est un facteur pronostique ayant un impact majeur sur la durée de rémission et de la médiane de survie globale des malades opérés pour tumeur cérébrale notamment les gliomes de bas grade [1,2] et aussi de haut grade de malignité [3,4]. C'est aussi un facteur qui conditionne l'évolution clinique en post opératoire. Plusieurs séries, dont la nôtre, ont abouti à la conclusion que lorsque la tumeur siège en zone éloquente, une exérèse partielle augmente le risque de déficit neurologique postopératoire [20, 24,32], cela pourrait être dû à une inflammation locale maintenue par le résidu tumoral, pouvant également augmenter de volume et comprimer le parenchyme adjacent [20].

### **6) Autres facteurs :**

La relation entre la survenue de déficit neurologique post opératoire et l'âge, le type histologique et le volume de la tumeur ont été étudiés sans qu'il y ait de corrélation statistiquement significative, comme c'est le cas pour notre série.

## V. Étiologies :

### 1) Les Faux négatifs [37] :

On définit comme faux négatif une région pour laquelle l'exérèse chirurgicale a provoqué un déficit neurologique permanent pour le malade alors que la stimulation électrique de cette région n'avait pas provoqué de déficit en peropératoire. Plusieurs causes peuvent être à l'origine de faux négatifs :

- Une première cause possible est une intensité de stimulation inférieure au seuil du malade, ou une durée de stimulation insuffisante, c'est pourquoi il faut appliquer des stimulations d'intensité suffisante et pendant une durée qui n'est pas trop courte, et veiller à ce qu'il n'y ait pas trop de liquide cérébro-spinal sur le site de stimulation, car la résistance du LCS est 4 et 8 fois supérieure à celle, respectivement, de la substance grise et de la substance blanche [38]
- Une autre cause possible de faux négatif est la stimulation durant la période réfractaire d'une post-décharge. Ne pas dépasser le seuil minimal d'intensité de stimulation permet de limiter le risque de survenue d'une post-décharge, et stimuler plusieurs fois la même région pour la même tâche cognitive lors de la cartographie permet de diminuer la probabilité de stimuler en période réfractaire.
- Une mauvaise synchronisation entre la stimulation et la mise en route du processus cognitif testé peut également conduire à un faux négatif [39]. En effet, si la stimulation est effectuée après la présentation de l'épreuve, si le malade a pu traiter l'information avant la stimulation. Il y aura alors un faux négatif. Il est donc recommandé, pour obtenir une bonne synchronisation, que le chirurgien stimule à partir du signal sonore annonçant une nouvelle tâche cognitive.

Pour éviter les faux négatifs, certains auteurs suggèrent l'enregistrement conjoint de l'activité électrique corticale (électrocorticographie) lors de la stimulation électrique directe, étant donné qu'

elle permet d'augmenter à la fois la sensibilité et la spécificité de la SED en permettant de mieux adapter les paramètres de stimulations (intensité et durée) à chacune des régions testées et de valider la réponse clinique associée. [40]

## **2) Atteinte de structures éloquentes :**

On distingue 3 situations fréquentes :

### **2.1. la résection des tumeurs envahissant les aires secondaires ou associatives :**

Contrairement à d'autres portions du cortex cérébral comme les aires dites « primaires » (sensorielles ou motrices), le rôle fonctionnel des régions associatives est plus difficile à identifier en peropératoire. L'exérèse des tumeurs qui siègent au niveau de ces aires corticales peut être responsable de déficits neurologiques postopératoires. L'exemple typique et fréquent est celui des gliomes situés dans le lobe frontal, dont l'exérèse peut s'étendre à l'Aire motrice supplémentaire (AMS) située sur la face médiane du lobe frontal. Du fait de sa localisation, il est difficile de repérer l'AMS par stimulation directe, car cela nécessite une rétraction importante du parenchyme cérébrale pouvant léser les veines ponts (drainé par le sinus longitudinal supérieur) et être à l'origine d'un saignement important. [41]

En général, le syndrome de l'aire motrice supplémentaire (AMS syndrome) secondaire l'ablation de cette aire ne survient pas immédiatement en peropératoire, mais il apparaît tôt en postopératoire au cours de la première heure [42]. Ce syndrome décrit par la plane en 1977 comporte généralement une hémiparésie ou une hémiplégie controlatérale avec akinésie, et troubles du langage lorsque l'atteinte intéresse l'hémisphère dominant. La sévérité et la présentation clinique varient en fonction de l'étendue de l'ablation de cette aire et les zones enlevées, car il est actuellement connu que l'AMS comporte 3 zones essentielles : langage, membre supérieur et membre inférieur.

L'AMS syndrome a été probablement la cause des déficits neurologiques transitoires chez deux de nos patients (cas 3 et 4) , car l'un des deux (cas 3) avait une tumeur frontale gauche (côté dominant du langage dans 96% des cas ) et a présenté une hémiparésie droite avec une aphasie qui ont totalement régressé au cours du premier mois , et l'autre patient (cas 4) avait une tumeur frontale droite et a présenté en postopératoire une hémiparésie gauche qui a totalement régressé au cours des premiers mois .

Ce syndrome est caractérisé par son évolution généralement favorable à partir du 10<sup>e</sup> jour du faite des différents mécanismes de compensation et plasticité cérébrale.

En plus de l'AMS, l'ablation d'autres aires associatives participant à des fonctions complexes (écriture, mémoire, calcul.) peut être également à l'origine de déficits cognitifs, ces aires posent surtout un problème quant à la modalité d'évaluation de leurs fonctions lors de la stimulation électrique (soustraction addition multiplication, mémoire...) Ce qui est difficile, mais faisable. Par exemple, Duffau a pu réséquer un gliome envahissant le gyrus angulaire, zone connue pour son implication dans les fonctions mentales de calcul (soustraction et multiplication), en utilisant, lors de la stimulation, des calculs mathématiques afin de détecter et préserver les zones fonctionnelles tout en obtenant une exérèse complète [43] avec un faible taux de séquelles neurologiques.

### **2.2. les Lésions corticales peropératoires :**

La stimulation électrique permet au neurochirurgien de repérer les structures fonctionnelles autour de la tumeur, ce qui lui permet d'étendre avec confiance l'exérèse jusqu'aux frontières entre la tumeur et le cortex éloquent et d'obtenir une exérèse maximale. Toutefois opérer en bordure des structures éloquentes les expose à être lésées de plusieurs façons, notamment les agressions mécaniques directes produites par des manœuvres neurochirurgicales, telles que les incisions directes, électro cautérisation et la rétraction. Ces agressions peuvent être directement responsables de lésions comme elles favorisent la survenue d'œdème et d'ischémie cérébrale, Et afin d'éviter ces incidents, certains auteurs recommandent de garder toujours une marge de

sécurité de 5 à 10 mm vis-à-vis de toutes les aires à risque [37,44] afin de réduire le risque de déficit. Pour d'autres, cette marge n'est pas nécessaire, car si le risque de déficit transitoire est augmenté, celui de séquelles définitives ne l'est pas [45].

Il est également possible qu'un cortex éloquent soit envahi en superficie par la tumeur ce qui est parfois responsable d'une stimulation corticale négative malgré un tissu fonctionnel sous-jacent qui risque d'être excisé en totalité si la stimulation n'a pas été répétée et donc provoquer un déficit neurologique (fig.21). [46]

Il faut noter que malgré une cartographie corticale menée à bon escient, le chirurgien risque de ne pas repérer des tissus fonctionnels corticaux ou sous-corticaux, qui peuvent siéger en intra tumorale notamment dans les gliomes de bas et de hauts grades [47,48].

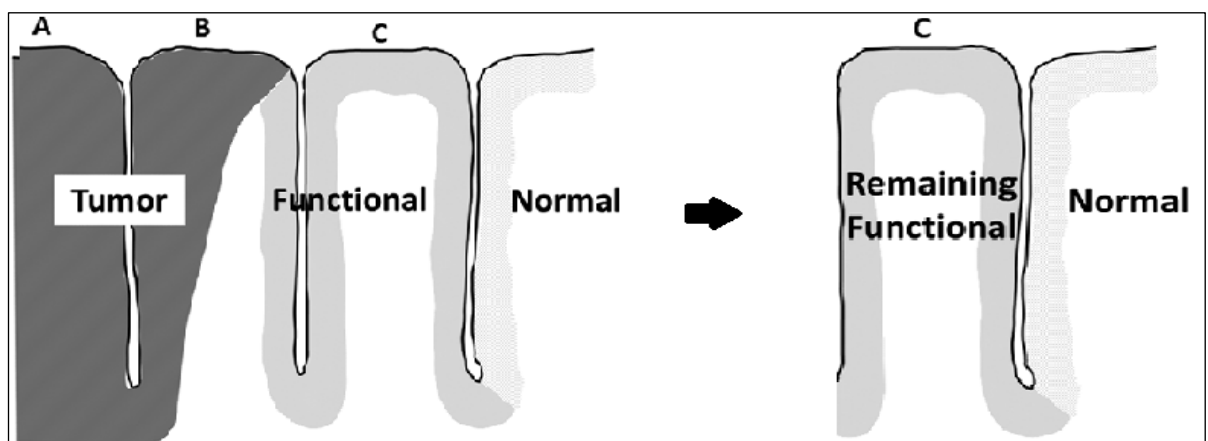


Fig21 : à gauche cortex éloquent, gyrus A totalement envahi par la tumeur, gyrus B partiellement envahi sa stimulation n'entraîne pas de perturbation clinique malgré le cortex fonctionnel sous-jacent, gyrus C sain. À droite : exérèse des gyros A et B et exérèse de tissus fonctionnels méconnus [37]

### **2.3. Les Lésions sous-corticales :**

Les lésions des faisceaux sous-corticaux constituent une cause majeure des déficits neurologiques postopératoires [49]. En plus de leurs fréquences, ces lésions sont graves dans la mesure où les patients ayant ces lésions courent six fois le risque de développer des déficits permanents, puisque contrairement au cortex les faisceaux de substance blanche sont dotés d'une très faible plasticité et donc une faible capacité de compenser leurs dégâts [49]. L'atteinte des faisceaux sous-corticaux peut être secondaire à des lésions directes lors de l'exérèse, comme il peut s'agir d'un œdème ou des lésions ischémiques secondaires à des lésions vasculaires.

Dans la série de Victoria, 214 patients ont été opérés en condition éveillée avec stimulation corticale (sans cartographie sous-corticale) et ont bénéficié en postopératoire d'une imagerie par IRM pondérée en diffusion afin d'évaluer l'intégrité des structures corticales et surtout de la substance blanche et d'établir une relation entre la survenue de déficit postopératoire et les lésions corticales et sous-corticales. Dans cette étude, 19 % des cas ont présenté une aggravation en peropératoire dont 90 % ont été attribués à une lésion des faisceaux de la substance blanche. Dans la même série le taux de déficit postopératoire immédiat est de 87 % et 13 % ont présenté un déficit permanent, ces taux assez élevés témoignent de la gravité des lésions sous-corticales.

Les auteurs ont également établi une classification radiologique des lésions sous corticales (tableau 14) basée sur les restrictions de diffusion à l'IRM et qui comprend trois degrés de sévérité en fonction de l'importance la topographie des lésions : le premier et deuxième degré témoignent de lésions minimales et modérées responsables de déficit postopératoire surtout immédiat avec généralement une récupération dans les 3 mois, alors que le degré 3 est associé à un taux élevé de déficits postopératoires immédiats avec un faible taux de récupération (Tableau 14) .

Tableau 14. Système de classification des Restrictions de Diffusion sur l'imagerie de diffusion

Grades de sévérité	Aspect à l'IRM pondérée en diffusion
--------------------	--------------------------------------

Grade 1	Absence de restriction de diffusionRestriction minimale diffusion de aux marges de la cavité de résections
grade 2	Restriction importante, de la diffusion aux marges de la cavité de résections
grade 3	Restriction importante de diffusion au niveau de structures fonctionnelles (faisceau cortico-spinal, faisceau arqué, gyrus précentral, gyrus supramarginal )

Afin de prévenir ces lésions, il est nécessaire de bien évaluer les rapports entre la tumeur et ces faisceaux que ce soit par imagerie, ou lors de la stimulation sous corticale, car l'intensité de stimulation électrique ayant entraîné une réponse clinique permet de prédire la distance entre le site de stimulation et le faisceau stimulé, une stimulation positive de 1-1,5 mA indique que le faisceau est à une distance de 1 mm (et donc qu'une stimulation qui devient positive lorsqu'on dépasse 2 mA indique que le chirurgien a gardé une marge de > 2 mm) [51]

Il est également recommandé d'alterner entre la stimulation sous corticale et la résection tumorale et d'arrêter la résection une fois qu'une stimulation entraîne une réponse, car à ce moment le chirurgien est généralement à une distance de 2-3 mm d'un faisceau de substance blanche [31]

### **3) Les causes vasculaires :**

#### **3.1. Les infarctissements péri tumoraux postopératoires :**

En chirurgie cérébrale, les déficits neurologiques acquis en postopératoire sont le plus souvent secondaires à des lésions physiques des structures fonctionnelles, mais aussi à des lésions de vaisseaux sanguins veineux ou artériels destinés aux zones éloquentes.

Ces lésions peuvent être accidentelles (iatrogènes) et peuvent survenir lors d'une exérèse tumorale entraînant un sacrifice vasculaire artériel ou veineux destiné à des aires corticales non intéressées par l'exérèse (fig.22).

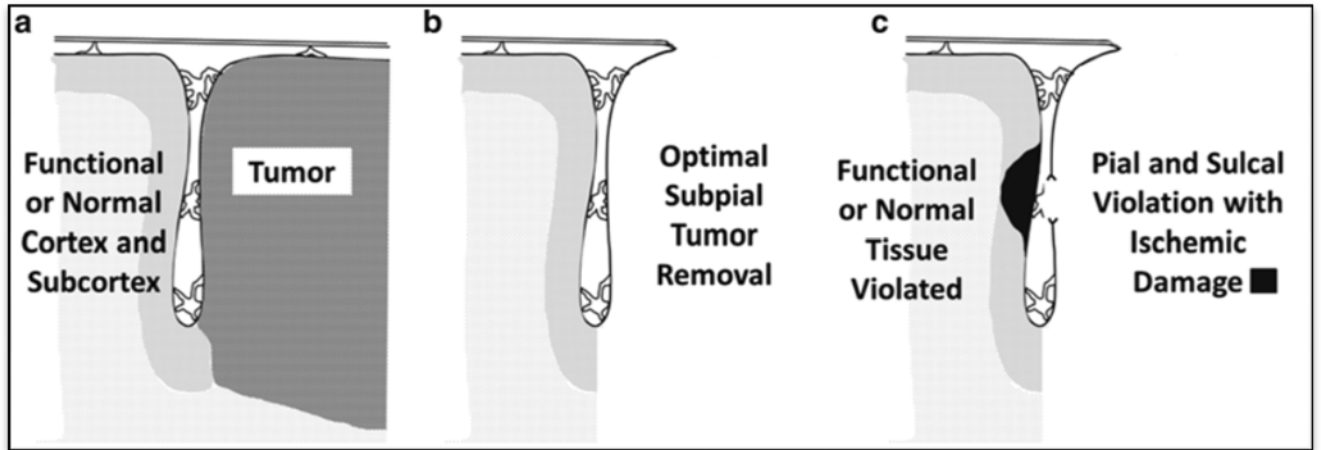


Figure.22 : (a) sillon cortical séparant un gyrus normal ou éloquent et un gyrus envahi par la tumeur (b) résection optimale qui respecte la pie-mère et les vaisseaux qui traversent le sillon (transsection sous-piale) (c) lésion ischémique secondaire à l'effraction de la pie-mère ainsi qu'une lésion vasculaire. source :[37]

L'ischémie est également une conséquence fréquente de la rétraction du parenchyme cérébral par les écarteurs, car la pression sous l'écarteur, appliquée au cortex, est également transmise aux couches plus profondes du cerveau ce qui peut altérer la circulation sanguine locale et régionale et produire des lésions d'ischémie. Par ailleurs, ces lésions d'ischémie sont favorisées et aggravées par certaines conditions systémiques telles que l'hypotension artérielle, l'hypoxémie, l'hypercapnie.

Il est également connu que la chirurgie des tumeurs proches des structures vasculaires et de localisation profonde favorise la survenue d'accidents ischémiques, comme c'est le cas pour les

tumeurs de l'insula. Dans leur série, Lang F et coll.[50] Ont opéré, en condition éveillée, cinq patients ayant des tumeurs insulaires, et selon leurs expériences, la stimulation électrique leurs a permis de repérer les structures fonctionnelles avoisinantes notamment la capsule interne, toutefois deux des cinq patients ont présenté un déficit postopératoire dont l'explication la plus probable est la perturbation du réseau vasculaire (Artère cérébrale moyenne et ses branches).

Les infarctissements peuvent être détectés en postopératoire par l'IRM de diffusion, qui montre à leurs niveaux une réduction du coefficient de diffusion apparent (ADC) (figure23), ultérieurement aux cours des IRM de contrôle, ces zones peuvent se rehausser après injection de gadolinium, et donc ne doivent pas être prises pour des récurrences tumorales (figure 24) . [51,52]

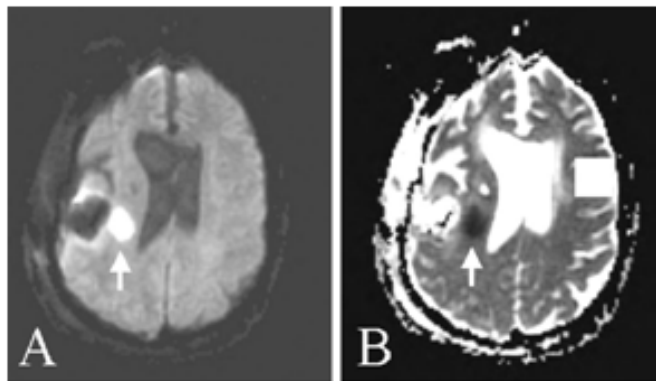


Figure23 : Lésions ischémiques sur des séquences d'IRM de diffusion en postopératoire immédiat. (A) séquence « 'trace' » montrant une lésion ischémique au fond de la cavité d'exérèse à proximité du faisceau cortico-spinal qui apparaît en hyper signal. (B) séquence de « 'cartographie d'ADC' » la lésion apparaît en hyposignal.[51]

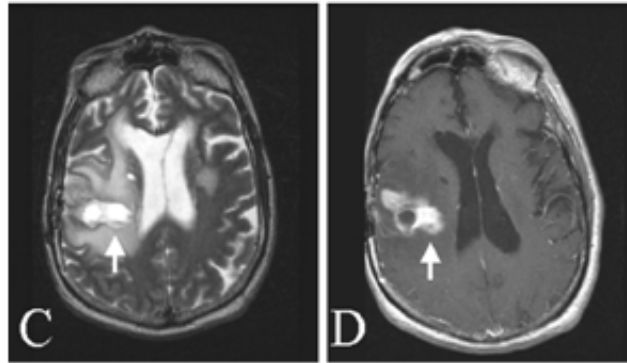


Figure 24: IRM morphologique en séquence T1+gadolinium (D) et T2 (C) de contrôle montrant l'évolution des lésions ischémiques [51]

### **3.2. Les Hématomes postopératoires :**

C'est l'une des complications les plus graves de la chirurgie des tumeurs cérébrales, leur définition n'est pas consensuelle, mais plusieurs auteurs définissent l'hématome postopératoire comme une hémorragie intracrânienne ayant un retentissement clinique qui nécessite une évacuation chirurgicale [53]. Selon la série Taylor [54] qui comporte 2305 cas d'hématomes postopératoires les hématomes post opératoires ont une incidence de 2,2%, et peuvent survenir en postopératoire immédiat et jusqu'à 7 jours postopératoire, avec un pic à la 6<sup>è</sup> heure.

Plusieurs facteurs favorisent la survenue d'Hématomes postopératoires :

- Les conditions opératoires, dont la pression artérielle, particulièrement les pics peropératoires, fréquents lors de l'extubation et l'éveil de l'anesthésie
- Une exérèse tumorale incomplète du fait la nature hyper vascularisée des tumeurs où à cause du développement d'une vascularisation anarchique intra et/ou péri tumorale [53,54].

À noter que jusqu'à présent à notre connaissance aucune étude n'a comparé la fréquence des hématomes postopératoires au cours des chirurgies en condition éveillée versus sous-anesthésie

générale. Dans notre série aucun de nos patients n'a présenté d'hématome ayant nécessité une réintervention.

#### **4) L'œdème cérébral :**

L'œdème cérébral est une complication fréquente de la chirurgie encéphalique parfois responsable d'une aggravation neurologique per et postopératoire. Plusieurs phénomènes participent à sa constitution, le traumatisme chirurgical qui perturbe la barrière hémato-encéphalique et engendre une augmentation de sa perméabilité avec fuite des liquides vers le milieu interstitiel à l'origine d'un œdème vasogénique autour du foyer d'exérèse, avec une augmentation de sécrétions de substances neuro-hormonales et vaso-actives qui augmentent la perméabilité capillaire responsable d'un œdème plus diffus [55,56], alors que les perturbations métaboliques des cellules lésées lors de la chirurgie participent à la genèse d'un œdème cytotoxique.

L'incidence de l'œdème cérébral varie en fonction de plusieurs facteurs dont le type histologique, il est plus fréquent en cas de gliomes de haut grade, de métastases et en cas de méningiome. Une hypertension intracrânienne et un effet de masse de la tumeur sur la ligne médiane favorisent également les poussées d'œdème en peropératoire.

En condition éveillée certains auteurs ont tendance d'opter pour des craniotomies réduites [23,24,25] (figure 25) , ce qui a l'avantage de réduire le champ de stimulation électrique et de réduire le temps opératoire et le risque de complications neurologiques . Cependant en cas de poussée d'œdème, le parenchyme cérébral se retrouve comprimé par les berges du volet osseux,

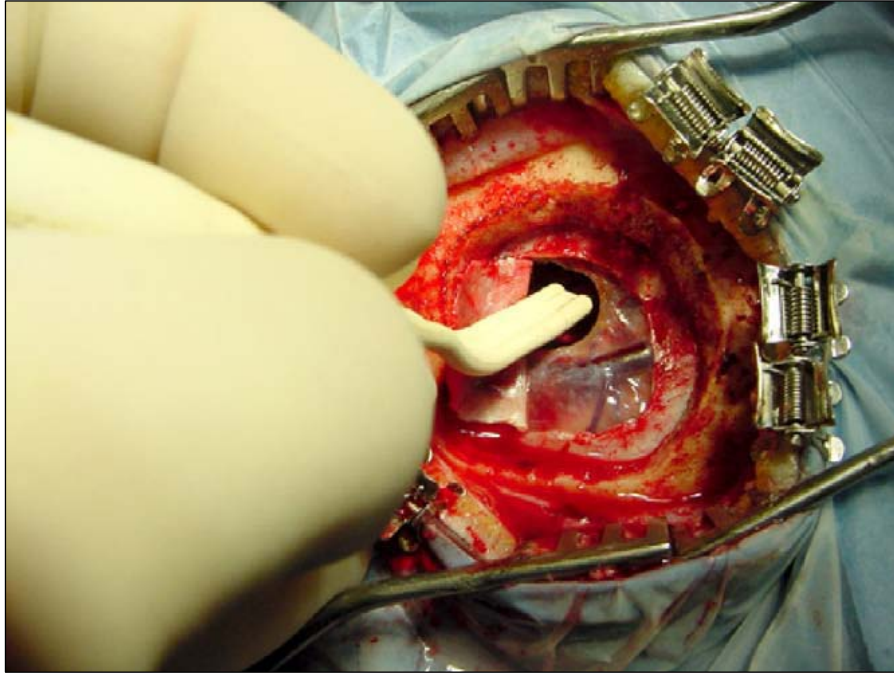


Figure 25 : stimulation corticale à travers une craniotomie réduite [73]

Occasionnant des lésions d'ischémie et de congestion veineuse menaçant la vitalité de zones de parenchyme sain avec un risque de séquelles neurologiques, les poussées d'œdèmes sont aussi une cause d'arrêt précoce du geste opératoire limitant ainsi l'étendue de l'exérèse.

Il est donc primordial de bien préparer les patients à risque en préopératoire, par une médication anti-œdémateuse (position demi-assise, corticoïde, solution hypertonique...) Et d'opter pour des craniotomies larges chez ces patients.

Dans notre expérience tous les patients ont reçu en préopératoire une corticothérapie ( méthylprednisolone) afin de réduire le risque d'œdème , et aucun de nos patients n'a présenté d'œdème cérébral significatif.

## **VI. Moyens d'amélioration des résultats fonctionnels de la chirurgie éveillée :**

La chirurgie des tumeurs cérébrales a bénéficié au cours des dernières décennies des progrès de la chirurgie en condition éveillée et du développement de la neuroradiologie morphologique et fonctionnelle, ainsi que de différentes techniques de neuromonitoring électrophysiologiques, ce qui permet d'améliorer les résultats de cette chirurgie en termes d'étendue d'exérèse et de réductions du taux de séquelles neurologique et par conséquent une préservation de la qualité de vie et allongement de la survie des patients porteurs de tumeurs cérébrales notamment les gliomes de bas et de haut-grade. Dans ce chapitre nous allons traiter les différents quelques outils radiologiques et électrophysiologiques qui permettent d'améliorer les résultats de cette chirurgie.

### **1. L'imagerie cérébrale fonctionnelle par résonance magnétique :**

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) fonctionnelle cérébrale (ou IRMf) est une technique d'imagerie cérébrale mesurant in vivo l'activité des aires du cerveau en détectant les changements locaux de flux sanguin, cette technique permet de réaliser une cartographie cérébrale non invasive en préopératoire.

#### **a) Principe :**

L'IRM fonctionnelle (IRMf), est un examen non invasif et non irradiant, qui utilise le même matériel que pour l'IRM conventionnelle. L'IRMf détecte les modifications du signal de résonance magnétique dépendantes de l'oxygénation ou signal BOLD (pour bloodoxygenleveldépendent) en rapport avec les changements transitoires d'activité neuronale. Ces changements d'activité (tant électrique que métabolique) provoquent une augmentation locale du volume et du débit sanguin nécessaire pour couvrir l'accroissement des besoins énergétiques locaux en oxygène et en glucose indispensables pour couvrir les besoins énergétiques. La difficulté a été de traduire ces changements locaux en un signal exploitable pour réaliser une image. Ce signal est le signal BOLD qui est, en première approximation seulement le reflet des variations locales et transitoires de la quantité d'oxygène transportée par l'hémoglobine (oxyhémoglobine) en fonction des modifications

locales de l'activité neuronale, le signal BOLD doit néanmoins être considéré comme un témoin indirect de l'activation neuronale.

Afin de détecter les aires fonctionnelles, au cours de cet examen le patient réalise une série de tâches variables qui peuvent être de nature motrice, sensitive, sensorielle ou cognitive, ainsi que des tâches contrôles (par exemple mouvement-repos) afin d'évaluer la modification du signal dans la zone explorée, ces tâches et leurs contrôles sont nommés paradigme. Donc pour savoir si une zone particulière est impliquée dans la réalisation d'une tâche donnée, il est nécessaire de répéter les acquisitions d'image, de bien choisir la tâche à étudier, de bien prévoir sa réalisation pratique par le sujet installé dans l'IRM, de prendre en compte les artefacts éventuels et, surtout, de bien choisir quelle sera la tâche contrôle.

a) **Intérêt** :

L'IRMf permet de définir plus précisément les rapports entre la tumeur et les structures fonctionnelles avoisinantes, la latéralité, et d'évaluer la nécessité d'une chirurgie éveillée ou non, comme elle permet d'établir un plan du geste chirurgical que ça soit la voie d'abord et les tâches qui seront nécessaires lors de la stimulation électrique directe. Plusieurs auteurs ont obtenu de bons résultats en associant l'IRMf avec d'autres techniques de cartographie comme la tractographie et la stimulation corticale et sous-corticale [58,59, 60,61,62] ou bien en l'utilisant en peropératoire ce qui permet de réévaluer en temps réel les rapports entre la tumeur et les zones fonctionnelles qui peuvent changer du fait de la position du malade, l'ouverture de la dure-mère, la fuite du LCR et la rétraction (l'effet de ces éléments sur le parenchyme cérébral est dénommé « Brain Shift » (figure 26 et 27) [63].

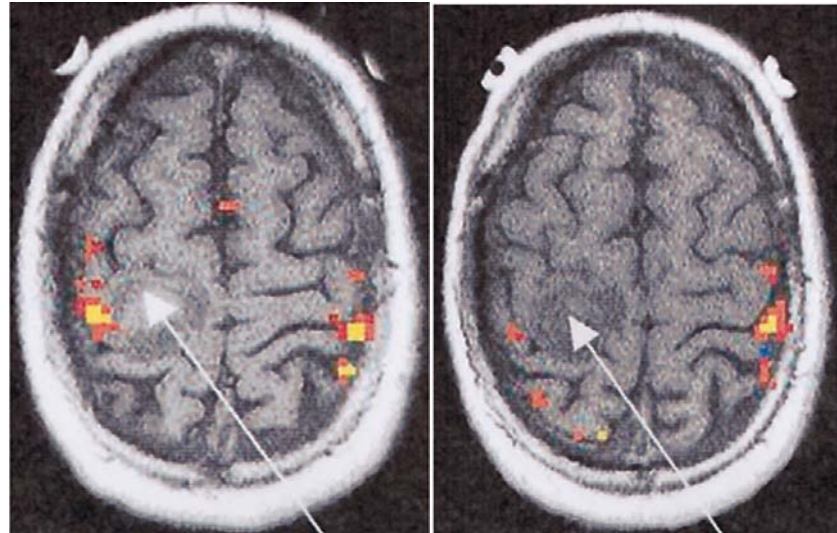


Figure 26: Cliché d'IRM fonctionnelle pris chez un patient présentant une tumeur pariétale droite (flèche) .cliché pris en demandant au patient de réaliser une opposition pouce index. [67]

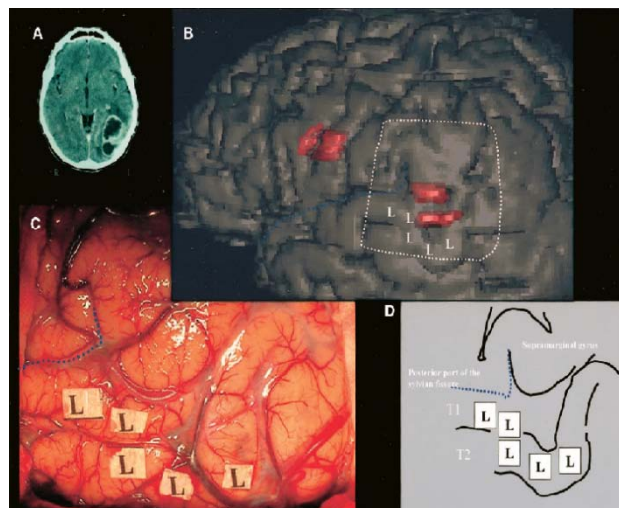


Figure 27 : corrélation entre l'IRMf et la stimulation corticale directe lors de l'évaluation de la fonction langagière . A : TDM du montrant un processus temporal (glioblastome), B : reconstruction 3D des données de l'IRMf ,C : constatations peropératoire ,D : représentation schématique des résultats [57]

b) **Limitations** :

L'IRMf présente plusieurs limitations qu'il faudrait prendre en considération. Le Signal BOLD qui permet de localiser les zones éloquentes est influencé par plusieurs facteurs pouvant modifier l'intensité du signal, ces facteurs sont l'âge du patient, l'œdème peritumoral, l'effet de masse et la néo-vascularisation de la tumeur. D'autre part l'IRMf est moins performante pour l'identification des zones du langage, ceci est en rapport avec la difficulté du choix des paradigmes du langage nécessaire à l'activation de ces zones et l'absence de consensus entre les différents auteurs. Une autre limite de cette technique, c'est que lors de la réalisation d'une tâche on ne peut pas différencier entre les zones essentielles à la fonction et les zones accessoires pouvant être réséquées sans occasionner des déficits permanents. Et comme la stimulation corticale, l'IRMf n'est pas réalisable chez les patients qui présentent des déficits neurologiques sévères.

### 2. **La tractographie**[64,65] :

La tractographie ou IRM en tenseur de diffusion est une technique d'IRM qui permet la cartographie in vivo de la microstructure et de l'organisation des tissus, cette technique offre la possibilité de détecter et quantifier les anomalies de la substance blanche non visibles par l'imagerie conventionnelle (figure 28).

#### a) **Principe :**

La tractographie se propose de visualiser en trois dimensions le trajet des différents faisceaux composant la substance blanche du système nerveux. Cette méthode y parvient indirectement en étudiant la mobilité des molécules d'eau contrainte par l'anisotropie du milieu intra — et extracellulaire. En effet, ces molécules d'eau « piégées » entre et au sein des axones se déplacent préférentiellement selon l'axe principal des fibres nerveuses en raison notamment de la présence de la membrane plasmique et de la gaine de myéline qui s'opposent à leur mouvement. Le coefficient de diffusion de l'eau, dans un volume donné, variera en fonction des différentes directions, reflétant la trajectoire des axones le tenseur de diffusion fait intervenir l'architecture du tissu afin « d'affiner » l'étude des mouvements moléculaires. Si ces mouvements surviennent dans

une structure où les cellules sont allongées (nerf, muscle, moelle épinière, par exemple), ils s'effectuent préférentiellement dans le grand axe de cette structure. C'est la définition de l'anisotropie, mesurée par la fraction de l'anisotropie .

Lors de cet examen, en fixant un voxel (petit volume élémentaire) de départ au sein d'une structure identifiée comme anisotrope, il suffit de demander à un logiciel de ne conserver que les vecteurs présentant une orientation similaire. Le volume est donc « nettoyé » de tous les voxels contenant des structures non orientées (graisse) ou orientées différemment. Il en résulte une image tridimensionnelle linéaire représentant la structure choisie. Ce concept est celui de la tractographie.

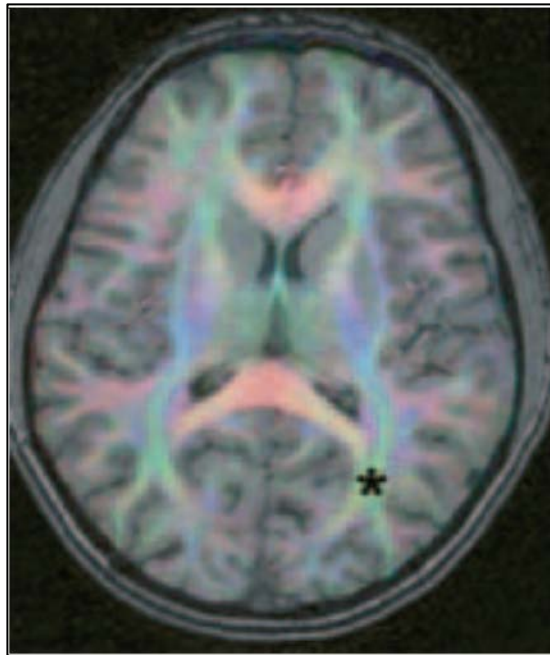


Figure 28 : séquence de tractographie avec codage couleurs, permettant d'étudier la neuroanatomie des faisceaux de substance blanche [65]

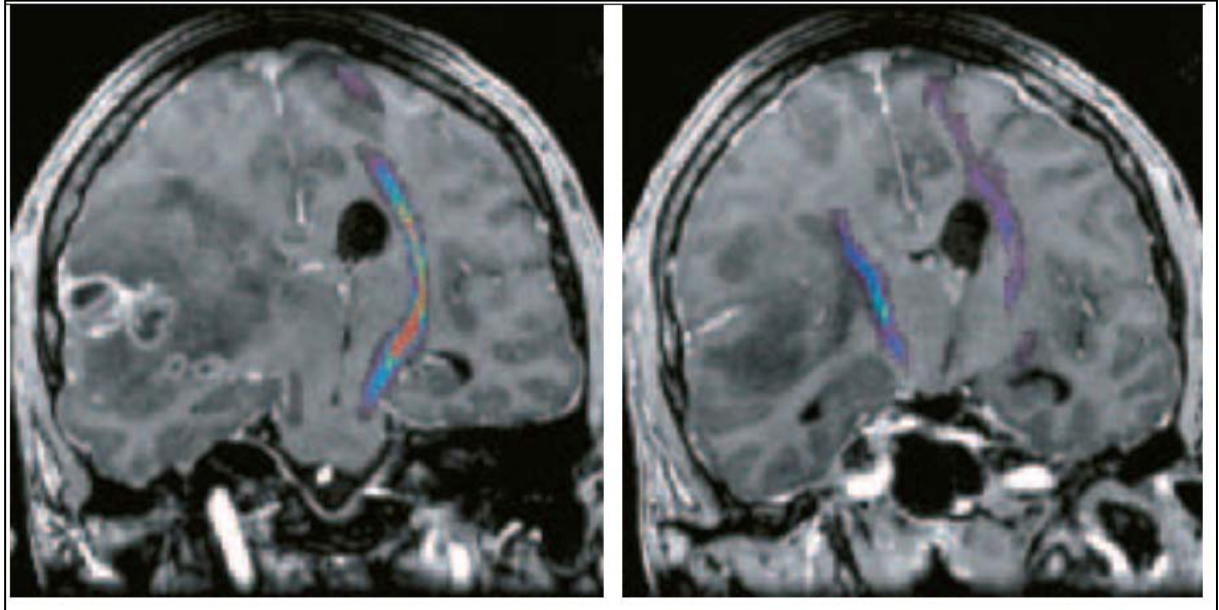


Figure 29 : séquence de tractographie qui montre une tumeur gliale fronto-temporale droite en contact avec le faisceau cortico-spinal [65]

**b) Intérêt :**

Les lésions des faisceaux sous-corticaux constituent une cause fréquente de déficits neurologique, il est donc nécessaire en plus d'une cartographie corticale, de cartographier la substance blanche et d'évaluer en préopératoire ces rapports avec la tumeur (figure 29). Pour cela la stimulation sous-corticale est certes le « Golde standard », mais c'est une technique invasive avec plusieurs limites. Premièrement la stimulation sous corticale ne permet pas de différencier entre les faisceaux stimulés et les autres faisceaux et structure de la substance blanche, deuxièmement elle ne permet pas déterminer avec précision la distance entre le site de stimulation et les faisceaux stimulé, par ailleurs certaines études ont conclu que la stimulation de la substance blanche n'est possible qu'à une distance de 2-3 mm de la marge d'exérèse ce qui augmente le risque de lésions iatrogènes [31], d'où l'intérêt de cette technique d'imagerie non invasive. La majorité des études concernant la tractographie ont validé sa fiabilité en termes de cartographie des faisceaux moteurs

et du langage ainsi que ceux visuels, avec des résultats similaires à ceux de la stimulation électrique sous-corticale.

En préopératoire cette technique permet au chirurgien d'évaluer le rapport de la tumeur avec les structures de la substance blanche ce qui influence le déroulement du geste particulièrement l'étendu de l'exérèse, comme le montre la série de Romanos [66] ayant évalué l'impact de la tractographies sur la conduite chirurgicale chez 28 patients porteurs de tumeurs cérébrales. Chez ces patients une conduite chirurgicale était établie avant de réaliser la tractographie , puis réévaluée après ça réalisation .Chez 20% des patients, la conduite chirurgicale initiale a été modifiée, et les limites de l'exérèse ont été redéfinies dans 64 % des cas.

### c) Limites :

Comme pour l'IRMf les renseignements acquis en préopératoire peuvent ne pas être valide lors de l'intervention du fait du brain shift, c'est pourquoi certains auteurs ont opté pour la tractographie peropératoire implémentée dans des systèmes de neuro navigation permettant de renseigner en temps réel sur la proximité des zones à risque.

La tractographie présente également quelques limitations techniques, car elle ne permet pas encore de donner d'image précise des régions où il y a une intersection des fibres et la taille et le volume des faisceaux sous-corticaux peuvent apparaître moins volumineux en cas d'œdème, car cet œdème réduit l'anisotropie et la diffusion des molécules d'eau.

Il semble également que la qualité de l'information varie en fonction des logiciels utilisés pour l'acquisition et la reconstruction des images. Donc c'est dire que les données de la tractographie doivent être utilisées et interprétées avec prudence, en couplage avec la stimulation sous-corticale afin d'obtenir des meilleurs résultats.

### 3. L'électrocorticographie [40] :

3.1. **définition** :

L'électrocorticographie (ECoG) et l'enregistrement peropératoire des potentiels corticaux. Cette technique était initialement utilisée en chirurgie d'épilepsie pour identifier la localisation des zones épileptogènes et des zones fonctionnelles afin d'obtenir un bon contrôle des crises, tout en limitant les possibles séquelles cognitives en postopératoire.

3.2. **Technique d'enregistrement** :

Lors de la chirurgie, un enregistrement simultané de l'ECoG est réalisé par des grilles de 16 à 64 électrodes corticales appliquées sur le cortex avant le réveil du patient .Elles sont constituées de quatre à huit lames d'enregistrement comprenant chacune quatre à huit électrodes de 0,5 mm de diamètre espacés chacune de 1 cm (figure 30,31).

En chirurgie éveillée des tumeurs cérébrales, l'ECoG peut être particulièrement utile une fois couplée à la SED, car elle permet d'enregistrer la post-décharge (la dépolarisation neuronale responsable de l'excitation ou l'inhibition d'une zone stimulée) après la stimulation d'une zone donnée ce qui renseigne sur plusieurs points importants :

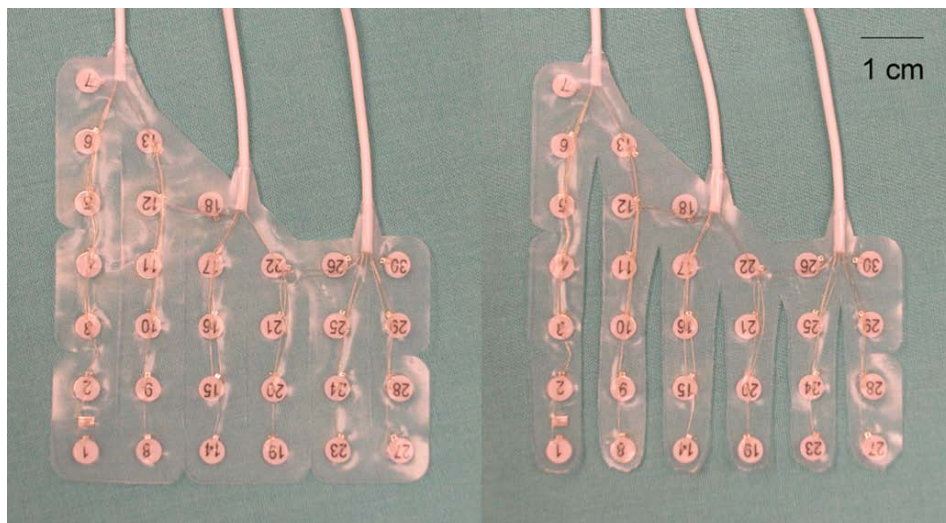


Figure 30 : grilles d'enregistrement de l'ECoG [68]

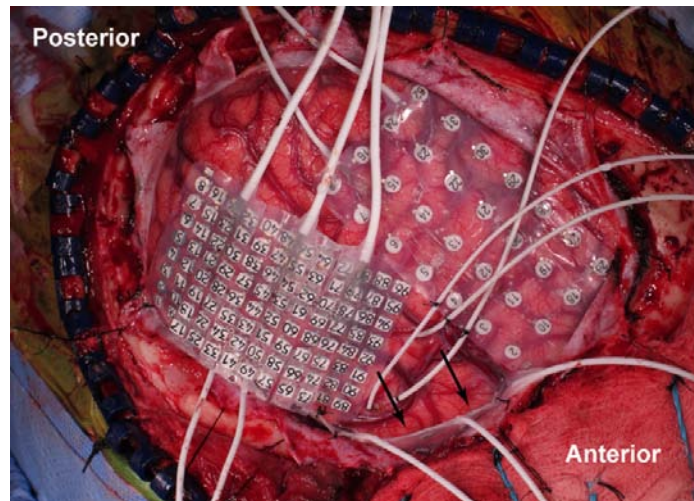


Figure 31 : image prise en peropératoire montrant le placement des grilles d'enregistrement de l'ECoG [68]

- Après une stimulation électrique sans réponse clinique : elle permet de faire la différence entre une stimulation insuffisante (absence de post-décharge) et une stimulation sur une zone non fonctionnelle (présence d'une post-décharge)
- Permet de déterminer le seuil optimal de stimulation en fonction de la topographie, condition pathologique (infiltration tumorale, épilepsie...)
- Permet de détecter les post-décharges à distance du foyer stimulé, et donc de connexions cortico-corticales, ainsi que les différentes aires participants ont une fonction donnée.

Schématiquement après une stimulation électrique, plusieurs cas de figure peuvent se produire :

**a) la stimulation n'entraîne pas de modification clinique :**

- si aucune post-décharge n'est enregistrée : cette zone n'est pas essentielle à la fonction testée ou n'a pas été inhibée suffisamment. Une stimulation sur la même région est appliquée avec une intensité ou une durée plus importante jusqu'à l'obtention d'une post-décharge locale ou d'une réponse clinique. En l'absence de modification clinique après

obtention d'une post-décharge, la zone est considérée comme non essentielle à la fonction. En revanche, l'apparition d'une modification clinique après une post-décharge locale en fait une zone essentielle à la fonction testée,

- si une post-décharge locale est enregistrée : cette région n'est pas essentielle à la fonction testée,
- si une post-décharge locorégionale est enregistrée : l'ensemble de cette région n'est pas essentielle à la fonction testée.

### **b) La stimulation entraîne une modification clinique :**

- si aucune post-décharge n'est enregistrée : Cette structure est essentielle à la fonction testée l'absence de post-décharge est considérée comme erreur qui sera notée.
- Si une post-décharge locale est enregistrée et une corrélation électro clinique entre l'arrêt de la post-décharge et la récupération clinique est observée : Cette région est essentielle à la fonction testée,
- Si une post-décharge locorégionale est enregistrée : la perturbation clinique peut être due à la désorganisation de chacune des zones impliquées, une stimulation sur la même région est alors appliquée avec une intensité ou une durée moindre jusqu'à l'obtention d'une post-décharge uniquement locale corrélée ou non à la modification clinique. En l'absence d'obtention d'une post-décharge uniquement focale liée à une modification clinique, un testing de l'ensemble des régions impliquées sera effectué afin d'identifier l'aire corticale la plus significativement associée à la modification clinique,
- une post-décharge locale et à distance est enregistrée : la perturbation de la tâche peut être due à la post-décharge locale ou à distance. Une stimulation sur la même région est alors appliquée avec une intensité ou une durée moindre jusqu'à l'obtention d'une post-décharge uniquement locale corrélée ou non à la modification clinique. Si tel est le cas, on se retrouve

dans la situation b. En l'absence d'une post-décharge uniquement focale, un testing de la région distante selon la même méthodologie sera alors effectué afin de déterminer laquelle des deux zones est responsable de la modification clinique.

L'enregistrement de l'ECOG peropératoire constitue donc un outil intéressant dans des chirurgies éveillées du cerveau. En effet, cet outil permet une amélioration de la sensibilité et de la spécificité des SED qui représentaient jusqu'à présent le Gold standard dans la chirurgie en zone fonctionnelle.

CONCLUSION

Le développement de la chirurgie éveillée a permis de réduire l'incidence des déficits neurologiques postopératoires, cependant ces déficits restent une des hantises qui préoccupe tout neurochirurgien opérant les tumeurs en zones éloquentes.

Les étiologies des déficits neurologiques suite à une chirurgie éveillée sont multiples et diverses, leur diagnostic repose sur une analyse minutieuse du déroulement du geste et sur l'imagerie postopératoire.

Afin d'obtenir de meilleurs résultats plusieurs facteurs sont nécessaires :

- en préopératoire : une bonne planification du geste, d'abord par une sélection des patients pouvant profiter au mieux de ce geste opératoire (absence de contre-indications, coopérant, états neurologiques...) et par la réalisation d'une cartographie préopératoire, possible grâce à des techniques d'imagerie particulièrement l'IRMf et la tractographie et qui permet d'optimiser les différentes étapes du geste.
- En peropératoire : une synergie et une coordination entre les différents intervenants (neurochirurgien, neuropsychologue, anesthésiste et le patient) ainsi que l'utilisation de certains outils qui facilitent le déroulement du geste, comme l'imagerie peropératoire (échographie, IRM, tractographie, neuronavigation), et les techniques de neuromonitoring (electrocorticographie).
- En postopératoire une surveillance rapprochée à court et à long terme et une rééducation précoce en cas de déficits neurologiques

*ANNEXES*

## ANNEXE 1 : FICHE D'EXPLOITATION

### Fiche D'EXPLOITATION

#### IDENTITÉ:

- ✓ Nom et Prénom : - Numéro dossier :
  - ✓ Age : - Sexe : M  F
  - ✓ Adresse : - Téléphone :
  - ✓ Profession : - Main dominante : D  G
  - ✓ Couverture sociale : Oui   
Non
- CNOPS  CNSS  RAMED  Autres :

#### ANTECEDENTS:

- Médicaux : oui  non
- Si oui, le(s)quel(s) : .....
- Chirurgicaux : oui  non
- Si oui, le(s)quel(s) : .....
- Familiaux : oui  non
- Si oui, le(s)quel(s) : .....

#### CLINIQUE :

##### - Début des symptômes :

##### - Circonstances de découverte :

- Syndrome d'HTIC
- Crises convulsives :  
Partielle  Généralisée
- Troubles de conscience
  
- Déficit sensitif   
moteur
- Troubles de langage
- Troubles de comportement

##### - Examen physique :

- GCS : /15
- Hémiplégie
- Hémi-parésie
- Aphasie
- Autres : .....



- cartographie sous-corticale (substance blanche) : oui  non
- coopération du patient : bonne  Assez bonne  Non coopérant
- étendu d'exérèse estimée :
  - totale
  - subtotale
  - partielle
  
- ✓ marge de sécurité (vis-à-vis des zones fonctionnelles) : oui  non
- ✓ survenu de crise convulsive : oui  non 
  - Si oui, Traitement administré : .....
  - Evolution : .....
- ✓ survenue d'œdème cérébral : oui  non
- ✓ survenu de complication d'anesthésie : oui  non 
  - si oui préciser : .....
- ✓ Autres incidents : oui  non 
  - si oui préciser : .....
- ✓ **Suites opératoires :**
  - **IRM de contrôle :**
    - étendu d'exérèse :
      - totale
      - subtotale  (< 10 cc)
      - partielle  (> 10 cc)
  - **Résultats Anatomopathologie :**
  - **Complications :** oui  non 
    - ✓ Méningite
    - ✓ Fistule du LCR
    - ✓ Suppuration intracrânienne
    - ✓ Hématome du foyer opératoire
    - ✓ Autres : .....

- déficits neurologique post-op : oui  non
- ✓ **délais d'apparition :**
- ✓ **moteur :**
  - Siege :
  - Intensité : /6
- ✓ **Sensitif :**
  - Siege :
  - Intensité :
- ✓ **Trouble du langage :** oui  non 
  - ✓ si oui préciser :.....
- ✓ **troubles cognitifs :** oui  non 
  - ✓ si oui préciser :.....
- ✓ **Autres :** .....
- ✓ Evolution à court terme :
  - Persistant
  - Régression
  - Aggravation
- ✓ **Evolution à moyen terme :**
  - persistance du déficit post-opératoire : oui  non 
    - si oui préciser :.....
  - Amélioration du déficit post-opératoire : oui  non 
    - si oui préciser degré d'amélioration.....
  - Contrôle d'épilepsie oui  non
  - Amélioration des symptômes présent en pré-opératoire oui  non
- ✓ **Evolution à long terme : (>3mois )**
  - Déficit permanant : oui  non
  - Amélioration Clinique : oui  non
  - Récidive : oui  non
  - Reopération : oui  non
  - Décès oui  non 
    - Si oui , préciser la date :.....

*RESUMES*

## RÉSUMÉ

La chirurgie éveillée des tumeurs cérébrales a pour objectif d'assurer une exérèse maximale des tumeurs qui siègent en zone éloquente tout en diminuant le risque de survenue de séquelles neurologiques. L'incidence des déficits neurologiques après cette chirurgie varie dans la littérature entre 13 et 80 % pour les déficits transitoires et entre 4,5 % et 13 % pour les séquelles permanentes. Le but de notre étude est de déterminer les facteurs de risque et les étiologies de ses complications dans notre série de cas et à travers une revue de littérature.

Notre travail concerne une étude rétrospective portant sur 20 cas de gliomes cérébraux opérés en condition éveillée, entre juin 2012 et septembre 2015, par l'équipe de neurochirurgie du CHU Mohamed VI de Marrakech. Dans notre série 20 % des patients ont présenté un déficit postopératoire immédiat et 10% ont gardé un déficit permanent.

Les facteurs de risques associés à la survenue de déficits neurologiques sont la proximité de la tumeur des zones éloquente, un déficit neurologique préopératoire, le repérage en peropératoire des faisceaux de substance blanche, la survenue d'incidents opératoires et l'échec du geste, l'exérèse incomplète de la tumeur.

Les déficits postopératoires peuvent être secondaires à des lésions corticales ou sous corticales, à des causes vasculaires ischémiques ou hémorragiques, ou à un œdème cérébral. Le diagnostic repose sur l'analyse du déroulement du geste et sur l'imagerie cérébrale postopératoire.

Les moyens de prise en charge des déficits neurologiques sont limités à une rééducation précoce, il est donc nécessaire de prévenir leur survenue, bonne planification du geste notamment par une cartographie préopératoire, et de s'aider par les différentes techniques de neuromonitoringélectrophysiologique et d'imagerie cérébrale peropératoire.

## ABSTRACT

Awake craniotomy for brain tumors aims to ensure maximum tumor resection in eloquent area while decreasing the risk of occurring neurological sequel.

The incidence of neurological deficits after this kind of surgery varies in the literature between 13% and 80% for transitional deficits and between 4.5% and 13% for permanent sequelae. The aim of our study was to determine risk factors and causes of complications in our series of cases and through a literature review.

Our work provides a retrospective study of 20 cases of brain gliomas surgery in awake condition between June 2012 and September 2015 by the neurosurgery team at the University Hospital Mohamed VI of Marrakech. In our experience 20% of patients had a postoperative immediate deficit and 10 % had a permanent neurological deficit

Risk factors associated with the occurrence of neurological deficits were the proximity of the tumour to eloquent areas, preoperative neurological deficits, identifying intraoperative white matter tracts , intraoperative incidents and the failure of the gesture, and incomplete removal of the tumour.

Postoperative deficits may be secondary to lesions of the cortex or with matter tracts, ischemic or hemorrhagic causes, or cerebral edema. Diagnosis is based on the analysis of the progress of the gesture and postoperative brain imaging.

Treatment of neurological deficits is limited to early rehabilitation, that's why it is necessary to prevent their occurring, by proper planning of the gesture and including preoperative mapping, also by the use of electrophysiological neuromonitoring techniques and intraoperative brain imaging.

## ملخص

يتم اللجوء للجراحة في حالة استيقاظ من اجل الاستئصال الكامل للاورام الدماغية المتمركزة بالمناطق الوظيفية الاساسية مع خفض نسبة التسبب في عاهات عصبية

تتراوح نسبة العاهات العصبية بعد هذا النوع من الجراحة ما بين 13 و 80 في المئة بالنسبة للعاهات المؤقتة و 4,5 الى في المئة 13 في المئة بالنسبة للعاهات العصبية المستديمة. الهدف من هذه الدراسة هو تحديد العوامل المساهمة و اسباب هاته المضاعفات العصبية التي تم نشرها في مختلف الدراسات العلمية

نقدم دراسة استيعادية تشمل 20 مريضا مصابون بأورام دماغية دبقية , اجريت لهم جراحة دماغية مستيقظة بمصلحة جراحة الدماغ والاعصاب بالمركز الإستشفائي الجامعي محمد السادس بمراكش في الفترة الممتدة ما بين يونيو 2012 و سبتمبر 2015 .

20 في المئة من الحالات عانو من مضاعفات عصبية مؤقتة و 10 في المئة من الحالات عانو من مضاعفات مستديمة

العوامل المرتبطة بحصول هذه المضاعفات هي , قرب الورم من المناطق الوظيفية , وجود اعراض عصبية عند المريض , حدوث تعقيدات اثناء الجراحة او فشل الجراحة , الاستئصال الغير كامل للورم. اما بالنسبة للاسباب فتتمثل في جروح او استئصال مناطق وظيفية او جرح المادة البيضاء تحت القشرة الدماغية , او مشاكل في الاوعية يترتب عنها نزيف او نقص الاكسجة , او وذمة دماغية. و لمعرفة السبب يتم مراجعة العوامل المرتبطة بالجراحة و تقنيات التصوير الدماغية

يعتبر الترويض الطبي المبكر العلاج الوحيد لهذه المضاعفات , و تبقى الوقاية خير علاج وذلك بالاستعداد القبلي للعملية الجراحية و الاسعانة بتقنيات مراقبة الوضيفة العصبية و التصوير الدماغية داخل قاعة العمليات

*RREFERENCES*

**[1] Pichlmeier U, Bink A, Schackert G, Stummer W; ALA Glioma Study Group**

Resection and survival in glioblastoma multiforme: an RTOG recursive partitioning analysis of ALA study patients.

NeuroOncol 10(6) 2008 : 1025-1034.

**[2] McGirt MJ, Chaichana KL, Gathinji M, Attenello FJ, Than K et al. (2009)**

Independent association of extent of resection with survival in patients with malignant brain astrocytoma.

J Neurosurg 110(1) 2009: 156-162.

**[3] McGirt MJ, Chaichana KL, Attenello FJ, Weingart JD, Than K et al.**

Extent of surgical resection is independently associated with survival in patients with hemispheric infiltrating low-grade gliomas.

Neurosurgery 63 (4) 2008:700-707.

**[4] Shaw EG, Berkey B, Coons SW, Bullard D, Brachman D et al.**

Recurrence following neurosurgeon-determined gross-total resection of adult supratentorial low-grade glioma: results of a prospective clinical trial.

Journal of Neurosurgery; 109(November (2008)): 835-841.

**[5] McGirt MJ et al.**

Association of surgically acquired motor and language deficits on overall survival after resection of glioblastoma multiforme.

Neurosurgery 65(3):463–469, discussion 469–70

**[6] Mahmood Ghazanwy, Rajkalyan Chakrabarti, Anurag Tewari, and Ashish Sinha.**

Awake craniotomy: A qualitative review and future challenges.

Saudi J Anaesth. 2014 Oct-Dec; 8(4): 529–539

**[7] Brimacombe J.**

The advantages of the LMA over the tracheal tube or facemask: a meta-analysis.

Can J Anaesth. 1995 Nov;42(11):1017–23.

**[8] Andrea Szélényi, Lorenzo Bello, Hugues Duffau, Enrica Fava, Guenther C. Feigl, Miroslav Galanda, Georg Neuloh, Francesco Signorelli, Francesco Sala, and Workgroup for Intraoperative Management in Low- Grade Glioma Surgery within the European Low- Grade Glioma Network.**

Intraoperative electrical stimulation in awake craniotomy: methodological aspects of current practice.

Neurosurg Focus 28 (2):E7, 2010

**[9] Laurent RIFFAUD Service de Neurochirurgie CHU de Rennes Anatomie clinique du système nerveux central.**

[https://facmed.univrennes1.fr/wkf/stock/RENNES20080208093759IriffaudAnatomie\\_SNC\\_texte.pdf](https://facmed.univrennes1.fr/wkf/stock/RENNES20080208093759IriffaudAnatomie_SNC_texte.pdf)

**[10] Jacques Lehouelleur .**

NEUROANATOMIE FONCTIONNELLE

[neur-one.fr/neuro%20anatomie%20fonctionnelle%20II.pdf](http://neur-one.fr/neuro%20anatomie%20fonctionnelle%20II.pdf)

**[11] schémas d'anatomie .site web de la faculté de médecine de Brest.**

[http://www-connexe.univ-brest.fr/S\\_Commune/Biblio/ANATOMIE/Web\\_anat/](http://www-connexe.univ-brest.fr/S_Commune/Biblio/ANATOMIE/Web_anat/).

**[12] Hugues Duffau.**

Nouveautés dans la chirurgie des gliomes cérébraux : vers un acte personnalisé.

e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2013, 12 (1) : 019-024

**[13] A Krainik, A Feydy, JM Colombani, A Hélias et Y Menu.**

Anatomie fonctionnelle du système nerveux central.

J Radiol 2003;84:285-97

**[14] François Bonnetblanc, Michel Desmurget, Hugues Duffau.**

Gliomes de bas grade et plasticité cérébrale Implications fondamentales et cliniques.

medecine/sciences 2006 ; 22 : 389-94

**[15] HuguesDuffau**

Acute functional reorganisation of the human motor cortex during resection of central lesions: a study using intraoperative brain mapping .

NeuroI Neurosurg Psychiatry 2001;70:506–513

**[16] HuguesDuffau.**

Lessons from brain mapping in surgery for low-grade glioma: insights into associations between tumour and brain plasticity.

Lancet Neurol 2005; 4: 476–86

**[17] H Duffau, D Denvil, L Capelle.**

Long term reshaping of language, sensory, and moto maps after glioma resection: a new parameter to integrate in the surgical strategy.

J NeuroI Neurosurg Psychiatry 2002;72:511–516

**[18] Derek G. Southwell, Shawn L. Hervey- Jumper, David W. Perry, and Mitchel S. Berger**

Intraoperative mapping during repeat awake craniotomy reveals the functional plasticity of adult cortex.

Journal of Neurosurgery, May 2016 / Vol. 124 / No. 5 : Pages 1460-1469

**[19] Giannantonio S. Et al**

Supratentorial Gliomas in Eloquent Areas: Which Parameters Can Predict Functional Outcome and Extent of Resection?

Public Library of Science (PLoS) DECEMBER 2013

**[20] R. WHITTLE et al**

Brain dysfunction following 'awake' craniotomy, brain mapping and resection of glioma.

British Journal of Neurosurgery, April 2003; 17(2): 130-137

**[21] Sawaya R. et al.**

Neurosurgical Outcomes in a Modern Series of 400 Craniotomies for Treatment of Parenchymal Tumors.

Neurosurgery Volume 42(5), May 1998, pp 1044-1055

**[22] Shinoura N, Midorikawa A, Yamada R, Hana T, Saito A, Hiromitsu K, et al.**

Awake craniotomy for brain lesions within and near the primary motor area: A retrospective analysis of factors associated with worsened paresis in 102 consecutive patients.

Surg Neurol Int 2013; 4:149.

**[23] Victoria T. et al.**

Subcortical Injury Is an Independent Predictor of Worsening Neurological Deficits Following Awake Craniotomy Procedures.

Neurosurgery 72:160-169, 2013

**[24] S. Kim et al.**

Awake craniotomy for brain tumors near eloquent cortex: correlation of intraoperative cortical mapping with neurological outcomes in 309 consecutive patients.

Neurosurgery 64:836–846, 2009

**[25] Sanai N, Mirzadeh Z, Berger MS**

Functional outcome after language mapping for glioma resection.

N Engl J Med 358:18–27, 2008.

**[26] Sepehr Sani , Carter S. Gerard , and Richard W. Byrne**

Practical Application of Preoperative and Intraoperative Cortical Mapping in Surgery.

Springer International Publishing Switzerland 2016–159 R.W. Byrne (ed.), Functional Mapping of the Cerebra

**[27] King RB, Schell GR**

Cortical localization and monitoring during cerebral operations.

J Neurosurg 67:210–219, 1987.

**[28] Zakhary R, Keles GE, Berger MS**

Intraoperative imaging techniques in the treatment of brain tumors.

Curr Opin Oncol 11:152–156, 1999.

**[29] Haglund MM, Berger MS, Shamseldin M, Lettich E, Ojemann GA**

Cortical localization of temporal lobe language sites in patients with gliomas.

Neurosurgery 34:567–576, 1994.

**[30] Hugues Duffau**

Nouveautés dans la chirurgie des gliomes cérébraux vers un acte personnalisé.

e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie, 2013, 12 (1) : 019-024

**[31] KELES GE, LUNDIN DA, LAMBORN KR, CHANG EF, OJEMANN G, BERGER MS.**

Intraoperative subcortical stimulation mapping for hemispherical peritumoral gliomas located within or adjacent to the descending motor pathways: evaluation of morbidity and assessment of functional outcome in 294 patients.

J Neurosurg 2004 ; 100 : 369-375.

**[32] D. Taylor et al**

Awake craniotomy with brain mapping as the routine surgical approach to treating patients with supratentorial intra-axial tumors: a prospective trial of 200 cases.

J Neurosurg 90:35-41, 1999

**[33] Andrea Talacchi.**

Awake surgery between art and science. Part I: clinical and operative settings.

Functional Neurology 2013; 28(3): 205-221

**[34] N. Shinoura M. Yoshida R. Yamada Y. Tabei K. Saito Y. Suzuki K. Yagi.**

Combined Damage to the Right Hemispheric Hand Area in the Primary Motor and Sensory Area Plays a Critical Role in Motor Hemineglect .

EurNeurol 2010;63:17–23

**[35] Vikram C. et al.**

Avoidance and management of trigeminocardiac reflex complicating awake-craniotomy.

Clinical neurology and neurosurgery Volume 110, Issue 10, Pages 1064–1067 .2008

**[36] ErezNossek et al .**

Failed awake craniotomy: a retrospective analysis in 424patients undergoing craniotomy for brain tumor.

J Neurosurg 118:243–249, 2013

**[37]H.Duffeau**

Cartographie cérébrale fonctionnelle par stimulation électrique directe cortico-sous-corticale per-opératoire.

L'encyclopédie neurochirurgicale 2014

**[38] Nathan SS, Lesser RP, Gordon B, ThakorNV**

Electrical stimulation of the human cerebral cortex.

Theoretical approach.AdvNeurol 63:61–85, 1993.

**[39]Berger MS, Ojemann GA**

Intraoperative brain mapping techniques in neuro-oncology.

Stereotact Funct Neurosurg 58:153-161, 1992.

**[40] A. Trebuchon, M. et al**

.Intérêt du monitoring électrophysiologique au cours d'une chirurgie éveillée en neurochirurgie.  
Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation Volume 31, Issue 6, June 2012

**[41] Denys Fontaine, M.D., Laurent Capelle, M.D., Hugues Duffau, M.D. Ph.D.**

Somatotopy of the Supplementary Motor Area: Evidence from Correlation of the Extent of Surgical Resection with the Clinical Patterns of Deficit.

Neurosurgery. 2002 Feb;50(2):297-303; discussion 303-5.

**[42]Duffau H, Lopes M, Denvil D, Capelle L.**

Delayed onset of the supplementary motor area syndrome after surgical resection of the mesial frontal lobe: a time course study using intraoperative mapping in an awake patient.

StereotactFunctNeurosurg. 2001;76(2):74-82.

**[43] Duffau H, Denvil D, Lopes M, Gasparini F, Cohen L, Capelle L, Van Effenterre R.**

Intraoperative mapping of the cortical areas involved in multiplication and subtraction: an electrostimulation study in a patient with a left parietal glioma.

J NeurolNeurosurg Psychiatry 2002;73:733—820.

**[44] Schiffbauer H et al.**

Functional activity within brain tumors: a magnetic source imaging study.

Neurosurgery. 2001 Dec;49(6):1313-20

**[45] DUFFAU H, CAPELLE L, DENVIL D, SICHEZ N, GATIGNOL P, TAILLANDIERL, et al.**

Usefulness of intraoperative electrical subcortical mapping during surgery for low-grade gliomas located within eloquent brain regions: functional results in a consecutive series of 103 patients.

J Neurosurg 2003 ; 98 : 764-778.

**[46] Ashley N.**

Selner. Somatosensory- and Motor-Evoked Potentials in Surgery of Eloquent Cortex Under General Anesthesia: Advantages and Limitations.

Springerlink: Functional Mapping of the Cerebral Cortex . pp 115-139 .2016

**[47] Haglund MM, Berger MS, Shamseldin M, Lettich E, Ojemann GA**

Cortical localization of temporal lobe language sites in patients with gliomas.

Neurosurgery 34:567-576, 1994.

**[48] Skirboll S., Ojemann G. Berger MS Lettich E, Winn HR.**

Functional cortex and subcortical white matter located within gliomas.

Neurosurgery. 1996 Apr;38(4):678-84

**[49] Ius T, Angelini E, Thiebaut de Schotten M, Mandonnet E, Duffau H.**

Evidence for potentials and limitations of brain plasticity using an atlas of functional resectability of WHO grade II gliomas: towards a "minimal common brain".

Neuroimage. 2011; 56(3) :992-1000.

**[50] FREDERICK F. LANG**

Surgical resection of intrinsic insular tumors: complication avoidance.

J Neurosurg 95:638–650, 2001

**[51] S. Ulmer et al.**

Clinical and Radiographic features of peritumoral infarction following resection of glioblastoma.

NEUROLOGY 2006;67:1668–1670

**[52] JUSTIN S. SMITH et al.**

Serial diffusion-weighted magnetic resonance imaging in cases of glioma: distinguishing tumor recurrence from postresection injury.

J Neurosurg 103:428–438, 2005

**[53] Marc A. et al.**

Postoperative intracranial haemorrhage: a review.

NeurosurgRev(2011)34:393–407

**[54] Taylor W, Thomas N, Wellings J, Bells B**

Timing of postoperative intracranial haematoma development and implications for the best use of neurosurgical intensive care.

J Neurosurg 82:48–50.1995

**[55] Kathleen Joy Khu, Wai Hoe Ng .**

Intraoperative swelling leading to neurological deterioration: An argument. *Journal of Clinical Neuroscience* 16 (2009) 886–888

**[56] M. Rasmussen et al**

Craniotomy for supratentorial brain tumors: risk factors for brain swelling after opening the dura mater.

*J Neurosurg* 101:621–626, 2004

**[57] franck- emmanuel roux et al .**

language functional magnetic resonance imaging in preoperative assessment of language areas: correlation with direct cortical stimulation *Neurosurgery* 52:1335–1347, 2003

**[58] Roessler K .et al**

Evaluation of preoperative high magnetic field motor functional MRI (3 Tesla) in glioma patients by navigated electrocortical stimulation and postoperative outcome.

*J NeurolNeurosurg Psychiatry*. 2005 Aug;76(8):1152–7.

**[59]Nimsky C, Ganslandt O, Buchfelder M, Fahlbusch R.**

Intraoperative visualization for resection of gliomas: the role of functional neuronavigation and intraoperative 1.5 T MRI.

*Neurol Res*. 2006;28(5):482–487. [PubMed: 16808876]

**[60] Hall WA, Liu H, Truwit CL.**

Functional magnetic resonance imaging-guided resection of low grade gliomas.

Surgical neurology. 2005; 64(1):20–27. discussion 7. [PubMed: 15993174]

**[61] Li ZX et Al.**

Function magnetic resonance imaging and diffusion tensor tractography in patients with brain gliomas involving motor areas: clinical application and outcome.

ZhonghuaWaiKeZa Zhi. 2006 Sep 15;44(18):1275–9.

**[62] Xie J et al .**

Preoperative blood oxygen level-dependent functional magnetic resonance imaging in patients with gliomas involving the motor cortical areas.

Chin Med J (Engl). 2008 Apr 5;121

**[63] Diana Ghinda et al**

Contribution of combined intraoperative electrophysiological investigation with 3-T intraoperative MRI for awake cerebral glioma surgery: comprehensive review of the clinical implications and radiological outcomes.

Neurosurg Focus 40 (3):E14, 2016

**[64] Anne Cotten, Erwan Kermarrec , Antoine Moraux , Jean- FrancoisBudzik.**

Nouvelles séquences IRM.

Revue du Rhumatisme 76 (2009) 949–951

**[65] C Oppenheim , DDucreux , S Rodrigo , J Hodel , T Tourdias , F Charbonneau ,S Pierrefitte et JF Meder.**

Imagerie en tenseur de diffusion et tractographie de l'encéphale et de la moelle.

JRadiol 2007;88:510-20

**[66] Romano A1, D'Andrea G, Minniti G, Mastronardi L, Ferrante L, Fantozzi LM, Bozzao A**

Pre-surgical planning and MR-tractography utility in brain tumour resection.

EurRadiol. 2009 Dec;19(12):2798-808.

**[67] AstaHåberg et al.**

Preoperative Blood Oxygen Level-dependent Functional Magnetic Resonance Imaging in Patients with Primary Brain Tumors: Clinical Application and Outcome.

Neurosurgery 54:902-915, 2004

**[68] Taylor J Abel, Ariane E Rhone, Kirill V Nourski, Mark A Granner, Hiroyuki Oya, Timothy D Griffiths, Daniel T Tranel, Hiroto Kawasaki1 and Matthew A Howard III**

Mapping the temporal pole with a specialized electrode array: technique and preliminary results.

Physiol. Meas. 35 (2014) 323-337

**[69] Rasmussen T, Milner B.**

The role of early left-brain injury in determining lateralization of cerebral speech functions.

Ann N Y Acad Sci. 1977 Sep 30;299:355-69

**[70] David Low and coll**

Awake Craniotomy Under Local Anaesthesia and Monitored Conscious Sedation for Resection of Brain Tumours in Eloquent Cortex – Outcomes in 20 Patients.

Ann Acad Med Singapore 2007;36:326-31

**[71] Philip C. De Witt Hamer, Santiago Gil Robles, Aeilko H. Zwinderman, Hugues Duffau, and Mitchel S. Berger**

Impact of Intraoperative Stimulation Brain Mapping on Glioma Surgery Outcome: A Meta-Analysis.

JOURNAL OF CLINICAL ONCOLOGY VOLUME 30 \_ NUMBER 20 \_ JULY 10 2012

**[72] Ari George Chacko, Santhosh George Thomas, K. Srinivasa Babu** Awake craniotomy and electrophysiological mapping for eloquent area tumours.

Clinical Neurology and Neurosurgery 115 (2013) 329- 334

**[73] Carpentier A, Lehericy S, Duffau H, Cornu P, Krainik A, Hertz-Pannier L et al.**

Méthodes modernes d'aide à la chirurgie tumorale In: Philippon J, editor.

Tumeurs cérébrales. Paris: Éditions Masson; 2004. p. 51-64.

# قسم الطبيب

أقسم بالله العظيم

أنار اقبله في مهنتي  
وأنأصون حياة الإنسان في كافة أطوارها في كل الظروف  
والأحوال البادية والوسعية في استنقاذها من الهلاك والمرض  
والألم والقلق .

وأنأحفظ للناس سكرامتهم، وأستر عورتهم، وأكتم سرهم

وأنأكون عدلاً و أميناً وسائلاً رحمة الله، بأذلال عايتي الطبية للقريبو البعيد،  
للصالحو الطالح، والصديقو العدو .

وأنأأبر علطبالعلم، أسخره لنفع الإنسان . لا لأذاه .  
وأنأؤقر من علمني، وأعلمني صغري، وأكون أخالكز مليفيا المهنة الطبية  
متعاونين عدالبرو التقوى .

وأنتكون حياتي مصداقاً لآيمان فيسريو علانيتي، نقية مما يشينها تجاهلهورسؤلهور المؤمنين .

والله علما أقول لشهيد

أطروحة رقم 134

سنة 2016

تحليل للعاهات العصبية بعد جراحة الأورام الدماغية بتقنية الجراحة  
المستيقظة. تجربة مصلحة جراحة الاعصاب و الدماغ بالمركز الاستشفائي  
الجامعي محمد السادس بمراكش و مراجعة للمنشورات العلمية

الأطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم 11/07/2016

من طرف

السيد محمد أوحا

المزاد في 22/11/1990 بوارزازات

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية :

الاورام الدبقية - اللغة - الحركة - الجراحة في حالة اليقظة - التحفيز الكهربائي المباشر - رسم خرائط -  
مضاعفات ما بعد الجراحة - عجز عصبي

اللجنة

الرئيس	السيد	ع. الراجي
		أستاذ في جراحة الأنف والأذن والحنجرة
المشرف	السيد	س. أيت بنعلي
		أستاذ في جراحة الدماغ والأعصاب
	السيد	ع. أخضار
		أستاذ في جراحة الدماغ والأعصاب
	السيد	م. الغماري
		أستاذ مبرز في جراحة الدماغ والأعصاب
الحكام	السيدة	ن. عدلي
		أستاذة مبرزة في طب الأعصاب