



# **IRM CEREBRALE :** **Ce que doit connaître le réanimateur**

---

Dr M. OLLIVIER (Bordeaux)

# **IRM cérébrale : ce que doit connaître le réanimateur.**

Dr Ollivier Morgan, Service de neuroradiologie, CHU Pellegrin, Bordeaux

## **INTRODUCTION À L'IRM ET RAPPEL DES DIFFÉRENTES SÉQUENCES**

### **Introduction**

L'IRM est basée sur l'émission d'ondes de radio fréquences par les protons du corps humains, placés dans un champ magnétique intense.

Le champ magnétique est toujours présent dans l'environnement de l'appareil d'IRM, même quand celui-ci n'acquiert pas de séquence. De ce fait, il existe un réel risque «d'effet projectile» si des objets ferromagnétiques tels qu'un obus d'oxygène, un moniteur de surveillance ou un respirateur de transport pénètrent dans la pièce dédiée à l'IRM.

Le monitoring se fait à l'aide d'un matériel adapté non ferromagnétique préinstallé dans la pièce. L'utilisation de seringues électriques est possible, celles-ci doivent alors être positionnées à distance de l'appareil d'IRM, parfois en dehors de la pièce d'IRM : des rallonges de perfusion, de grande taille, sont à prévoir avant le transport du patient.

La présence d'instruments ferromagnétiques, intracrâniens, oculaires ou médullaires est une contre-indication formelle à la réalisation d'une IRM. Il s'agit en particulier des anciens clips anévrysmaux et des projectiles. Les coils ne sont pas ferromagnétiques. Certains dispositifs de mesure de pression intracrânienne sont incompatibles avec l'IRM (cathéter "Camino" par exemple). Les pacemakers (PM) sont une contre-indication relative, certains modèles sont IRM compatibles mais il existe un risque de déplacement, de réchauffement ou de dérèglement de l'instrument. L'examen doit se dérouler en présence d'un cardiologue, après arrêt du PM, sous surveillance rapprochée, avec une protocole IRM adapté (1,5T > 3T) et une durée d'examen la plus courte possible. La compatibilité des différents dispositifs médicaux implantés (implant cochléaire, neurostimulateur, PM, holter implantable, valve cardiaque mécanique...) doit être vérifiée avant toute IRM sur des sites dédiés (<http://www.securirm.com/compatibilite/>).

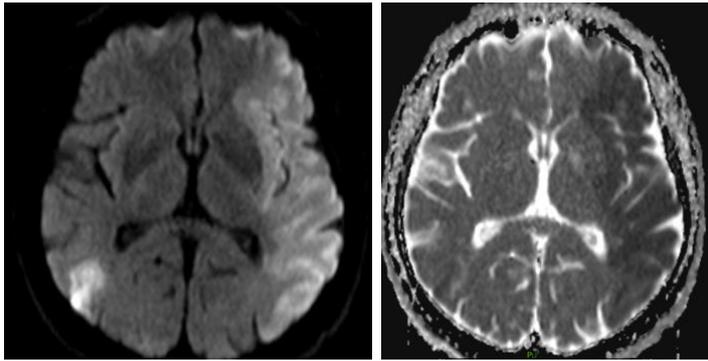
### **Séquences**

#### **Diffusion**

L'IRM de diffusion explore les micro-mouvements des molécules d'eau. La diffusion de ces molécules peut être libre (comme dans le LCR) ou restreinte (par les membranes cellulaires, les macromolécules, les fibres...). Elle peut s'effectuer dans toutes les directions de l'espace (diffusion isotrope) ou de façon préférentielle dans une direction donnée (diffusion anisotrope) comme dans les fibres nerveuses.

La pondération en diffusion découle de l'application de gradients de diffusion orientés dans chacune des 3 directions de l'espace. Avec 2 acquisitions de facteurs b différents (typiquement  $b = 0$  et  $1000 \text{ s/mm}^2$ ), on peut calculer le coefficient de diffusion apparent (ADC). Pour étudier l'anisotropie de la diffusion et la direction de la diffusion au sein des voxels, il faut multiplier le nombre de directions de diffusion à acquérir (au moins 6 pour le modèle du tenseur de diffusion) pour reconstituer le trajet de fibres nerveuses (tractographie de fibres).

L'intérêt essentiel de cette séquence est que seul un nombre très limité de pathologies entraînent une diminution de l'ADC. Il s'agit en particulier des abcès et de l'anoxo-ischémie à la phase aiguë.



A

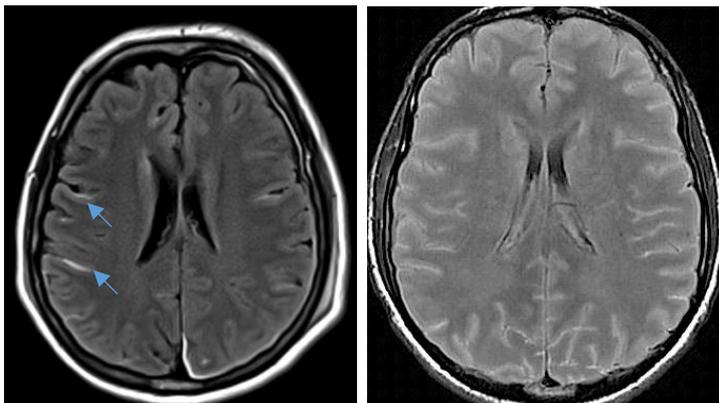
B

*Séquence de de diffusion (A) et cartographie ADC (B) : Infarctus sylvien superficiel gauche récent, AVC jonctionnel postérieur droit semi-récent.*

### FLAIR

La séquence FLAIR permet de dépister la plupart des lésions. La SB est en hyposignal / SG, le liquide céphalorachidien (LCR) est en hyposignal et les anomalies se présentent sous la forme d'hypersignaux intraparenchymateux ou méningés (dans le cas de l'hémorragie méningée ou des méningites).

La séquence T2, peut compléter la séquence FLAIR notamment pour une étude plus fine des hippocampes, du tronc cérébral ou de formations kystiques.



A

B

*Séquence FLAIR. Hémorragie sous arachnoïdienne au sein de quelques sillons (flèche) et lame d'hématome sous dural hémisphérique gauche (A). Hypersignaux FLAIR diffus des espaces sous arachnoïdiens lors d'une méningite bactérienne (B).*

### Angiographie par résonance magnétique (ARM)

#### ❖ TOF (Time of Flight)

Il s'agit d'une séquence vasculaire sans injection de gadolinium.

Elle est très largement utilisée dans les AVC pour mettre en évidence une occlusion artérielle intracrânienne, un vasospasme, mais également les anévrismes intracrâniens.

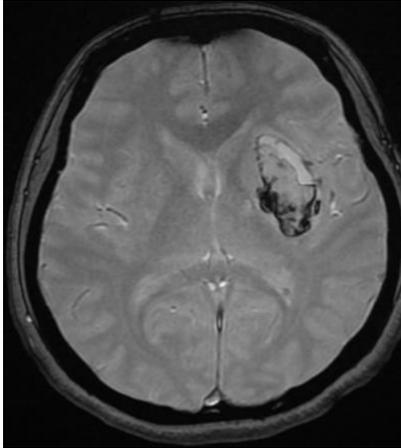
#### ❖ ARM après injection de gadolinium : ARM des TSA

❖ Devant une suspicion de dissection on pourra réaliser une nouvelle IRM avec séquence 3D T1 black blood, permettant de chercher un hématome pariétal en hypersignal T1 spontané.

❖ ARM 4D : Il s'agit d'une ARM 3D avec en plus la visualisation en temps réel de l'arrivée du bolus de gadolinium dans les artères, puis les capillaires et les veines. Elle permet de mettre en évidence les shunts artério-veineux (malformation artério-veineuse, fistule durale).

### T2\*, SWI (imagerie de susceptibilité magnétique)

Ce sont des séquences sensibles à la présence du sang, visible en franc hyposignal. Elles permettent donc de détecter les hématomes, les microsaignements (surtout le séquence SWI qui est plus sensible) dans les lésions axonales diffuses, l'angiopathie amyloïde et aussi les cavernomes.



*Séquence T2\*. Hématome aigu profond lenticulaire gauche, bordé d'un hyposignal en T2\**

### T1 avant et après injection de gadolinium

Les séquences T1 après injection de gadolinium peuvent mettre en évidence un rehaussement lésionnel qui peut être lié à la rupture de la barrière émato-encéphalique (BHE) et /ou une néoangiogénèse (tumeur). Elle est indispensable dans l'exploration de la pathologie tumorale mais également inflammatoire ou infectieuse.

### Perfusion cérébrale

L'IRM de perfusion permet de mesurer de façon relative et/ou absolue les paramètres de la microvascularisation cérébrale comme le volume sanguin cérébral, le début sanguin cérébral... Elle fait appel à un traceur exogène (produit de contraste : Gadolinium) ou endogène (marquage de spins en ASL). Les principales applications de l'IRM de perfusion sont les pathologies vasculaires (AVC ischémique, vasospasme) et tumorales.

### Spectroscopie par résonance magnétique (SRM)

Le spectre de résonance permet d'identifier les métabolites grâce à la position du (ou des) pic(s), déterminée par le déplacement chimique (ppm).

La SRM autorise l'étude du métabolisme cérébral. Elle permet de détecter une souffrance cérébrale non visible sur les séquences conventionnelles. Le marqueur le plus important est le N-acétyl-aspartate (NAA), acide aminé présent uniquement dans les neurones et dont les variations permettent d'étudier la viabilité et l'état fonctionnel de ces cellules. En cas d'anoxie, on peut également retrouver la présence anormale de lactate. Les domaines d'application de la SRM sont essentiellement : les tumeurs, les pathologies inflammatoires et infectieuses et les pathologies métaboliques.

## PATHOLOGIES DE NEURORÉANIMATION : DIAGNOSTIC EN IRM

### L'ischémie cérébrale

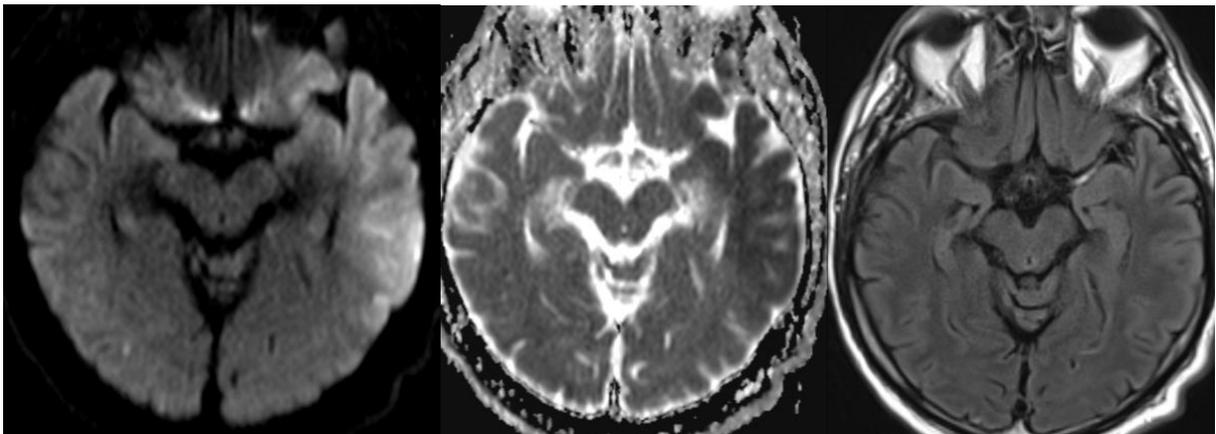
#### - AVC

L'IRM est l'examen de référence, car la sensibilité et la spécificité de l'IRM sont bien supérieures à celle du scanner. L'œdème cytotoxique, secondaire à la baisse du débit sanguin cérébral, induit une diminution de la diffusion de l'eau extra cellulaire détectable très précocement sur la séquence de diffusion.

La séquence de diffusion permet de confirmer le diagnostic d'AVC aigu et de reconnaître l'étendue de l'infarctus cérébral dès la première heure ; l'ischémie apparaît en hypersignal diffusion avec chute de l'ADC, elle est systématisée à un territoire vasculaire. Vers le 10ème jour, l'ADC se normalise alors que la diffusion reste positive bien plus longtemps (jusque 60 jours). L'hypersignal en FLAIR apparaît à partir de 4- 4,5 heures.

La séquence pondérée en écho de gradient T2\* permet d'éliminer un AVC hémorragique ou une transformation hémorragique aiguë dès les premières heures de l'accident neurologique. Cette séquence permet également de montrer l'artéfact du thrombus intra-artériel en hyposignal marqué au niveau de l'artère occluse.

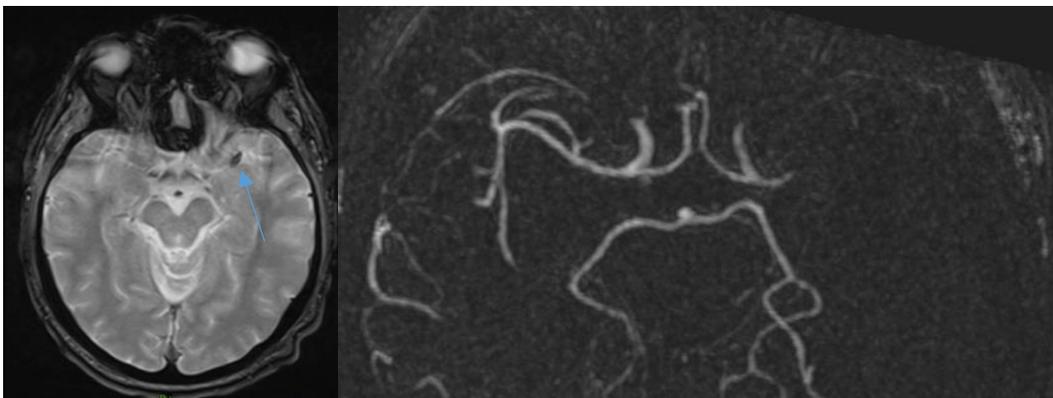
La séquence en perfusion recherche une zone d'oligémie qui, en comparaison avec la cartographie de restriction de la diffusion, permet d'apprécier l'existence d'une région de « pénombre ischémique ». L'ARM TOF du polygone de Willis explore sa perméabilité et identifie une occlusion ou une sténose.



A

B

C



D

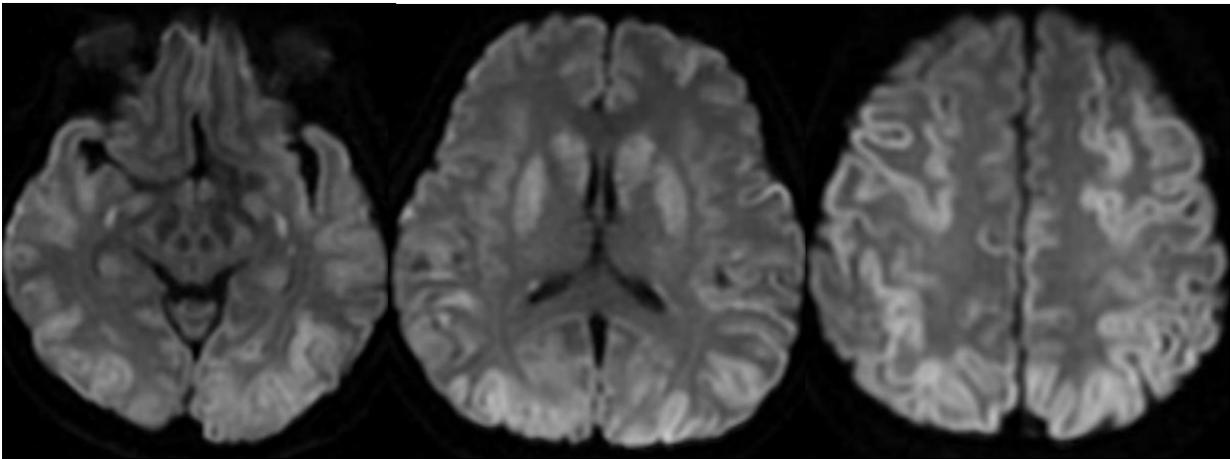
E

*AVC sylvien superficiel gauche récent en hypersignal diffusion (A) avec restriction de l'ADC (B), non visible en FLAIR (C), avec thrombus (flèche) du segment M1 gauche visible en T2\*. Occlusion M1 gauche sur le TOF (E).*

- **Vasospasme** (cf HSA)
- **Anoxo-ischémie**

Les lésions d'encéphalopathie anoxo-ischémique prédominent sur la substance grise dont le métabolisme requière plus d'oxygène et de glucose que la substance blanche : noyaux gris centraux, cortex (en particulier péri-central et occipital), hippocampe. L'imagerie de diffusion est la plus sensible dès la phase précoce montrant un œdème cytotoxique.

L'évolution vers la nécrose laminaire du cortex, dans le courant de la 2<sup>ème</sup> semaine, peut se voir en hypersignal T1 spontané, secondaire à l'accumulation de débris protéiques liés à la mort cellulaire.

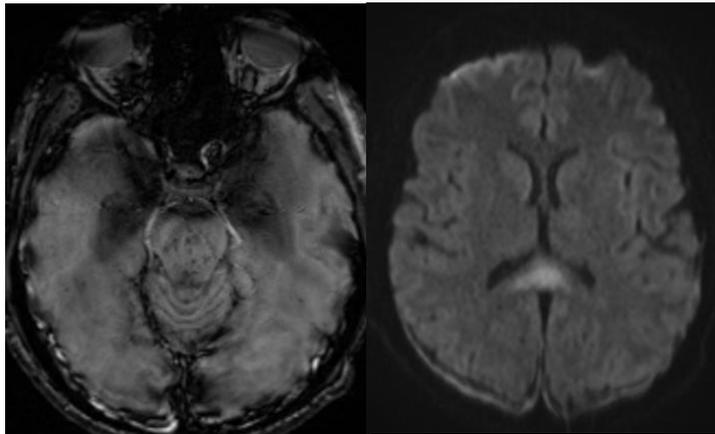


*Encéphalopathie anoxo-ischémique. Hypersignal diffusion diffus du cortex et des noyaux gris centraux*

### **Traumatisme crânien grave**

L'IRM n'a pas sa place dans le bilan initial du TC, mais plutôt à visée pronostic, elle permet un bilan exhaustif des lésions. Les forces d'accélération-décélération et de rotation appliquées à l'encéphale lors du traumatisme se traduisent par des lésions de cisaillements des fibres nerveuses. Ces lésions de la substance blanche appelées **lésions axonales diffuses** (LAD) sont localisées aux zones de jonctions de tissus de densités ou de masses différentes, elles peuvent être hémorragiques ou ischémiques.

Les LAD peuvent être retrouvées chez les patients ayant présenté des troubles de la conscience dans les suites de leur TCG, avec un scanner qui peut être normal. Elles siègent préférentiellement à la jonction entre la substance grise et substance blanche des lobes frontaux et temporaux, au niveau du corps calleux, des ganglions de la base et du mésencéphale. Elles comprennent des lésions hémorragiques mieux détectées sur les séquences SWI et des lésions non hémorragiques visibles en hypersignal FLAIR. Les LAD ischémiques en hypersignal diffusion sont considérées comme des lésions irréversibles. La localisation a également un rôle pronostic avec des lésions plus péjoratives quand elles sont retrouvées dans le tronc cérébral (Adams and Gennarelli staging).



A

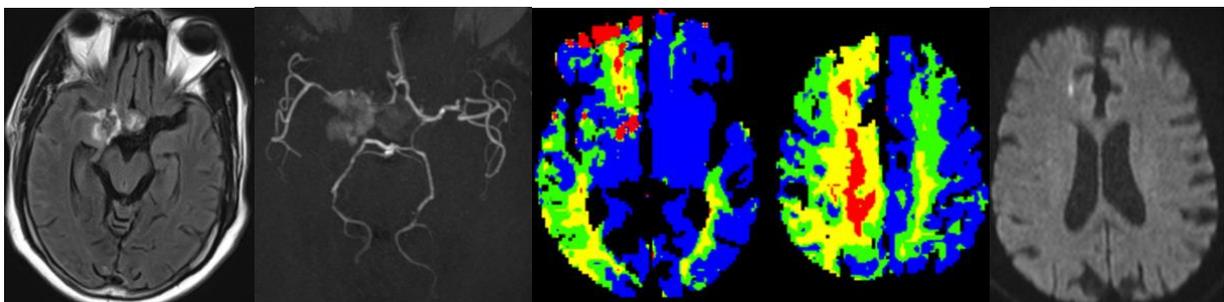
B

*Lésions axonales diffuses hémorragiques du tronc cérébral en SWI (A) et ischémique du splénium du corps calleux sur la diffusion (B)*

### **Hémorragie sous arachnoïdienne (HSA)**

Le scanner cérébral non injecté est la technique de choix en cas de suspicion d'HSA. Si la suspicion clinique d'HSA est élevée alors que le scanner est négatif, il est recommandé de réaliser un angioscanner du polygone de Willis afin de rechercher un anévrisme intracrânien, un SVCR, une dissection intracrânienne puis, en cas de normalité, de réaliser une PL. Une IRM peut être indiquée surtout si la ponction lombaire s'avère risquée (prise récente d'anticoagulants ou d'antiagrégants plaquettaires). En effet, la séquence 3D FLAIR est plus sensible que le scanner pour la détection d'une HSA, surtout si elle est de faible abondance, immédiatement après la survenue d'une céphalée mais surtout lorsque celle-ci date de moins de 48 heures.

Le **vasospasme** artériel cérébral constitue l'une des complications les plus graves de l'hémorragie méningée. En l'absence de dépistage et de traitement, il peut aboutir à un infarctus cérébral constitué. Cette complication survient préférentiellement entre le 4e et le 12e jour d'évolution. Elle est explorée le plus souvent par un Doppler transcranien ± un angioscanner avec perfusion. Le vasospasme peut être dépisté en IRM mais l'examen sera plus long et contre indiqué chez les patients porteurs de cathéter de PTiO2 type "Camino". L'ARM TOF met alors en évidence des zones de spasmes artériels qui peuvent induire une oligémie mise en évidence sur la séquence de perfusion par un allongement du Tmax, avec diffusion normale, voire une ischémie constituée sur la séquence de diffusion.



A

B

C

D

*HSA de la citerne opto-chiasmatique et de la vallée sylvienne droite (A) compliquée d'un vasospasme des artères cérébrales antérieure et moyenne droites visible sur le TOF (B). Oligémie des territoires cérébraux antérieur et moyen droites avec allongement du Tmax (C). Ischémie punctiforme dans le territoire cérébral antérieur droit en diffusion (D)*

### **État de mal épileptique**

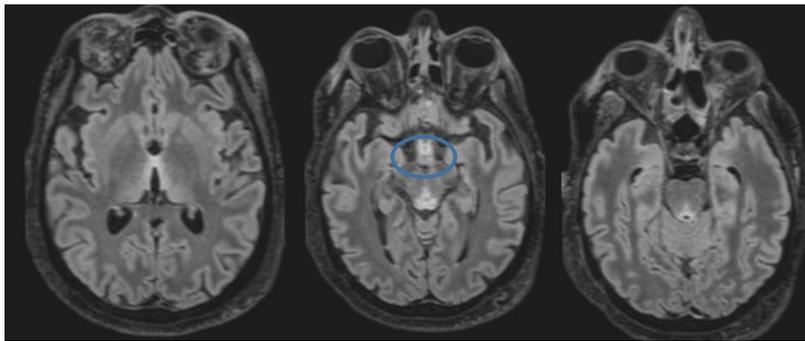
L'IRM permet de mettre en évidence des **modifications transitoires post-ictales**, essentiellement sur la séquence de diffusion qui retrouve un hypersignal du cortex, des structures sous corticales (pulvinar, hippocampe) ou les deux, avec des anomalies le plus souvent unilatérales. L'ADC peut être abaissé. Après injection de gadolinium, il peut avoir un rehaussement cortical ou leptoméningé de façon inconstante.

### **Pathologies métaboliques/toxiques**

Une atteinte encéphalitique bilatérale et symétrique des noyaux gris centraux, du cortex, des faisceaux de SB, doit toujours faire évoquer une pathologie métabolique, médicamenteuse ou toxique.

Ces anomalies apparaissent en hypersignal FLAIR,  $\pm$  restriction de la diffusion. Certaines pathologies ont une présentation très évocatrice, par exemple :

- **L'encéphalopathie de Gayet Wernicke** (carence en vitamine B1) se manifeste par des hypersignaux FLAIR  $\pm$  restriction de la diffusion, bilatéraux et symétriques des corps mamillaires, du thalamus dorsomédian, de la lame tectale, de la substance blanche périaqueducale, en périphérie du 3ème ventricule.



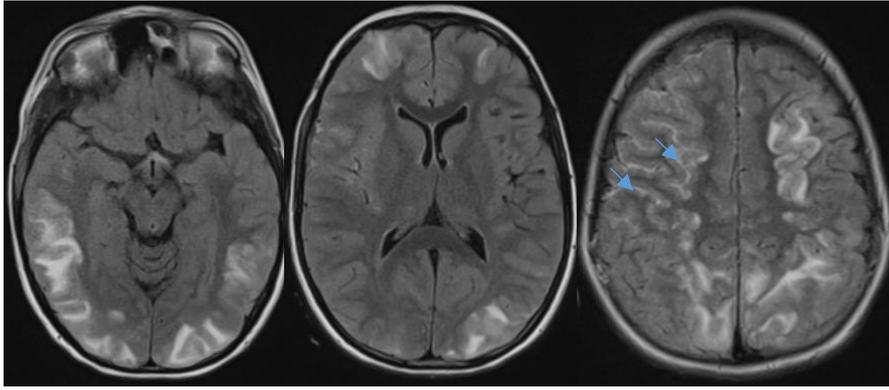
A

B

C

*Encéphalopathie de Gayet Wernicke : Hypersignaux FLAIR bilatéraux et symétriques thalamiques dorso-médians, en périphérie du V3 (A), des corps mamillaires (rond), de la lame tectale (B), de la SB périaqueducale (C).*

- **Le syndrome de démyélinisation osmotique** qui peut se présenter sous la forme d'une plage en hypersignal FLAIR centro-pontique sans effet de masse (atteinte des fibres ponto-cérébelleuses, respect des faisceaux cortico-spinaux et de la périphérie du pont) et/ ou une atteinte extrapontique, bilatérale et symétrique (corps calleux, noyaux gris centraux, pédoncules cérébelleux...).
- **Le syndrome d'encéphalopathie postérieure réversible (PRES)** est une entité radio-clinique caractérisée par un œdème vasogénique cortico-sous-cortical, bilatéral  $\pm$  symétrique, prédominant dans le territoires postérieurs (atteinte pariétale postérieure ou occipitale dans  $> 95\%$  des cas), qui survient dans un contexte particulier (poussée hypertensive, traitement immunosuppresseur, éclampsie...). Des lésions hémorragiques peuvent s'y associer, essentiellement des microsaignements ou des HSA.



A

B

C

*PRES : Hypersignaux FLAIR cortico-sous-corticaux temporo-occipitaux bilatéraux (A), bifrontaux, pariétal postérieur gauche (B), le long des sillons frontaux supérieurs (C). HSA en hypersignal FLAIR (flèches) des sillons frontaux droits (C)*

### **Méningo-encéphalite infectieuse**

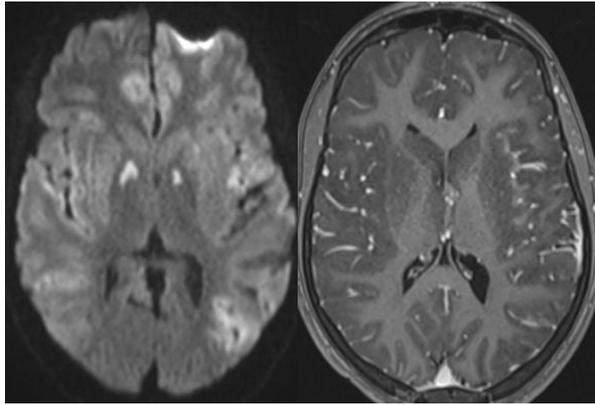
L'imagerie cérébrale n'a pas d'indication dans l'exploration des méningites non compliquées de l'adulte. Une évolution clinique défavorable (troubles de la conscience, convulsions, apparition de signes de localisation) nécessite une imagerie cérébrale. L'IRM est plus sensible que le scanner pour mettre en évidence les lésions encéphalitiques et détecter certaines complications (empyèmes, thrombophlébites, abcès, arachnoïdites de la base, ventriculites, ischémie, lésions du tronc cérébral, etc.).

Au cours d'une **méningite**, il est possible de mettre en évidence une augmentation du signal au niveau de l'espace sous-arachnoïdien en FLAIR et une prise de contraste leptoméningée particulièrement en FLAIR après injection. Le signal hyperintense de l'espace sous-arachnoïdien en séquence FLAIR doit être interprété avec prudence et peut être induit par une hyperoxygénation. Une exploration vasculaire (TOF) peut être nécessaire pour rechercher des signes de vascularite associée (pneumocoque, BK++).

La localisation intraventriculaire des processus infectieux (**ventriculite**) se traduit par une épendymite et une suppuration intraventriculaire dont la sémiologie IRM en imagerie de diffusion est similaire à celle de l'abcès intracérébral avec un signal hyperintense et une diminution de l'ADC.

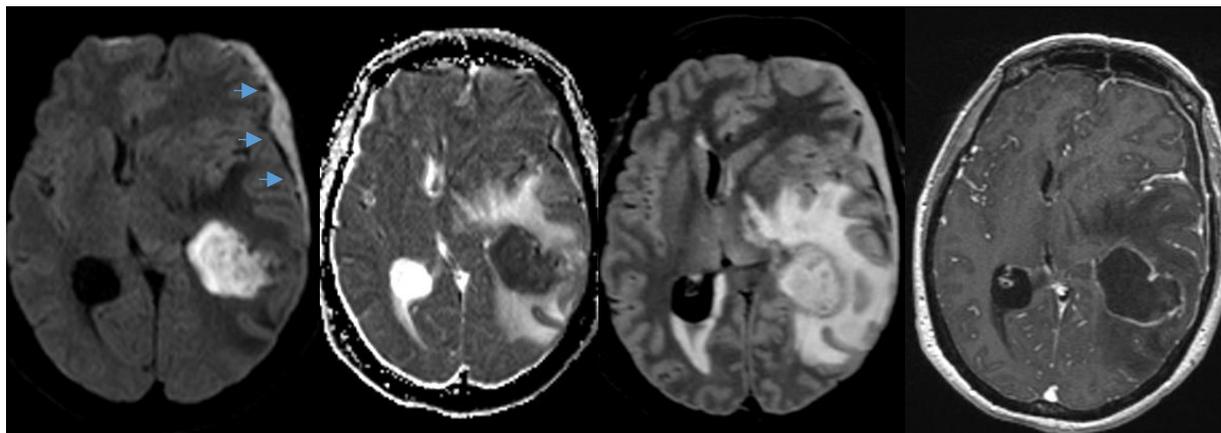
Les **empyèmes** sont des collections purulentes qui se développent dans l'espace sous-dural ou extradural. Les empyèmes extraduraux se situent à proximité du foyer infectieux, le plus souvent en arrière du sinus frontal, plus rarement dans la fosse temporale ou en dedans de la mastoïde. L'IRM est plus sensible que le scanner pour démontrer les empyèmes (restriction de la diffusion au sein de la collection), mais habituellement dans le cadre de l'urgence c'est le scanner qui est réalisé en première intention.

Les **encéphalites** se traduisent par une atteinte ± diffuse ou multifocale de l'encéphale. La méningo-encéphalite herpétique (*Herpes Simplex Virus*) est la cause la plus fréquente de mortalité par encéphalite nécrosante d'origine virale. Le pattern est relativement typique et intéresse le système limbique, les régions temporo-mésiales, le cortex insulaire, la partie inféro-latérale des lobes frontaux. Les noyaux gris centraux sont typiquement épargnés. L'atteinte est souvent bilatérale et asymétrique. La séquence de diffusion montre des zones de restriction de l'ADC. Des foyers hémorragiques peuvent être décelés en T2\*. Après injection de gadolinium, il existe un rehaussement leptoméningé ± cortical. L'évolution se fait vers l'atrophie.



*A* *B*  
*Encéphalite à la rougeole. Hypersignaux diffusion plurifocaux du cortex et des noyaux gris centraux (A), prise de contraste cortico-piale insulaire gauche (B)*

Les **abcès cérébraux** correspondent à une zone de nécrose purulente délimitée par une capsule fibreuse, ils se localisent à la jonction SG/SB dans les cas de dissémination hémotogène. Dans les abcès à pyogènes, le pus central apparaît en hypersignal diffusion avec restriction de la diffusion. La capsule est fine (< 5mm) et se rehausse après injection de gadolinium. La spectroscopie met en évidence des pics d'acides aminés.



*A* *B* *C* *D*  
*Abcès et empyème (flèches) sous-dural à Streptocoque : en hypersignal diffusion (A) avec restriction de la diffusion (B), oedème vasogénique périlésionnel en hypersignal FLAIR (C), prise de contraste fine de la paroi de l'abcès et de la pachyméninge au contact de l'empyème (D)*

## BIBLIOGRAPHIE – POUR EN SAVOIR PLUS

Neuro-imagerie diagnostique, 2ème édition, JL. Dietmann, Elsevier Masson

Diagnostic Imaging : Brain, Third edition, A G.Osborn

Comprendre l'IRM, manuel d'auto-apprentissage, B. Kastler, D. Vetter, Elsevier Masson