

41^{ème} CONGRÈS ANNUEL

de la **Société Française**
de **NeuroRadiologie**



Présidente du congrès
Pr Alessandra Blondi

Président de la SFNR
Pr Alain Bonafé

Imagerie de susceptibilité magnétique

Le film était presque parfait

Nicolas Menjot de Champfleur

- Faculté de Médecine de Montpellier
- Service de Neuroradiologie, CHRU de Montpellier
- INSERM U1051, Institut de Neurosciences de Montpellier
- I2FH, Institut Imagerie Fonctionnelle Humaine, Montpellier

Faculty Disclosure

- Aucune relation financière à déclarer.

Introduction

1. Variations de la susceptibilité magnétique intracrânienne
 - a. De l'artefact au biomarqueur
 - b. Riches d'informations pertinentes
2. Principales cibles de l'imagerie de susceptibilité magnétique
 - a. Produits de dégradation de l'hémoglobine
 - b. Système veineux (déoxyhémoglobine)
 - c. Calcifications intracrâniennes
3. Génèrent des hyposignaux en imagerie de susceptibilité magnétique.
4. Taxinomie
 - a. Séquence de susceptibilité magnétique
 - b. Imagerie « pondérée par la susceptibilité magnétique »
 - ① SWI: susceptibility-weighted imaging
 - ② Imagerie qualitative
 - c. Cartographie de susceptibilité magnétique
 - ① QSM: quantitative susceptibility mapping
 - ② Quantifie directement les modifications locales de la susceptibilité.





Objectifs

1. Rappeler l'intérêt de l'imagerie de susceptibilité magnétique en neuroradiologie
2. Choisir une séquence appropriée à la réalisation d'une imagerie de susceptibilité magnétique
3. Expliquer les analyses qualitatives et quantitatives de la susceptibilité en soulignant leurs différences
4. Intégrer les informations de l'imagerie de susceptibilité magnétique aux données de l'IRM multimodale pour l'analyse de cas cliniques.



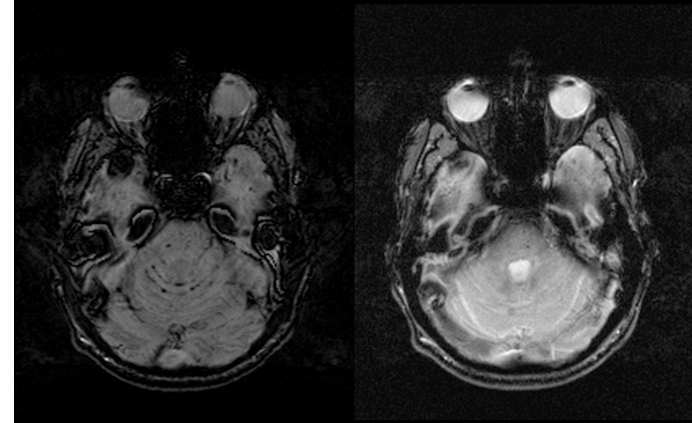
Plan

1. Susceptibilité: propriété intrinsèque de la matière cérébrale
2. Imagerie qualitative: imagerie pondérée par la susceptibilité magnétique
3. Imagerie quantitative: cartes de susceptibilité magnétique
4. Applications de l'imagerie de susceptibilité
 - a. Accident vasculaire cérébral ischémique
 - b. Thrombose veineuse cérébrale
 - c. Tumeurs gliales
 - d. Détection des microsaignements intracrâniens
 - ① Cavernomes
 - ② Traumatisme crânien
 - ③ Vascularites

Pourquoi faire de l'imagerie de susceptibilité magnétique en Neuroradiologie?

- Effet de susceptibilité magnétique
- Susceptibilité: propriété intrinsèque de la matière cérébrale

Effet de susceptibilité magnétique



- Effet de susceptibilité magnétique: variation locale de champ magnétique (effet non local)
- Source d'artefacts
- Exploitée en IRM
 - Imagerie d'activation (effet BOLD)
 - Imagerie de perfusion de premier passage (« dynamic susceptibility-weighted contrast-enhanced perfusion MRI »)
- Imagerie de susceptibilité: contraste nouveau combinant informations de phase et de magnitude
- Effet de susceptibilité varie selon les séquences, les pondérations, le TE et le champ B0.

$$\varphi = -\gamma \cdot \Delta B \cdot TE$$

1. Haacke et al. *American Journal of Neuroradiology*. 2008 Aug 7;30(1):19–30.

φ : phase (en radians)

γ : rapport gyromagnétique (en MHz/T)

δB : variation locale du champ magnétique induite par la susceptibilité (en T)

TE : temps d'écho (en ms)

Mise en place d'une séquence de susceptibilité magnétique

- Exploitation de la phase
- Traitement des images de phase et de magnitude

Imagerie pondérée par la susceptibilité magnétique

$$M_{xy}(r, t) = M_{xy}(r, 0) \cdot e^{i \cdot \phi(r, t)}$$

$M_{xy}(r, t)$: signal total (complexe)

$M_{xy}(r, 0)$: partie réelle (magnitude, intensité)

$e^{i \cdot \phi(r, t)}$: partie imaginaire (contient l'information de phase $[\phi(r, t)]$)

$$\mu_T(t) = \mu_x(t) + i \cdot \mu_y(t)$$

$\mu_T(t)$: signal total

$\mu_x(t)$: partie réelle (magnitude, intensité)

$i \cdot \mu_y(t)$: partie imaginaire (information sur le décalage de phase)

- Combinaison de 2 images
 - Phase
 - Magnitude
- Contraste nouveau: *imagerie « pondérée » par la susceptibilité magnétique*
- But: faire ressortir une information (phase) sur la carte de magnitude

1. Haacke et al. *American Journal of Neuroradiology*. 2008 Aug 7;30(1):19–30.
2. Haacke et al. *Magn Reson Med*. 2004 Sep;52(3):612–8.
3. Reichenbach et al. *Radiology* 1997;204:272–77

Traitement des images: 4 étapes

1. Traitement de la phase

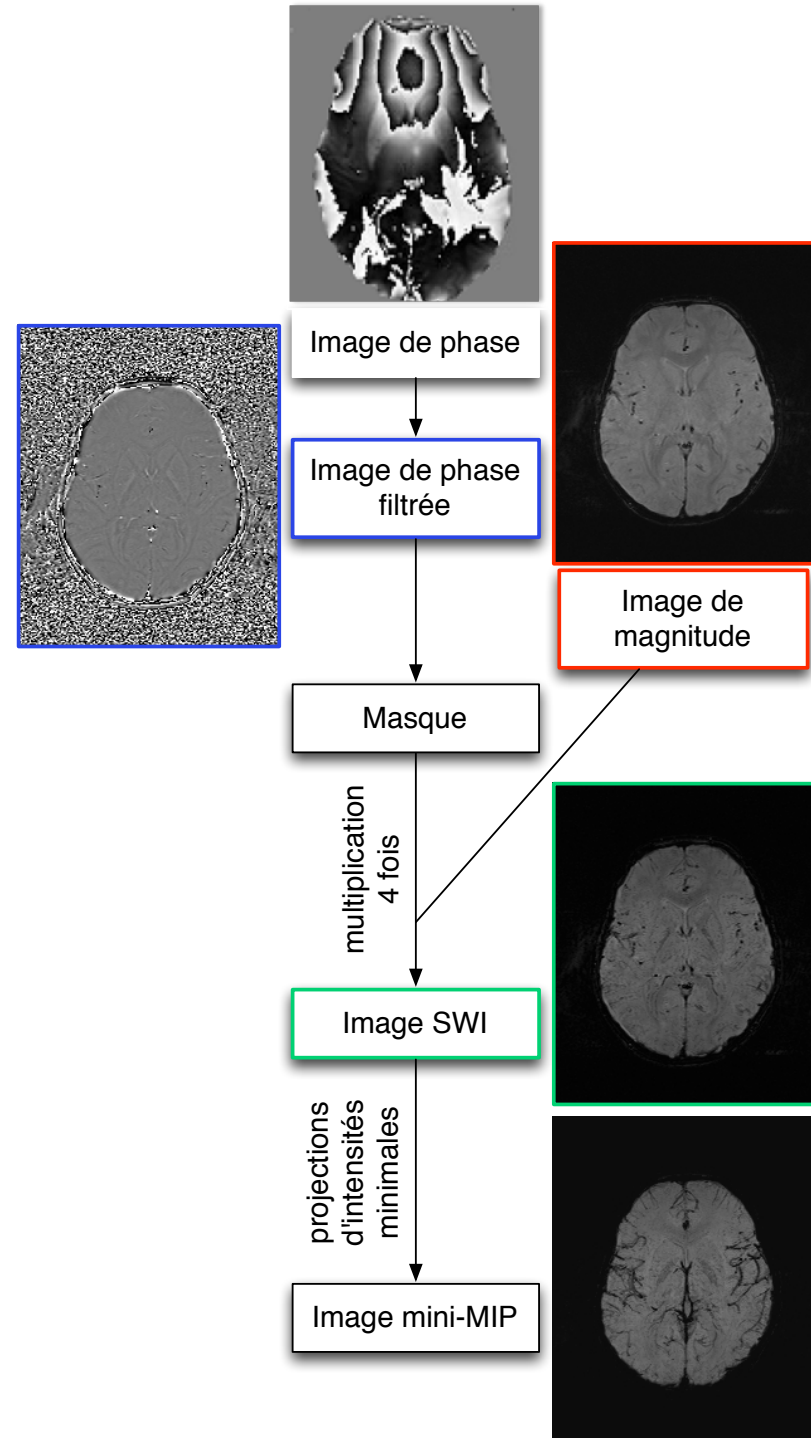
- a) Filtrage des images de phase (filtre passe-haut)
- b) Création d'un masque
 1. Valeurs négatives de la phase

2. Traitement de la magnitude

- a) Multiplication des images de magnitude par le masque de phase (x4)
- b) Ne modifie pas le signal des régions dont la phase est positive
- c) Diminue le signal et accentue le contraste des régions dont la phase est négative

3. Projections des intensités minimales (mini-MIP)

1. Reichenbach et al., 2001



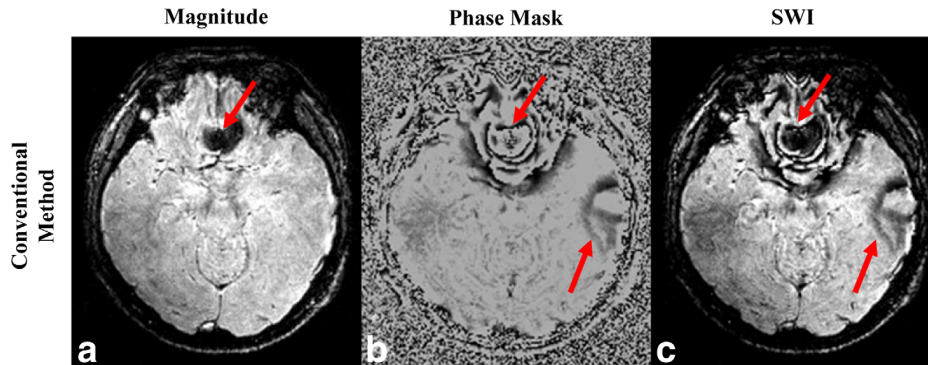
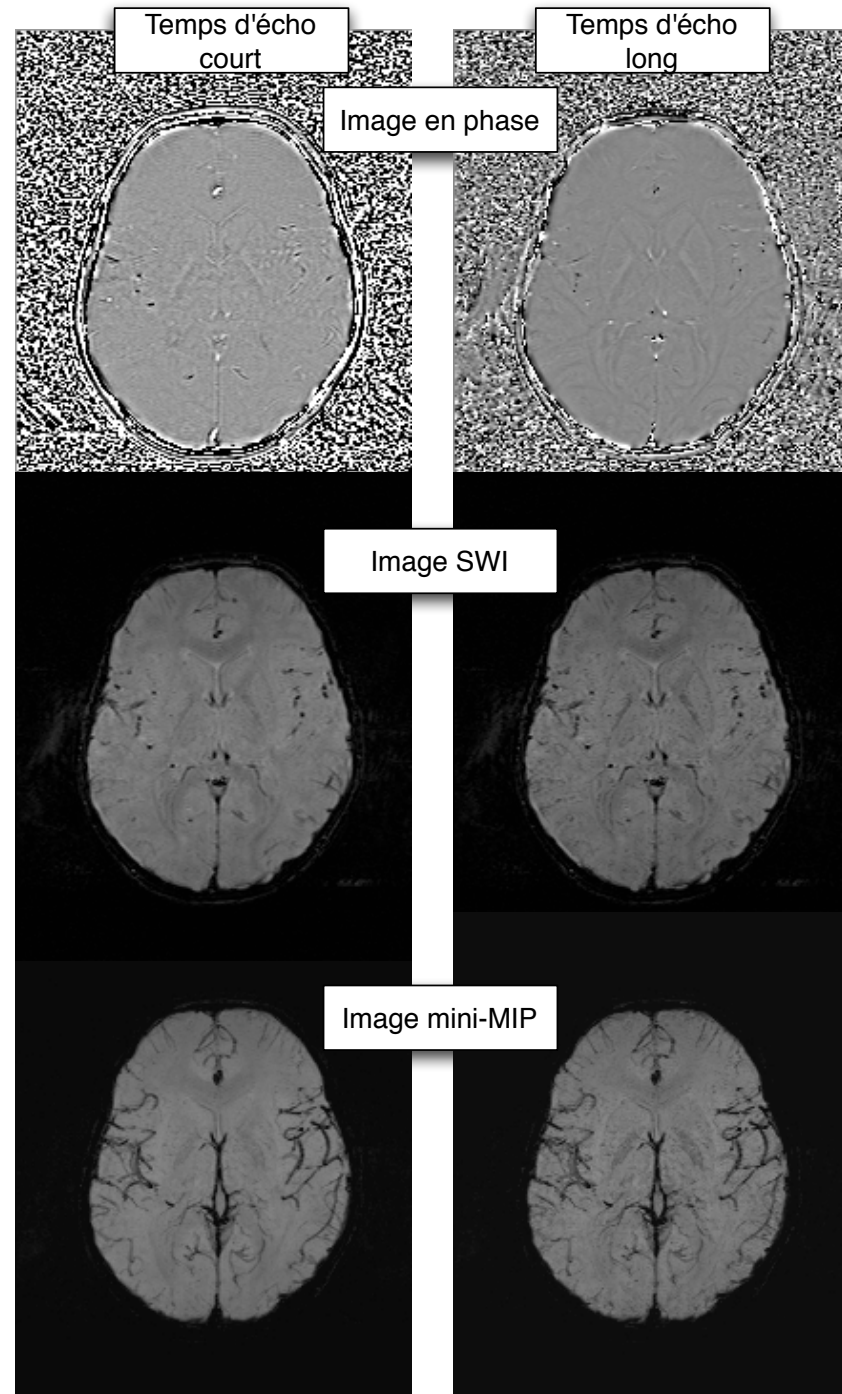
Les acronymes

- SWI: Susceptibility Weighted Imaging (Siemens)
- SWAN: Star weighted angiography (GE)
- PADRE: Phase-difference enhanced imaging (Philips)

- *Veno-BOLD: venous blood oxygen level dependant (Philips)*
- *HRBV: High Resolution BOLD Veinography (Reichenbach et al., 2001)*
- *AVID BOLD: Application of Venographic Imaging in Detecting Disease*
- *CE-MRV: Contrast Enhanced BOLD MRI Veinography*

Séquence multi-écho

- TE court
 - Système veineux
 - Peu sensible aux artefacts
- TE long
 - Effets de susceptibilité augmentés
 - Détection de petites lésions hémorragiques
- TE multiples
 - *Corrige les artefacts du SWI*
 - *Peut permettre de calculer la carte de susceptibilité magnétique*

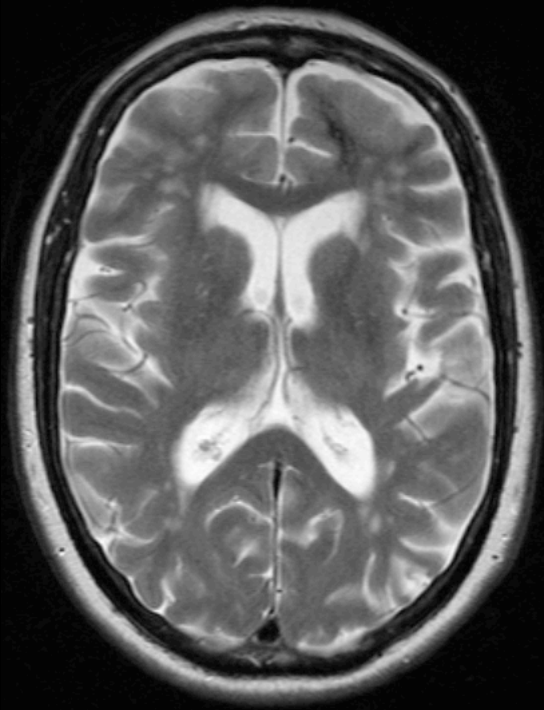


1. Oh et al. Magn Reson Med. 2013 Sep 16.

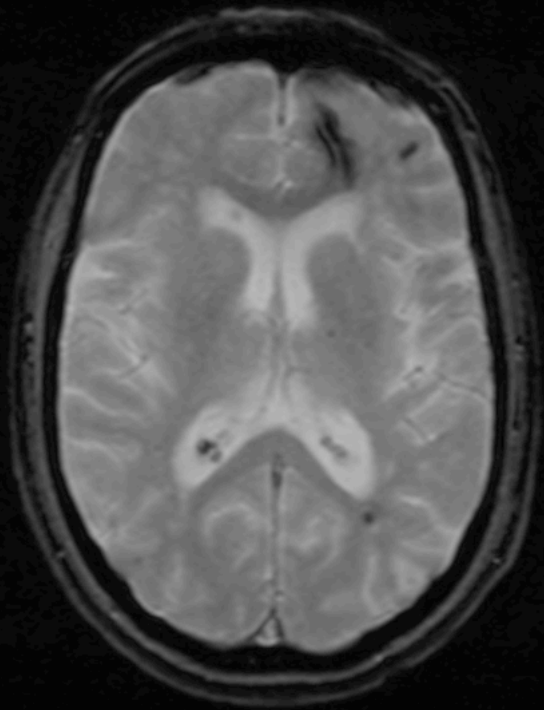


- Identification

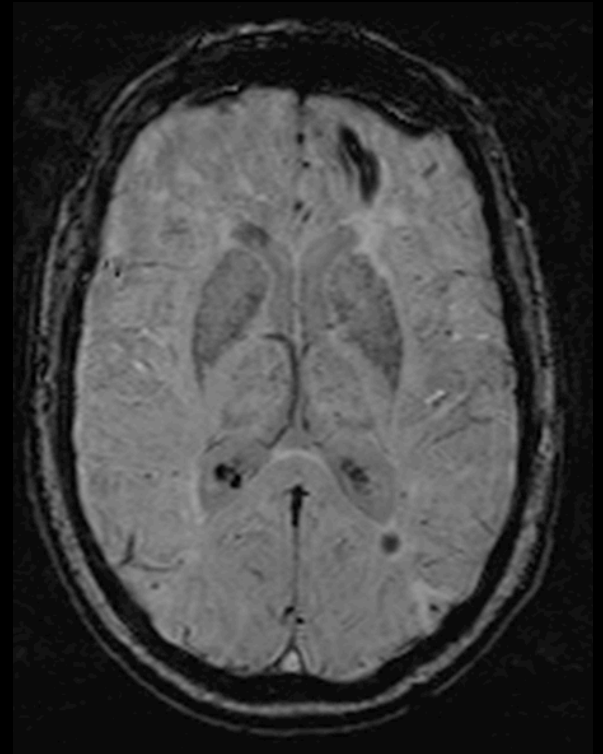
- Dépôts ferromagnétiques (fer)
- Sang déoxygéné
- Ferritine, hémossidérine
- Calcium



T2 SE



T2* GRE



SWI

« *Le film était presque parfait* »



Limites de l'imagerie « pondérée » par la susceptibilité magnétique

- Ecueils de l'interprétation
 - Variabilité du signal due à divers paramètres
 - Oxygénation sanguine
 - Flux sanguin
 - Champ magnétique
 - Risque d'interprétation erronée
- Pas de différenciation entre produits de dégradation de hémoglobine et calcifications (hypointenses)
- Temps d'acquisition: 4 min à 8 minutes
- Principale limite: imagerie **qualitative**
 - Filtrage
 - Image hybride combinant de façon empirique phase et magnitude
 - Absence de relation directe entre le signal et la valeur de la susceptibilité

1. Bosemani T, Verschuuren SI, Poretti A, Huisman TAGM. Pitfalls in Susceptibility-Weighted Imaging of the Pediatric Brain. *J Neuroimaging*. 2013 Sep 9.

Imagerie de susceptibilité magnétique quantitative

- Quantitative Susceptibility Mapping (QSM)
- Thèse d'université Jérémie Deverdun
(Laboratoire Charles Coulomb, Service de
Neuroradiologie, Montpellier)

Principes

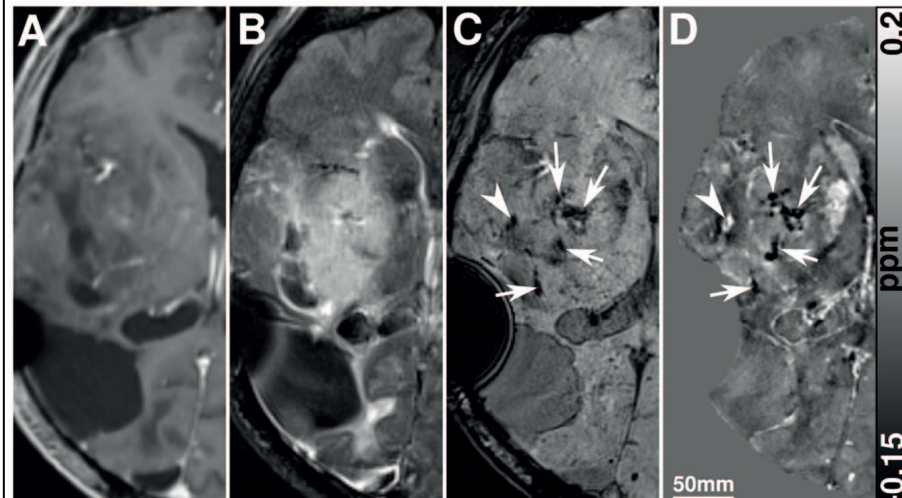
Définitions

- La susceptibilité magnétique (notée X_m) est la capacité intrinsèque d'un matériau à s'aimanter sous l'action d'un champ magnétique.
 - Effet
 - L'aimantation ainsi créée pourra soit:
 - S'aligner sur le champ magnétique ($X_m > 0$): paramagnétisme
 - S'opposer au champ magnétique ($X_m < 0$): diamagnétisme
- Remarque 2 la susceptibilité va créer des distorsions du champ qui vont avoir un effet non local sur les images*
- Objectifs
 - Améliorer le contraste entre les tissus (Duyn JH et al., PNAS 2007)
 - Estimer les taux en fer dans les tissus (Bilgic et al., 2012)
 - Accéder au compartiment veineux (Fan et al., 2013) (Xu et al., 2013)
 - Identifier les calcifications (Deistung et al., 2013)

1. Duyn JH, van Gelderen P, Li T-Q, de Zwart JA, Koretsky AP, Fukunaga M. High-field MRI of brain cortical substructure based on signal phase. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2007 Jul 10;104(28):11796–801.
2. Fan AP, Bilgic B, Gagnon L, Witzel T, Bhat H, Rosen BR, et al. Quantitative oxygenation venography from MRI phase. *Magn Reson Med*. 2013 Sep 4.
3. Xu B, Liu T, Spincemaille P, Prince M, Wang Y. Flow compensated quantitative susceptibility mapping for venous oxygenation imaging. *Magn Reson Med*. 2013 Sep 4. Bilgic B, Pfefferbaum A, Rohlfing T, Sullivan EV, Adalsteinsson E. MRI estimates of brain iron concentration in normal aging using quantitative susceptibility mapping. *NeuroImage*. 2012 Feb 1;59(3):2625–35.
4. Deistung A, Schweser F, Wiestler B, Abello M, Roethke M, Sahm F, et al. Quantitative susceptibility mapping differentiates between blood depositions and calcifications in patients with glioblastoma. *PLoS ONE*. 2013;8(3):e57924.

Magnétisme

- Composés diamagnétiques
 - **Calcium** (phosphate de calcium, $\text{Ca}_3(\text{PO})_4$)
 - **Myéline**
 - Susceptibilité magnétique négative ($\chi < 0$)
 - Hyposignal sur les cartes de susceptibilité
- Composés paramagnétiques
 - Corps ferromagnétiques
 - Produits de dégradation de l'hémoglobine
 - Susceptibilité magnétique positive ($\chi > 0$)
 - Hypersignal sur les cartes de susceptibilité



Magnétisme:

1. Schenck JF. The role of magnetic susceptibility in magnetic resonance imaging: MRI magnetic compatibility of the first and second kinds. *Med Phys* 1996;23:815–50
2. Saini S, Frankel RB, Stark DD, et al. Magnetism: a primer and review. *AJR Am J Roentgenol* 1988;150:735–43
3. Deistung A, Schweser F, Wiestler B, Abello M, Roethke M, Sahm F, et al. Quantitative susceptibility mapping differentiates between blood depositions and calcifications in patients with glioblastoma. *PLoS ONE*. 2013;8(3):e57924.

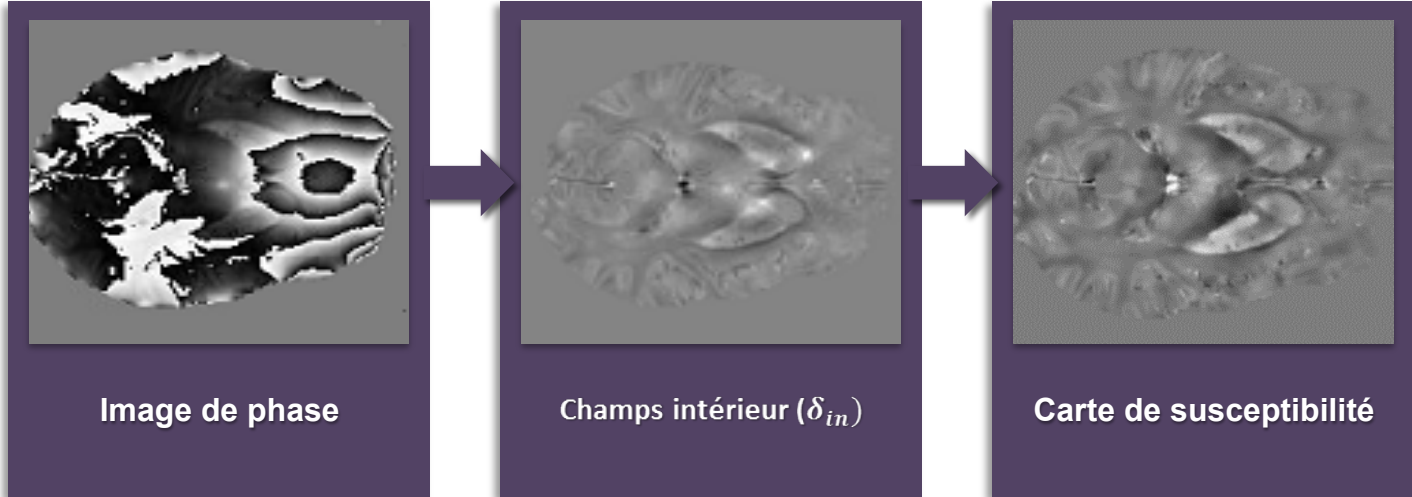
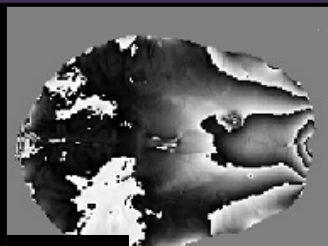

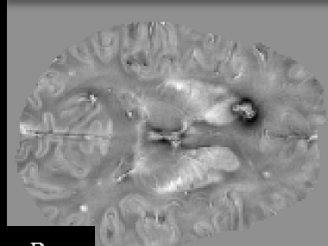
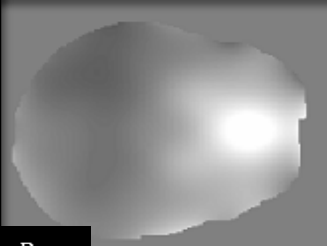


Image de phase

Champs intérieur (δ_{in})

Carte de susceptibilité

Obtention de δ

 Phase	 B^Δ
 B_{int}	 B_{ext}

Perturbation du champs

Avec

$\delta = \frac{\varphi}{(B_0 \cdot \gamma \cdot TE)}$

δ = Normalized field map shift
 φ = Image de phase dépliée
 B_0 = Force du champs magénitique
 γ = Rapport gyromagnétique
 TE = Temps d'écho

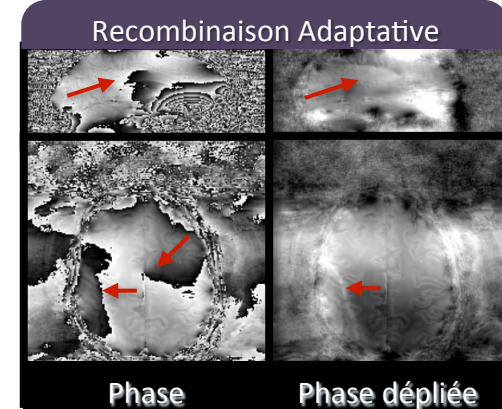
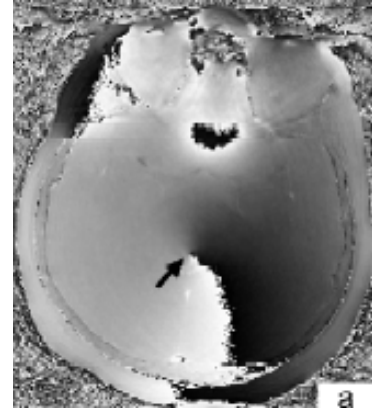
Susceptibilité

Avec

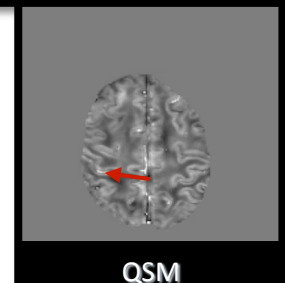
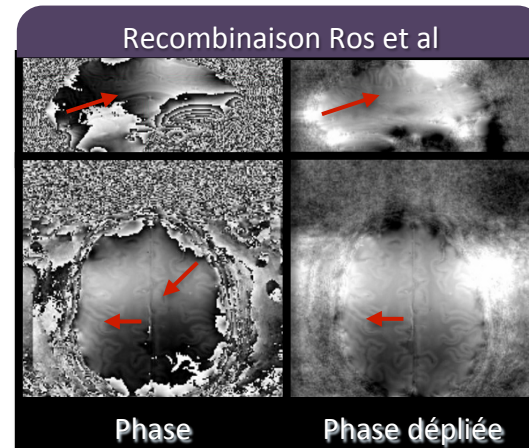
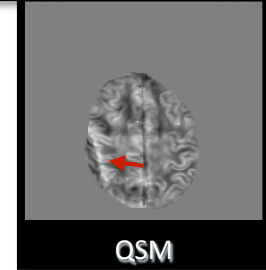
$\delta = F^{-1}DF\chi$

δ = Normalized field map shift
 χ = Susceptibilité magnétique
 F = Transformée de fourier
 D = Kernel liant δ et χ

1- Extraction de la phase



- Réalisée par combinaison des différents éléments d'antenne
- Risque d'artefacts d'incohérence de phase
- Plusieurs méthodes de combinaison des canaux
 - Combinaisons standard non adaptées
 - Nouveaux algorithmes



1. Ros C, Herrmann KH, Reichenbach JR. Reconstruction of phase images for GRAPPA accelerated Magnetic Resonance Imaging. *IFMBE Proceedings*. 2009;22:803–6.

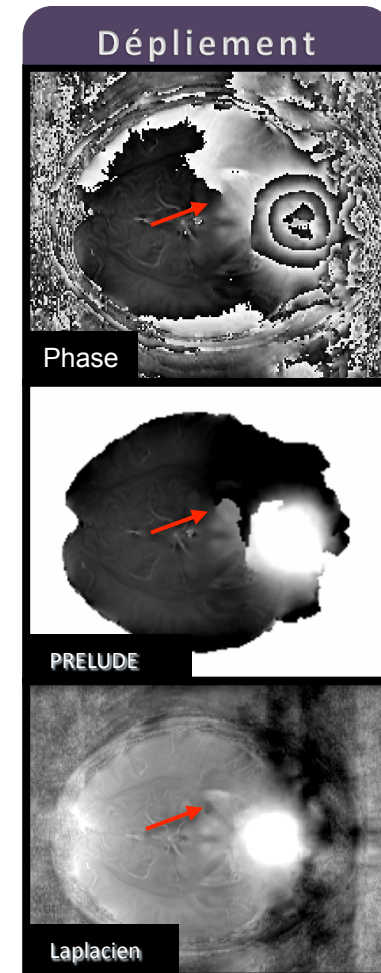
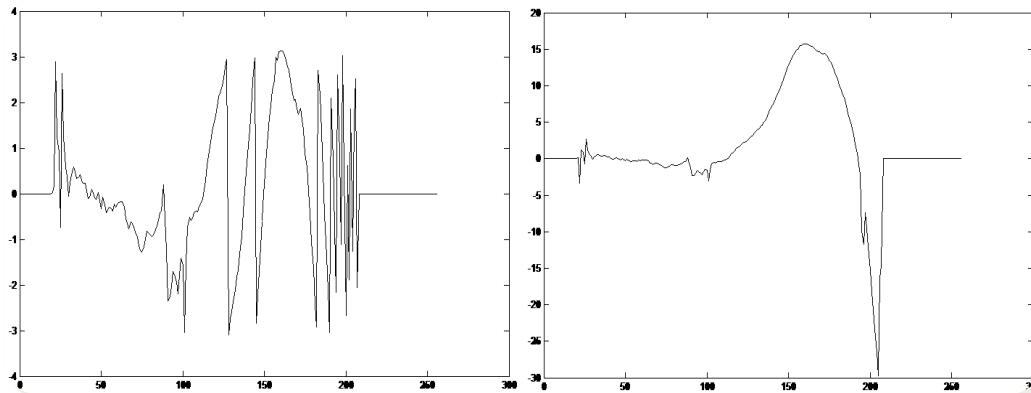
2- Obtention de la carte de perturbation du champ intérieur

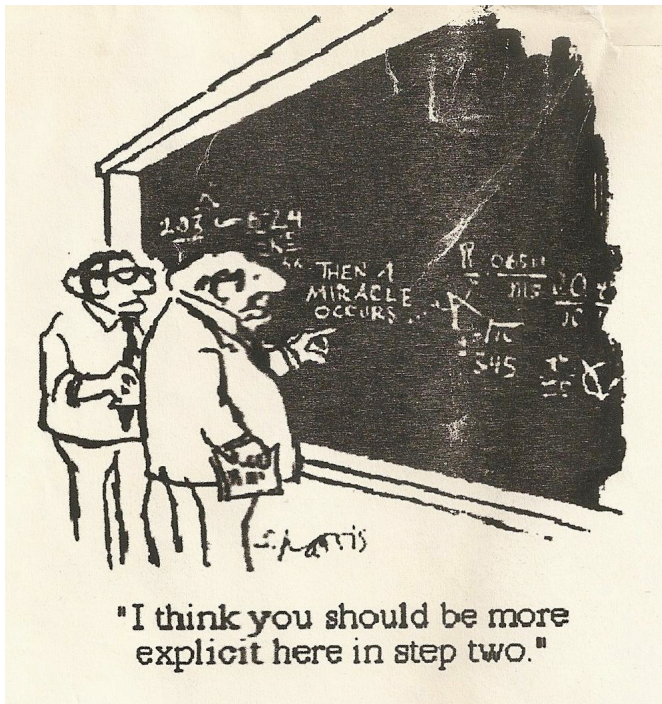
Déplie ment (unwrapping) : outils

- ❖ **Déplie ment** de la phase
 - ❖ FSL Prelude (Phase Region Expanding Labeller for Unwrapping Discrete Estimates)
 - ❖ Abdul Rahman (Abdul-Rahman et al., 2007)
 - ❖ Unwrapping laplacien (Schofield et Zhu., 2003)

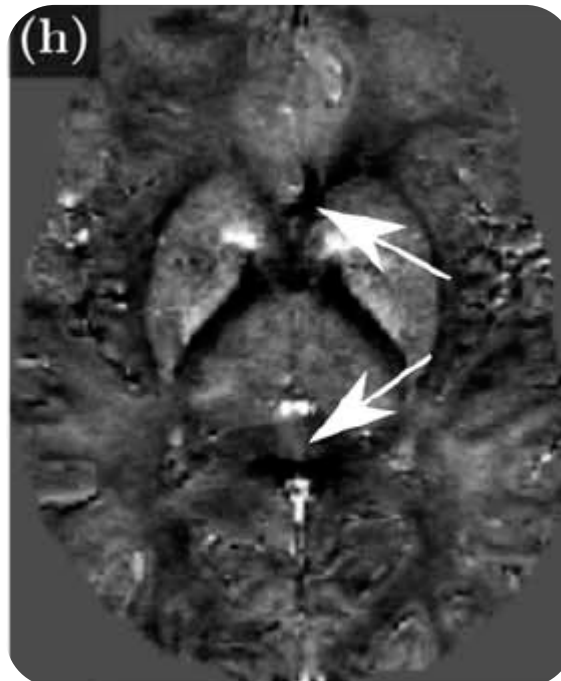
$$\theta(k) = FT\{ \cos\theta FT^{-1}[k^2 FT(\sin\theta)] - \sin\theta FT^{-1}[k^2 FT(\cos\theta)]\}/k^2$$

Avec k le kernel laplacien

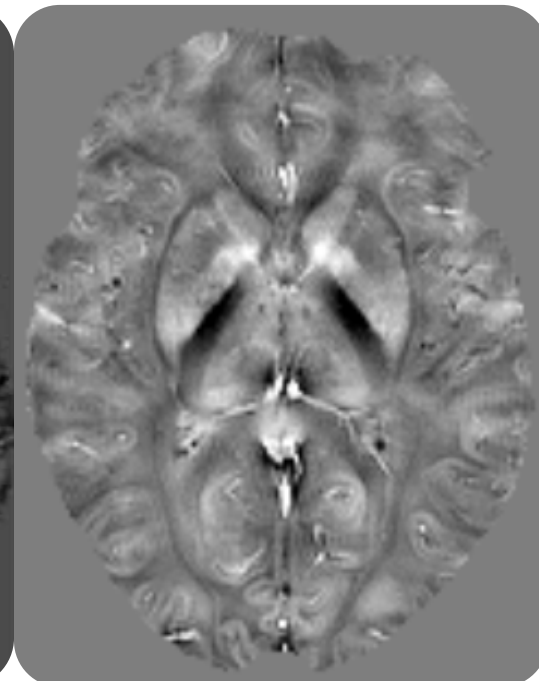




3- Inversion:
passage de la
carte de champ
intérieur à la carte
de susceptibilité



Schweser et al, 2012



Montpellier

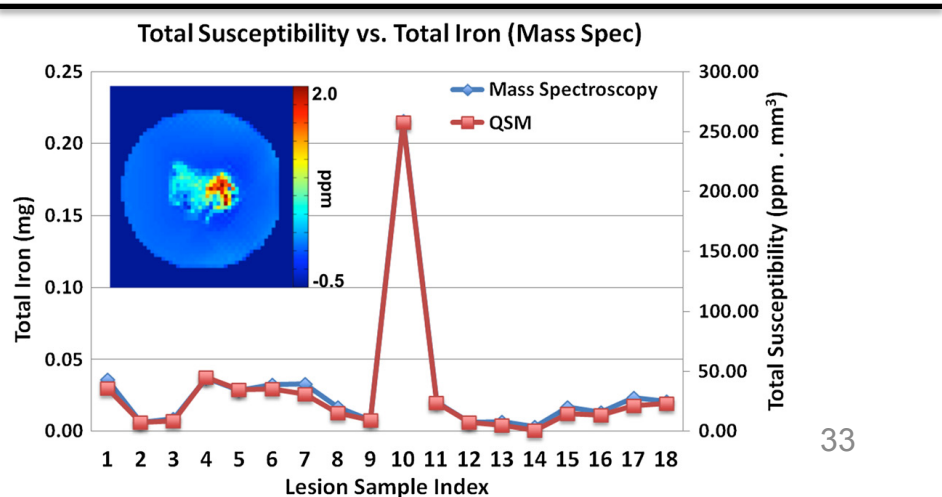
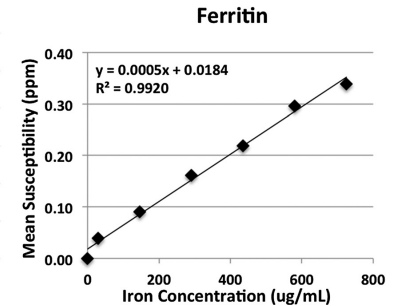
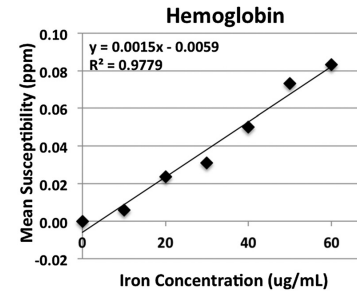
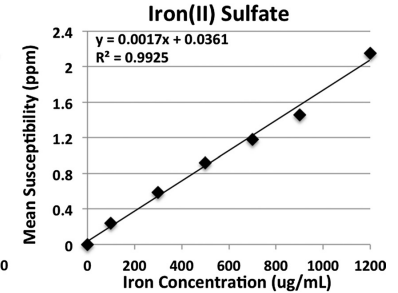
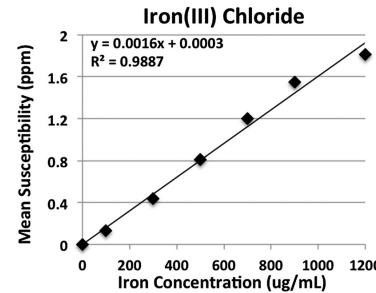
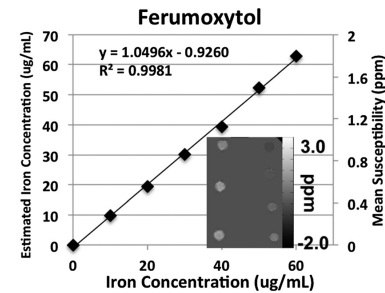
QSM: un nouveau biomarqueur?

- *« A characteristic that is objectively measured and evaluated as an indicator of normal biologic processes, pathogenic processes, or pharmacologic responses to a therapeutic intervention »*
- **Une caractéristique objectivement mesurée et évaluée comme indicateur de processus normaux biologiques, de processus pathogènes, ou des réponses pharmacologiques à une intervention thérapeutique.**
 - **Nécessité d'une validation de la mesure du QSM**

Validation de la mesure

- Corrélation entre concentration en fer (spectrométrie de masse) et susceptibilité
 - Fantôme de ferumoxytol
 - Pièces histologiques de cavernomes
- Validation in vitro de la concordance entre
 - Relaxométrie R2*
 - Concentration en fer
 - Cartographie de susceptibilité
- Confrontations entre données du QSM et concentration de fer post-mortem

1. Tan et al. *Invest Radiol.* 2014 Mar 10.
2. Langkammer et al. *Neuroimage.* 2012;62:1593Y1599.
3. Zheng et al. *Neuroimage.* 2013;78:68Y74.



Applications cliniques de l'imagerie de susceptibilité magnétique

- Imagerie de susceptibilité magnétique
- Cartographie de la susceptibilité magnétique

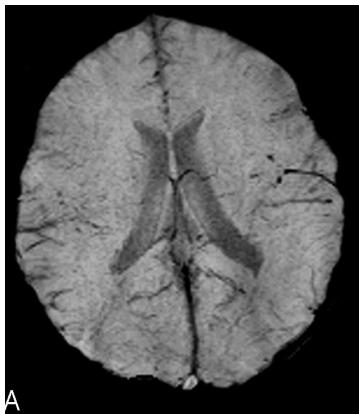
Applications de l'imagerie de susceptibilité magnétique

1. Variations physiologiques de la susceptibilité magnétique
2. Accident vasculaire cérébral ischémique
3. Thromboses veineuses cérébrales
4. Détection des microsaignements cérébraux
5. Malformations vasculaires cérébrales
6. Traumatisme crânien: détection des lésions axonales diffuses hémorragiques
7. Tumeurs cérébrales

1. Mittal S, Wu Z, Neelavalli J, Haacke EM. Susceptibility-Weighted Imaging: Technical Aspects and Clinical Applications, Part 2. *American Journal of Neuroradiology*. 2008 Nov 11;30(2):232–52.
2. Haacke EM, Mittal S, Wu Z, Neelavalli J, Cheng YCN. Susceptibility-Weighted Imaging: Technical Aspects and Clinical Applications, Part 1. *American Journal of Neuroradiology*. 2008 Aug 7;30(1):19–30.

Effet sur les contrastes de la ventilation

- Hors AG Hyper/hypoventilation et modification de la susceptibilité (*Chang et al. AJNR 2013*)
 - Etude de groupes
- Quelques cas rapportés de modification du contraste du secteur veineux sous AG (*Kesavadas et al. AJNR 2008*)
 - Perte de l'hypointensité du secteur veineux
 - Précaution d'emploi en neuroimagerie pédiatrique sous AG



A Sevoflurane



B Ketamine and midazolam



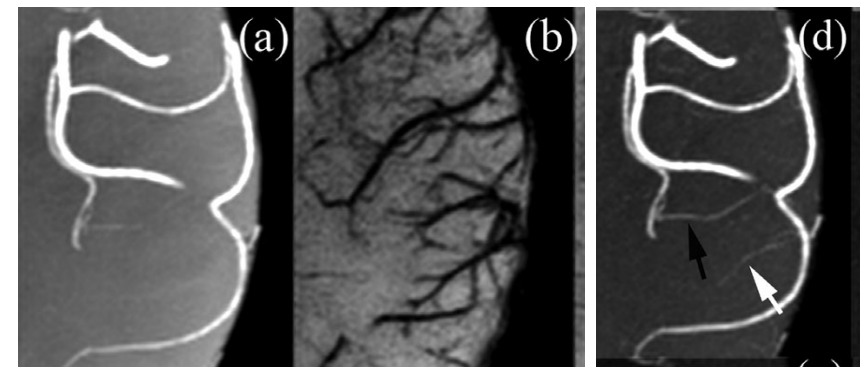
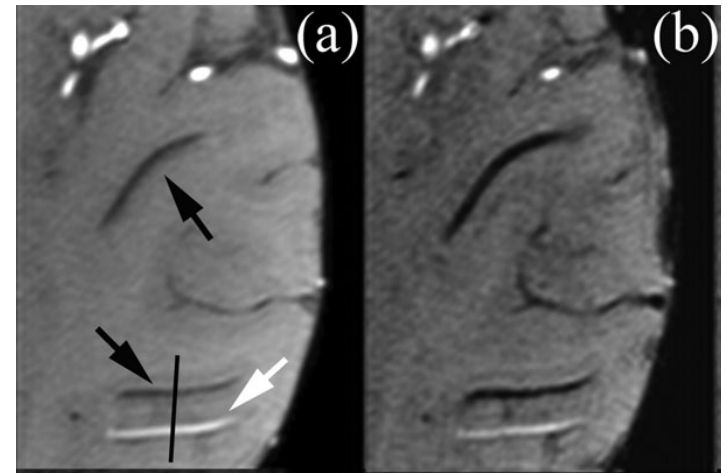
C Without anesthesia

1. *Chang et al. American Journal of Neuroradiology. 2013 Dec 26.*
2. *Kesavadas et al. American Journal of Neuroradiology. 2008 Sep;29(8):e71.*

Anatomie et physiologie veineuse

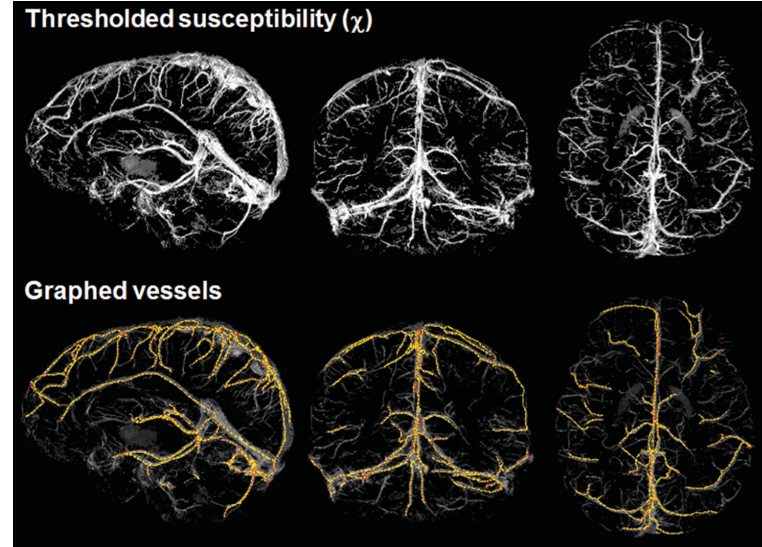
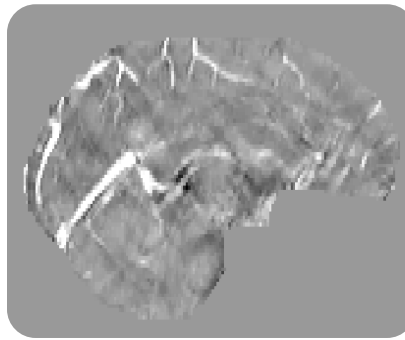
Optimisation des techniques d'angiographie veineuse

- Acquisition couplée
 - Imagerie de susceptibilité magnétique
 - Imagerie en temps de vol
- Ségrégation des réseaux veineux et artériel

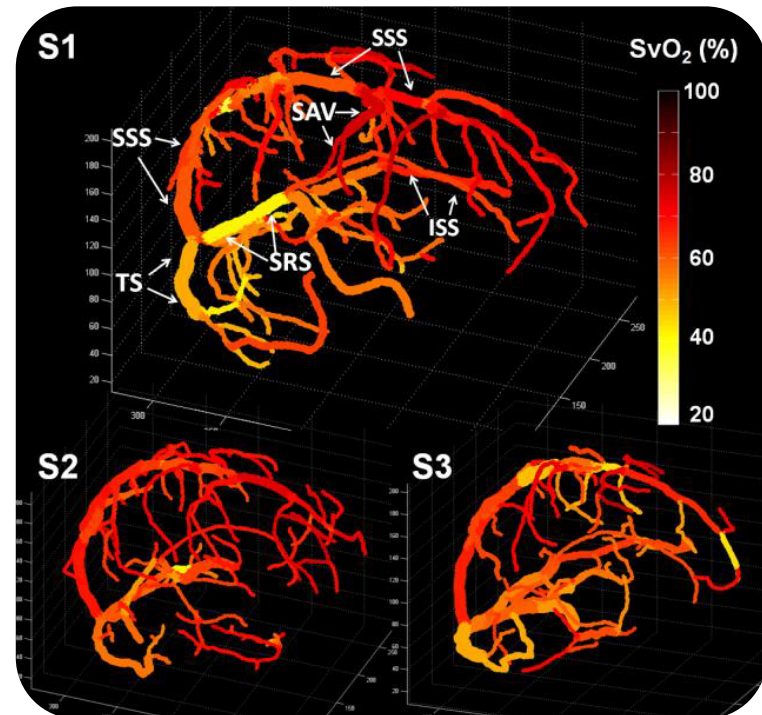


1. Ye Y, Hu J, Wu D, Haacke EM. Noncontrast-enhanced magnetic resonance angiography and venography imaging with enhanced angiography. *J Magn Reson Imaging*. 2013 Dec;38(6):1539–48.
2. Xia X-B, Tan C-L. A quantitative study of magnetic susceptibility-weighted imaging of deep cerebral veins. *J Neuroradiol*. 2013 Dec;40(5):355–9.

Mesures de SvO₂



- Saturation en oxygène dans les veines
- Effet paramagnétique
- Seuillage, identification de l'arborescence veineuse
- Segmentation des vaisseaux via la susceptibilité

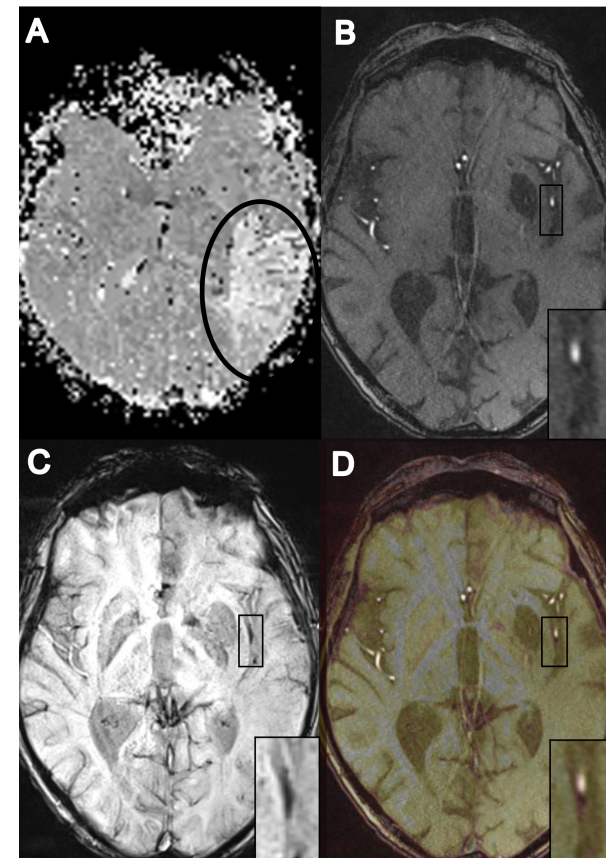
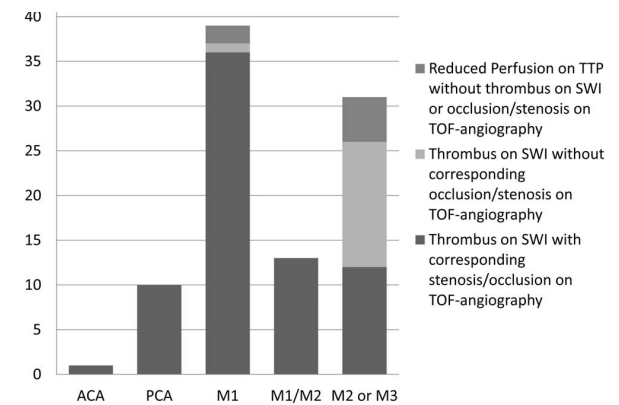


1. Fan AP, Bilgic B, Gagnon L, Witzel T, Bhat H, Rosen BR, et al. Quantitative oxygenation venography from MRI phase. *Magn Reson Med.* 2013 Sep 4.

Accident vasculaire cérébral ischémique

- Visualisation du thrombus
 - Corrélation avec hyperdensité au scanner
 - Effet de susceptibilité du thrombus en T2*
 - Déficit à l'entrée (*Flacke et al. Radiology 2000*)
 - Valeur pronostique
- Thrombus en imagerie de susceptibilité magnétique (*Radbruch PLoS ONE 2013*)
 - Associé à une occlusion ou sténose sur l'angioRM en ToF
 - Meilleure sensibilité du SWI dans la détection des thrombus distaux Vs angioRM

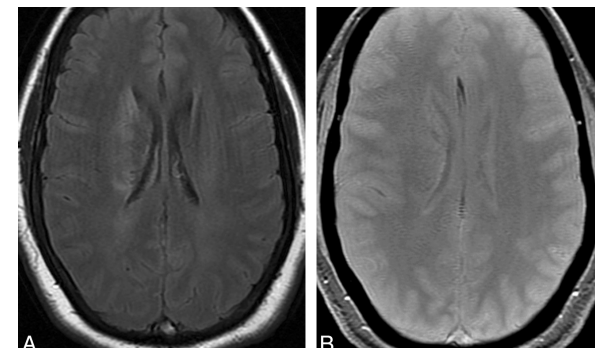
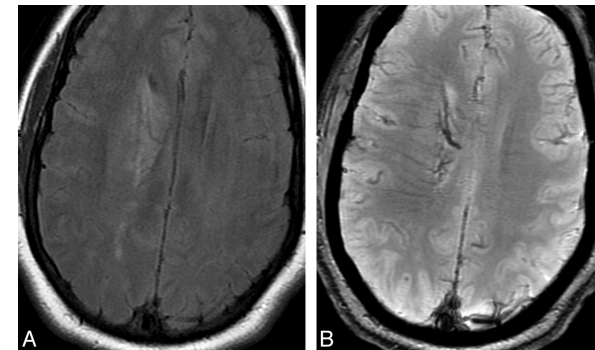
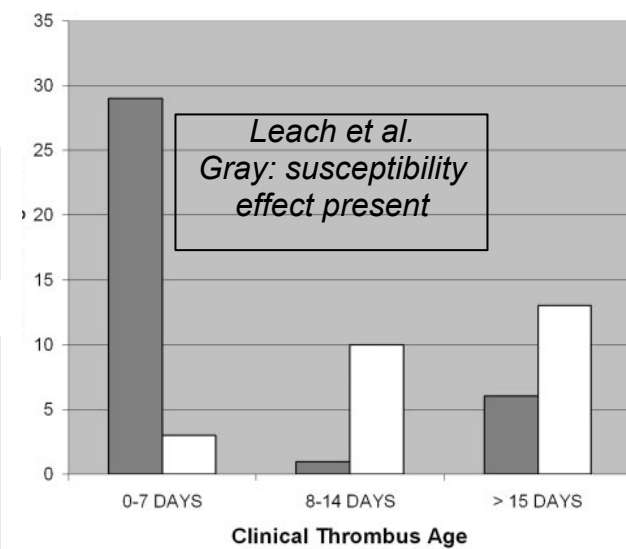
1. Radbruch A, Mucke J, Schweser F, Deistung A, Ringleb PA, Ziener CH, et al. Comparison of susceptibility weighted imaging and TOF-angiography for the detection of Thrombi in acute stroke. *PLoS ONE*. 2013;8(5):e63459.
2. Huang P, Chen C-H, Lin W-C, Lin R-T, Khor G-T, Liu C-K. Clinical applications of susceptibility weighted imaging in patients with major stroke. *J Neurol*. 2012 Jul;259(7):1426–32.
3. Hermier M, Nighoghossian N. Contribution of susceptibility-weighted imaging to acute stroke assessment. *Stroke*. 2004 Aug;35(8):1989–94.
4. Flacke S, Urbach H, Keller E, Träber F, Hartmann A, Textor J, et al. Middle cerebral artery (MCA) susceptibility sign at susceptibility-based perfusion MR imaging: clinical importance and comparison with hyperdense MCA sign at CT. *Radiology*. 2000 May;215(2):476–82.



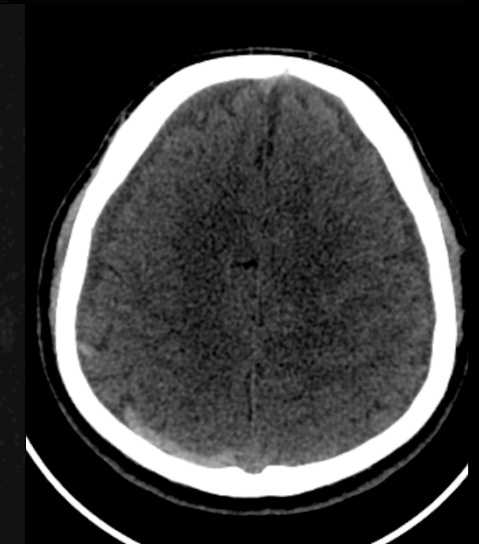
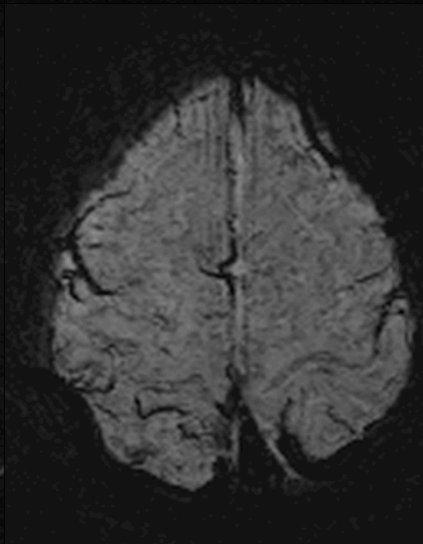
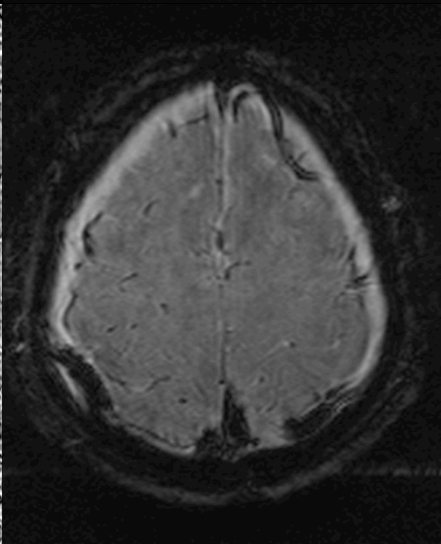
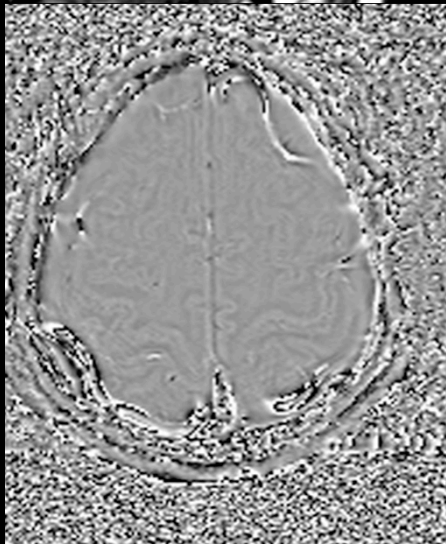
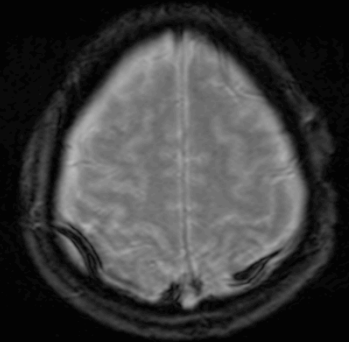
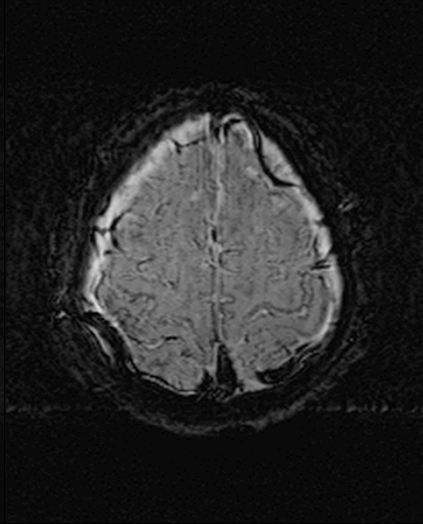
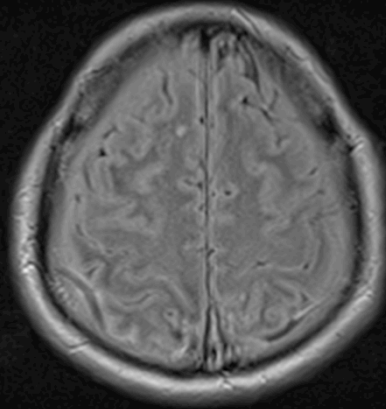
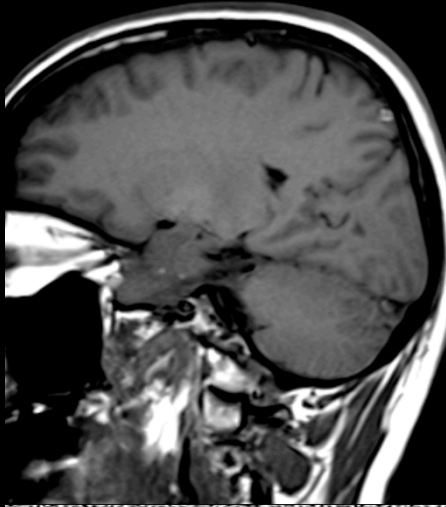
Thrombose veineuse cérébrale

- **Stade subaigu**
 - Méthémoglobine
 - Diminution de l'effet paramagnétique
 - Hypersignal sur toutes les séquences (T2*)
 - Problème de détection du thrombus en T2*
 - Problème de la date de la thrombose
- **Persistance de l'hyposignal SWI et hypersignal QSM**

1. *Idbaih et al. Stroke. 2006 Apr;37(4):991–5.*
2. *Boukobza et al. American Journal of Neuroradiology. 2009 Feb;30(2):344–8.*
3. *Bonneville et al. American Journal of Neuroradiology. 2009 Nov;30(10):E145–6–authorreplyE147.*
4. *Leach et al. American Journal of Neuroradiology. 2007 May;28(5):940–5.*
5. *Battal et al. Eur Neurol. 2014;71(1-2):57–8.*

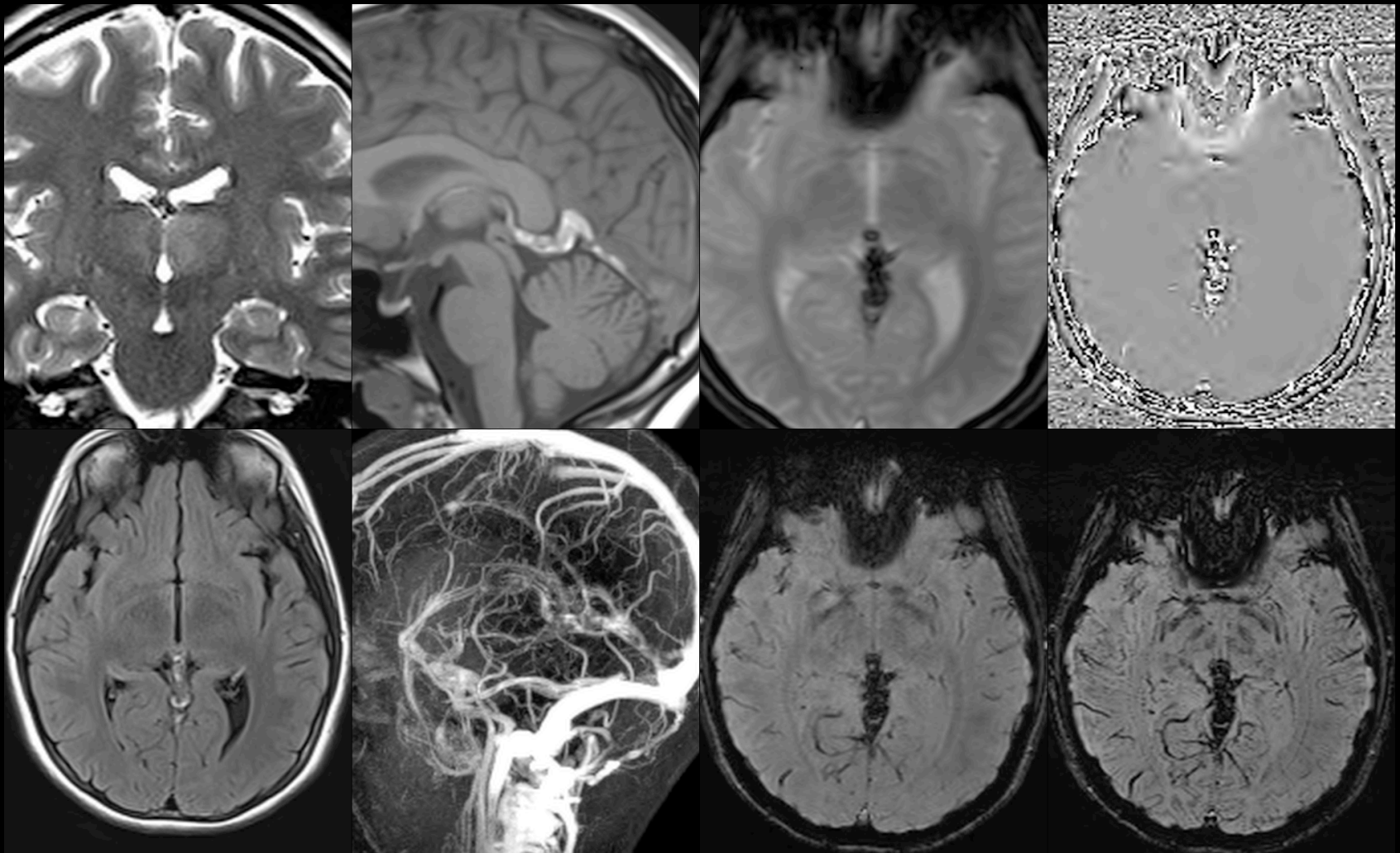


Thrombose veineuse cérébrale



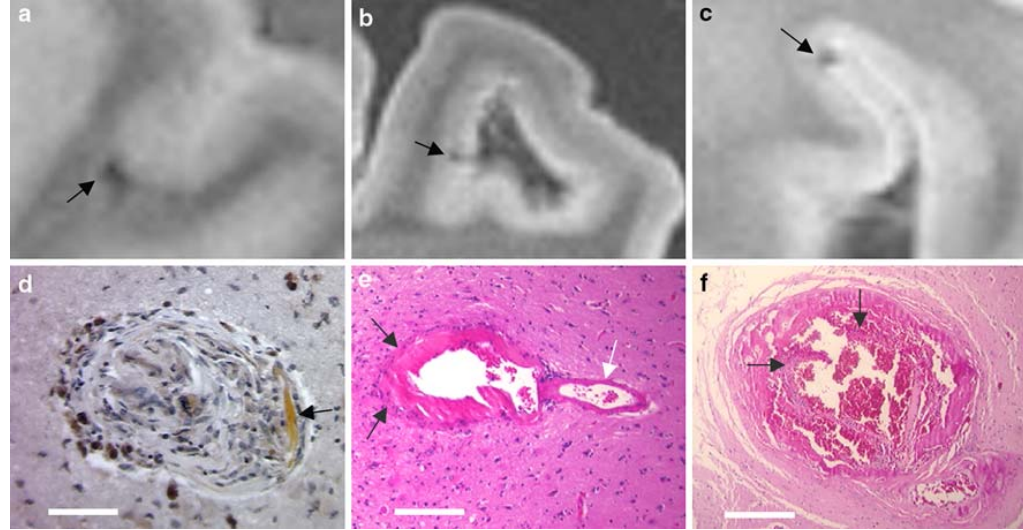
- Homme 55 ans

Thrombose veineuse cérébrale



- Jeune fille 19 ans

Détection des microsaignements



- SWI plus sensible que la séquence T2*
 - Cheng et al.
- Bonne corrélation entre la taille de l'artefact de susceptibilité et la taille du saignement
 - Anatomopathologie
 - Schrag et al.

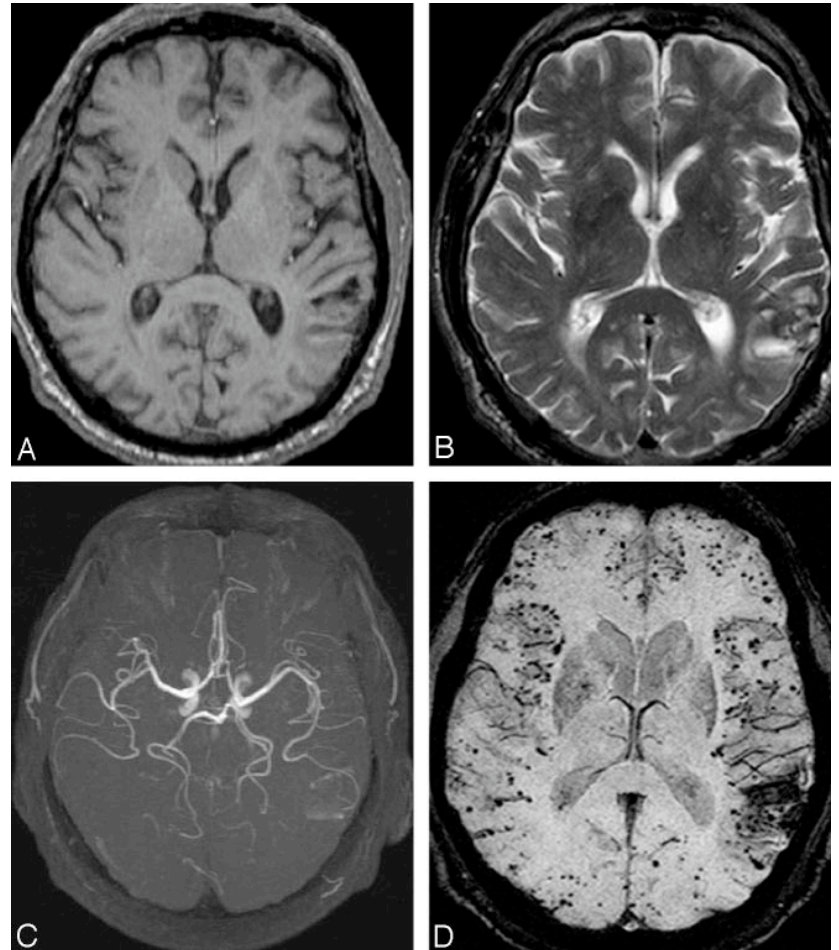
1. Schrag M, McAuley G, Pomakian J, Jiffry A, Tung S, Mueller C, et al. Correlation of hypointensities in susceptibility-weighted images to tissue histology in dementia patients with cerebral amyloid angiopathy: a postmortem MRI study. *Acta Neuropathol.* 2010 Mar;119(3): 291–302.
2. Cheng A-L, Batool S, McCreary CR, Lauzon ML, Frayne R, Goyal M, et al. Susceptibility-weighted imaging is more reliable than T2*-weighted gradient-recalled echo MRI for detecting microbleeds. *Stroke.* 2013 Oct;44(10):2782–6.

Microsaignements cérébraux

- Angiopathies amyloïdes cérébrales
- CADASIL
- Vascularites
- Leucoencéphalopathie hypertensive
- Cavernomatose familiale

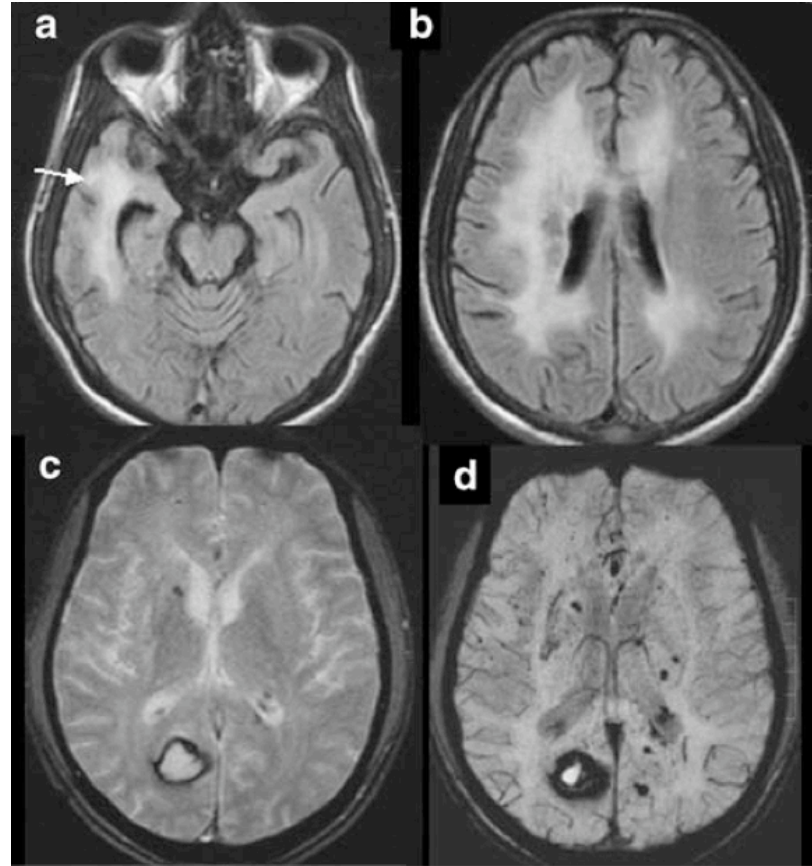
Angiopathies amyloïdes cérébrales

- Microsaignements cortico-sous-corticaux
- Hémorragies intraparenchymateuses



CADASIL

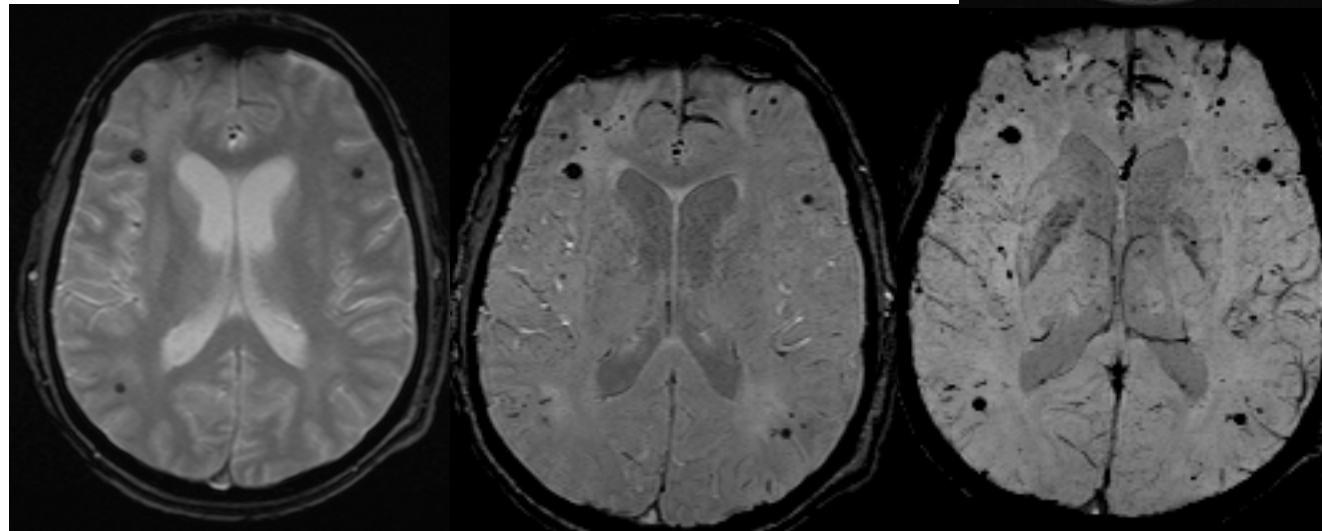
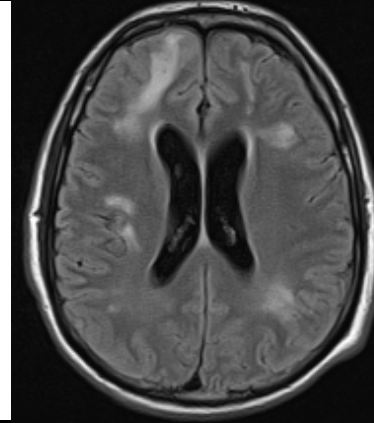
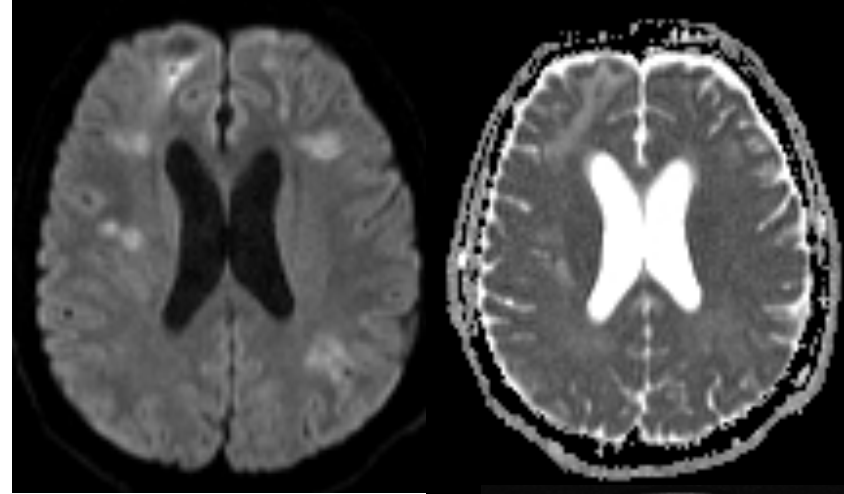
- « Cerebral autosomal dominant arteriopathy with subcortical infarcts and leukoencephalopathy »
- Maladie autosomique dominante
- Mutation gène Notch 3
- Hématomes intraparenchymateux
- Microsaignements intracrâniens
- Plages d'anomalies de la substance blanche
- Accidents vasculaires cérébraux ischémiques sous-corticaux



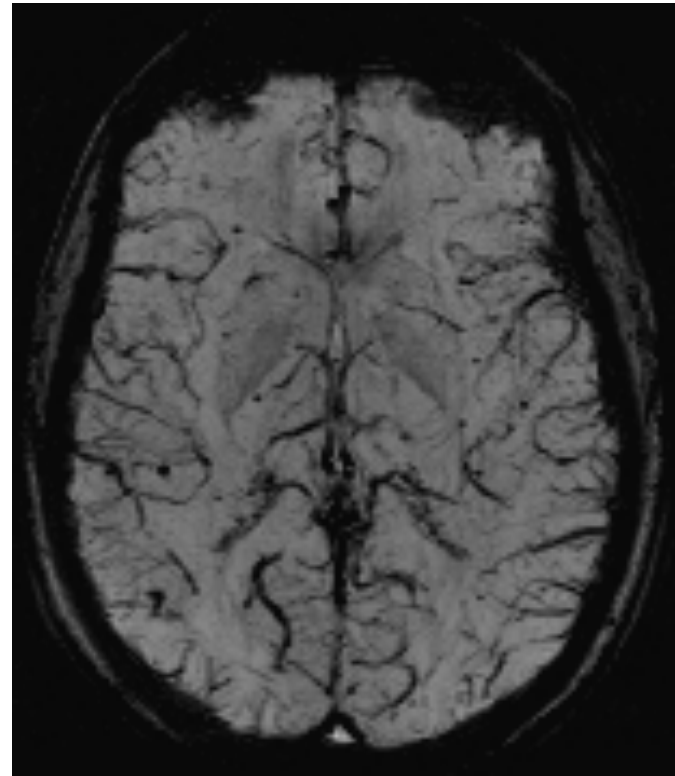
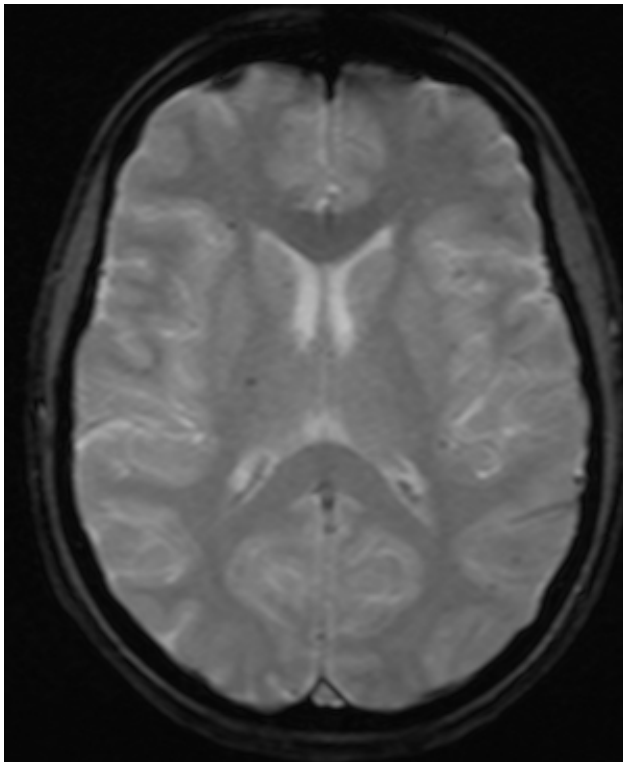
1. Thomas - 2008 – *Neuroradiology*
2. Chabriat H, Joutel A, Dichgans M, Tournier-Lasserre E, Bousser M-G. CADASIL. *The Lancet Neurology*. 2009 Jul;8(7):643–53.

Vascularite

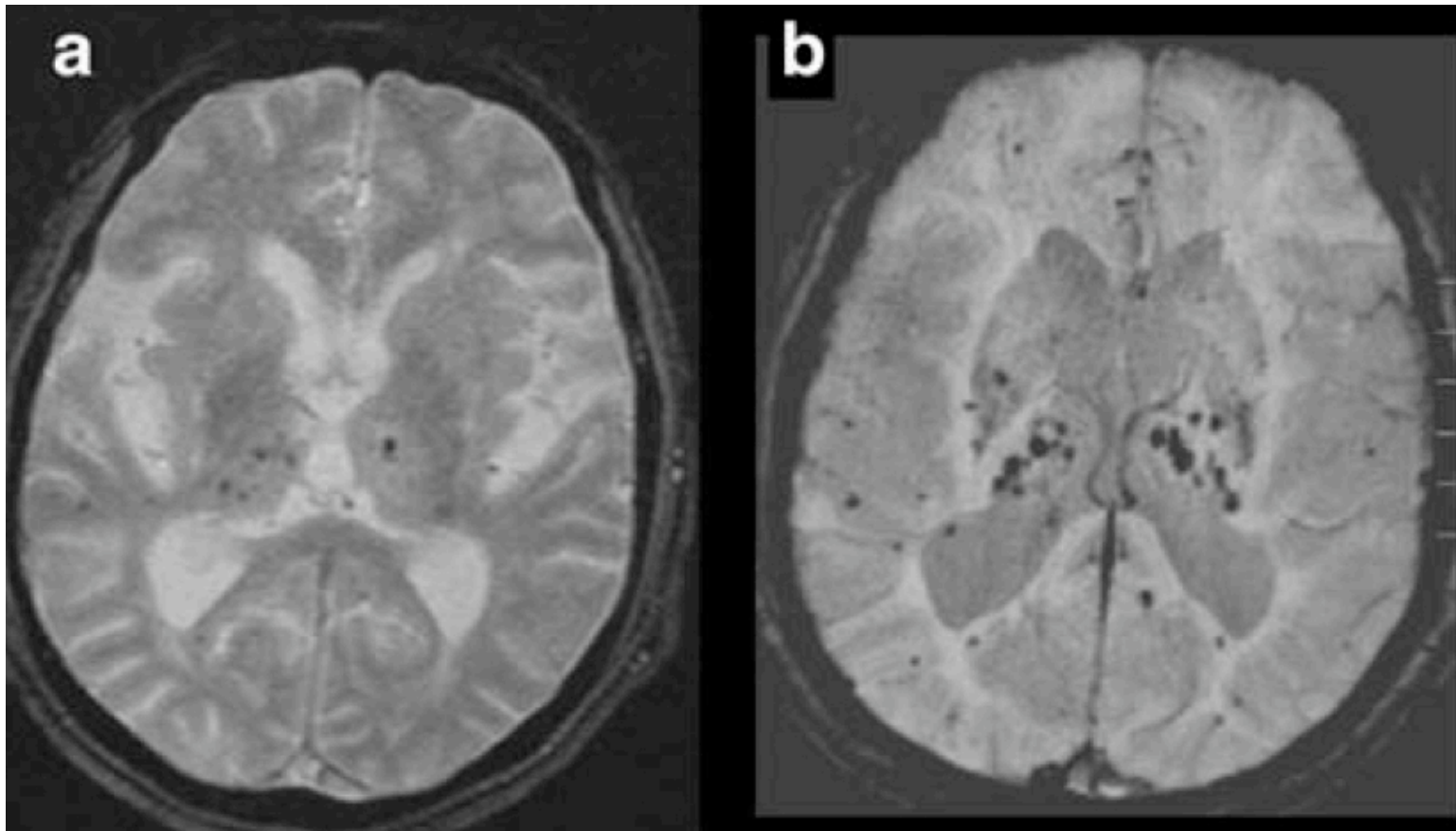
- Enfant
- Méningite à pneumocoque



Traitement par anticoagulants



Leucoencéphalopathie hypertensive

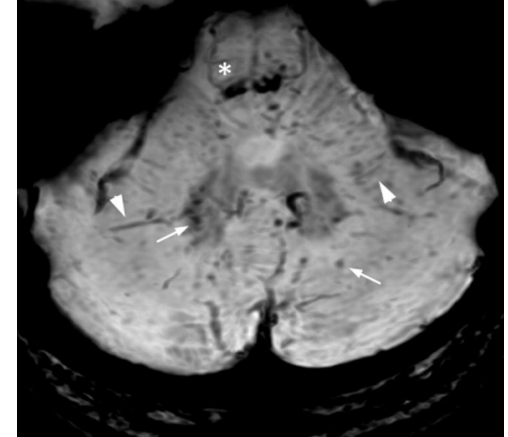
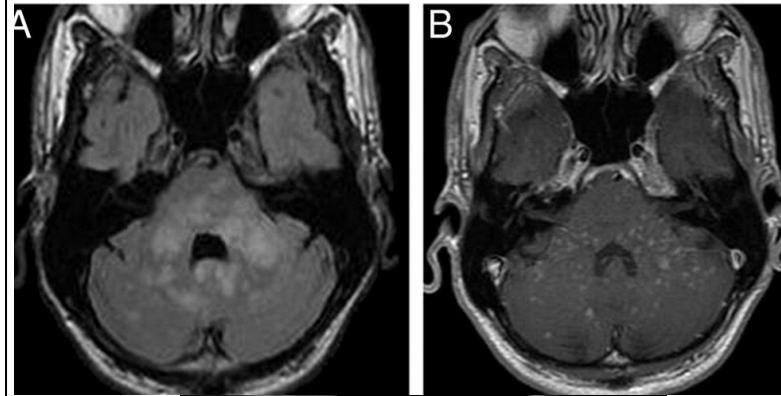


1. Thomas - 2008 - Neuroradiology

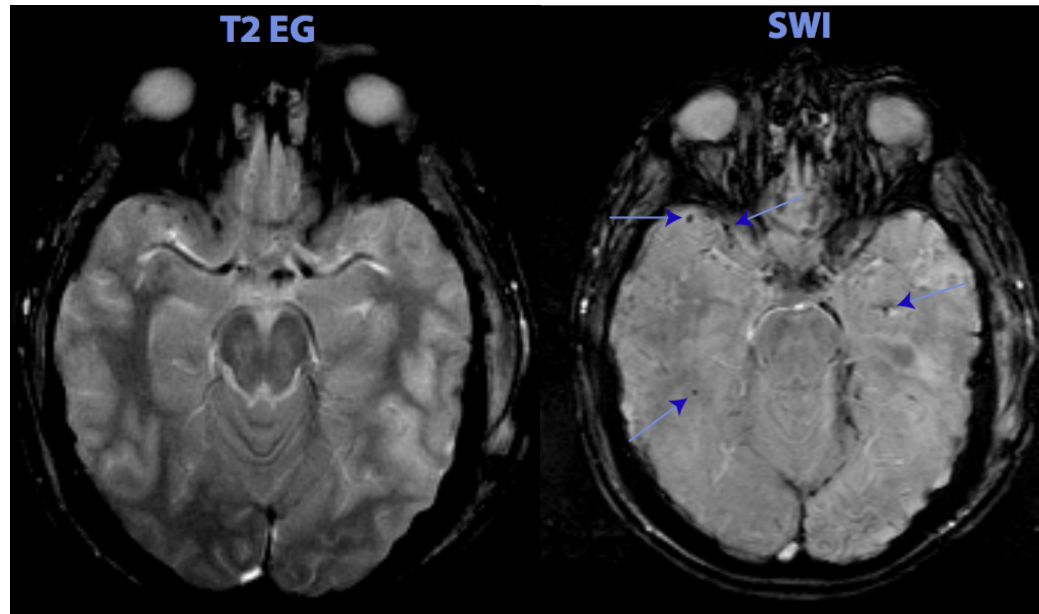
CLIPPERS

- Inflammation lymphocytaire chronique avec prise de contraste pontique périvasculaire sensible aux stéroïdes (Chronic Lymphocytic Inflammation With Pontine Perivascular Enhancement Responsive to Steroids)
- Cohorte française (Taieb et al.)
- Présence de microbleeds: exclusion du diagnostic de CLIPPERS
- Imagerie de susceptibilité:
 - H 40 ans
 - Microsaignements diffus
 - Diagnostic de CLIPPERS sans preuve anatomopathologique

1. Taieb G, Duflos C, Renard D, Audoin B, Kaphan E, Pelletier J, et al. Long-term Outcomes of CLIPPERS (Chronic Lymphocytic Inflammation With Pontine Perivascular Enhancement Responsive to Steroids) in a Consecutive Series of 12 Patients. *Arch Neurol.* 2012 Jul 1;69(7):847–55.
2. Pesaresi I, Sabato M, Desideri I, Puglioli M, Moretti P, Cosottini M. 3.0T MR investigation of CLIPPERS: role of susceptibility weighted and perfusion weighted imaging. *Magn Reson Imaging.* 2013 Nov;31(9):1640–2.



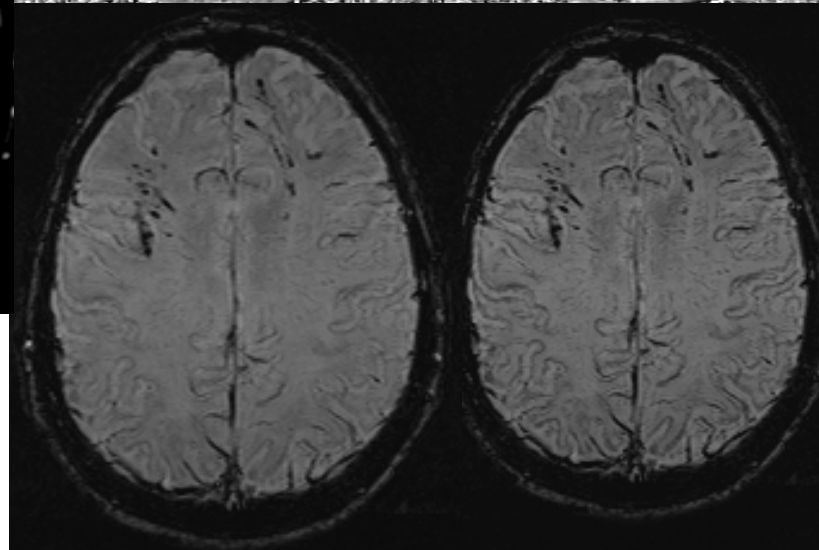
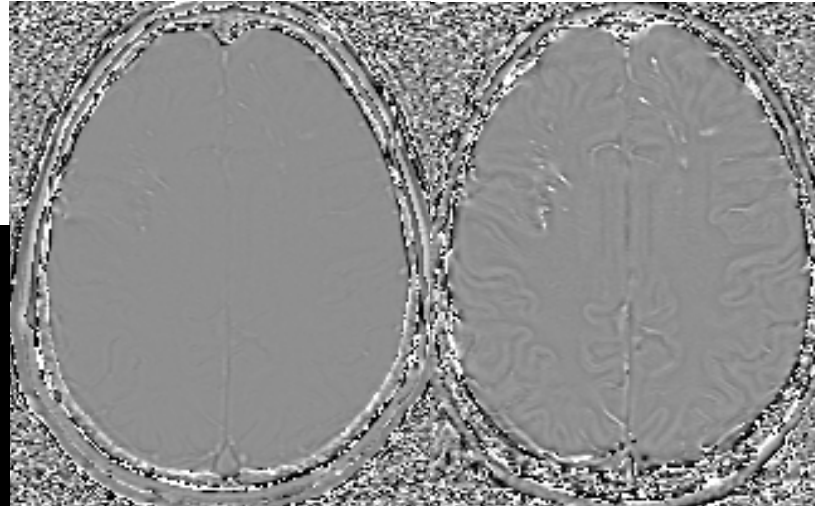
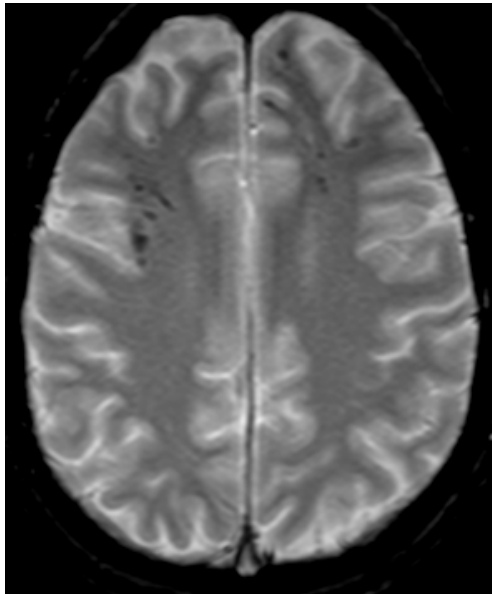
Lésions axonales diffuses



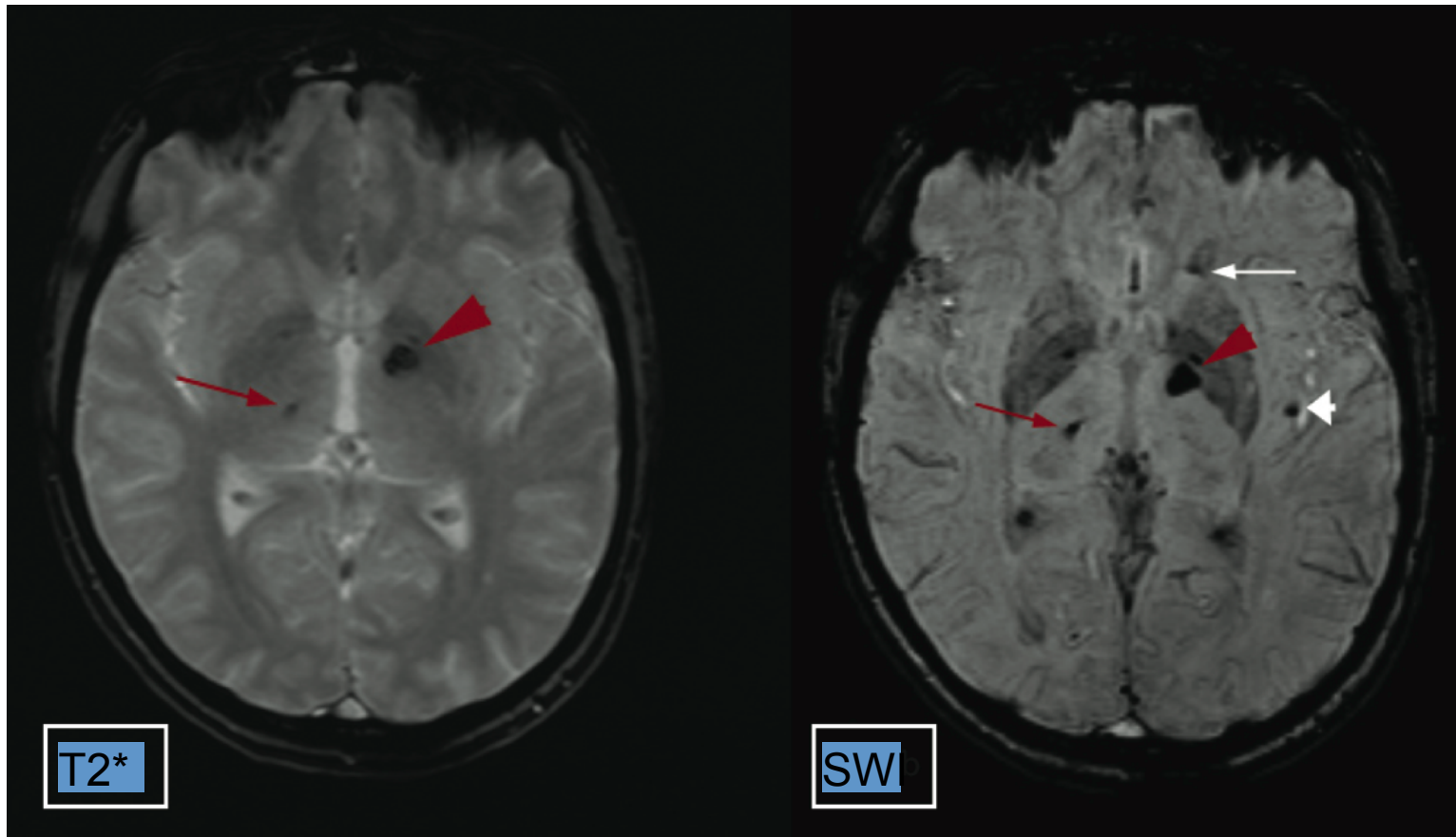
- Patient de 27 ans
- LAD hémorragiques en hypointensité T2EG mieux visibles sur la séquence SWI

1. Hasiloglu ZI, Albayram S, Selcuk H, Ceyhan E, Delil S, Arkan B, et al. Cerebral microhemorrhages detected by susceptibility-weighted imaging in amateur boxers. *American Journal of Neuroradiology*. 2011 Jan;32(1):99–102.
2. Tong KA, Ashwal S, Holshouser BA, Shutter LA, Herigault G, Haacke EM, et al. Hemorrhagic Shearing Lesions in Children and Adolescents with Posttraumatic Diffuse Axonal Injury: Improved Detection and Initial Results. *Radiology*. 2003 May 1;227(2):332–9.
3. Tong KA, Ashwal S, Holshouser BA, Nickerson JP, Wall CJ, Shutter LA, et al. Diffuse axonal injury in children: Clinical correlation with hemorrhagic lesions. *Ann Neurol*. 2004;56(1):36–50.

Lésions axonales diffuses

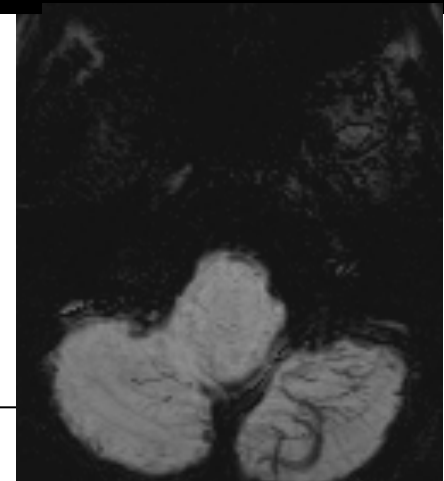
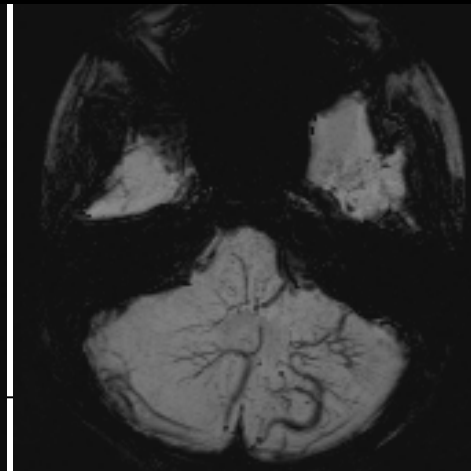
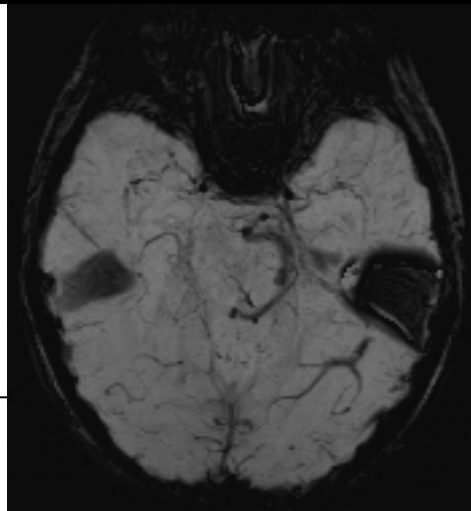
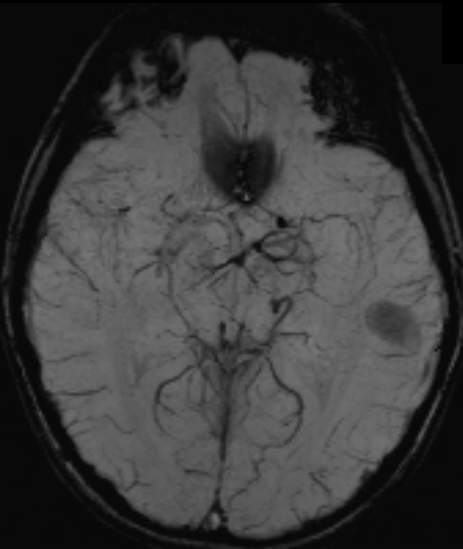
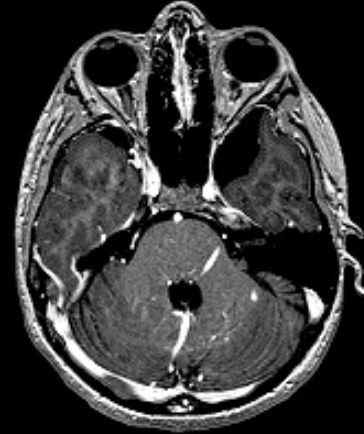
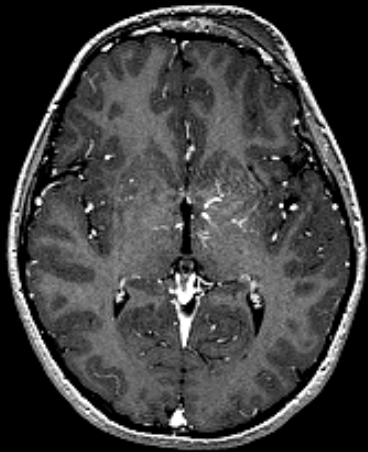


Cavernomes cérébraux

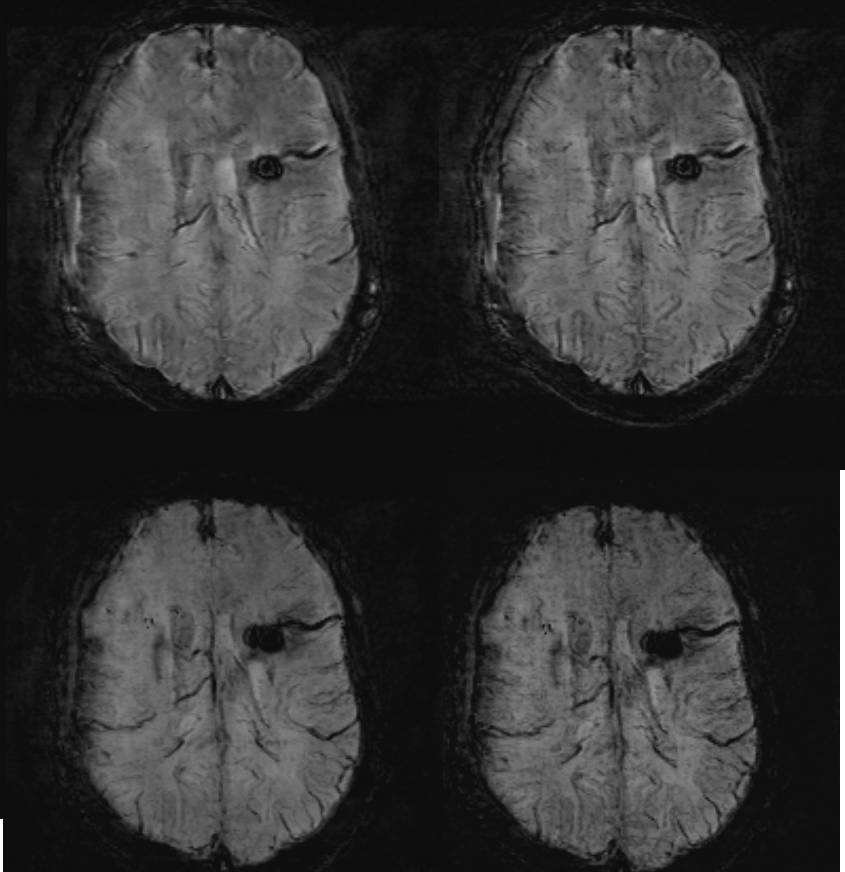
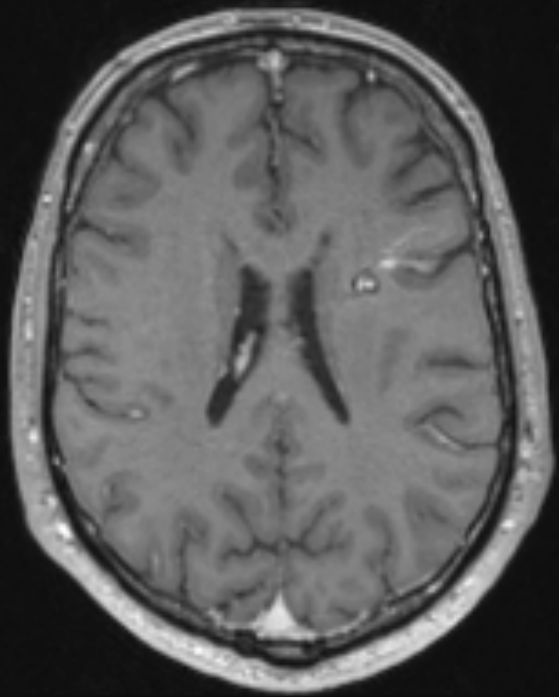
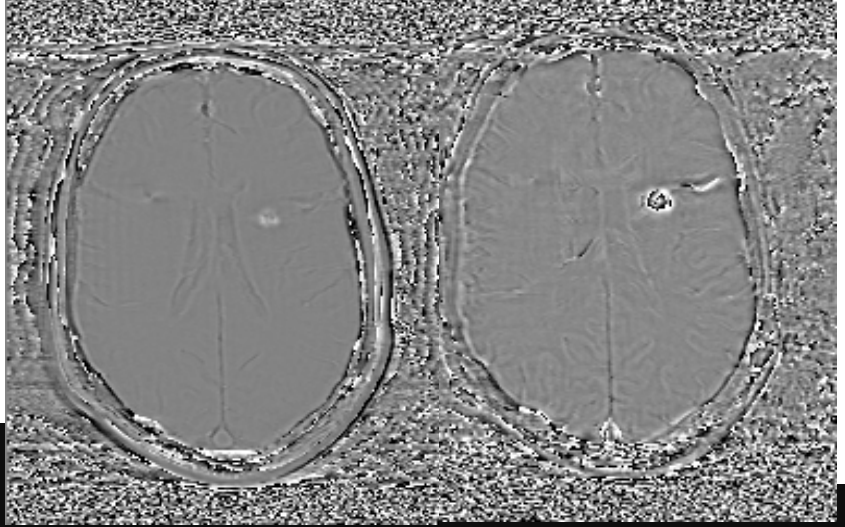


1. Menjot de Champfleur N, Langlois C, Ankenbrandt WJ, Le Bars E, Leroy MA, Duffau H, et al. MRI evaluation of cerebral cavernous malformations with susceptibility-weighted imaging. *Neurosurgery*. 2010 Dec 15.

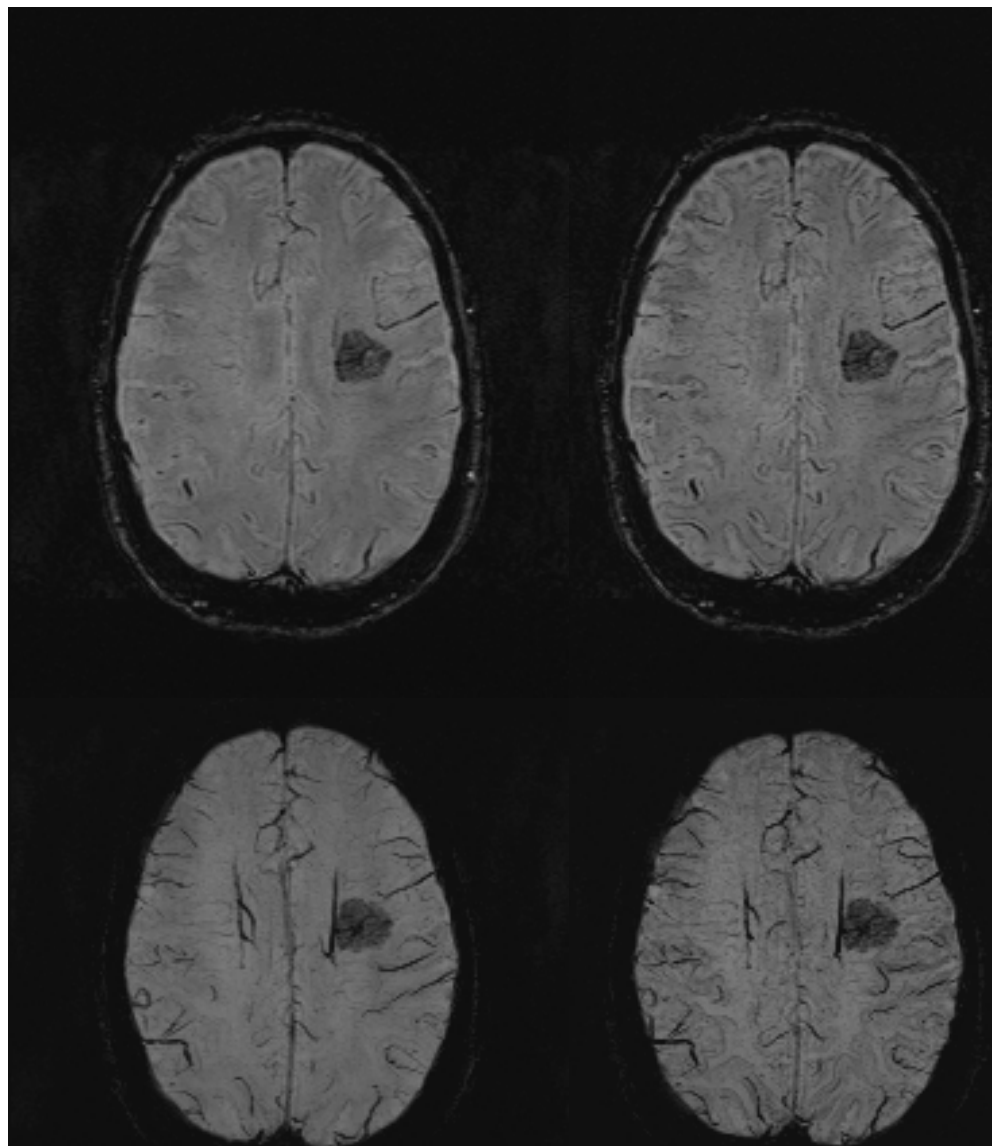
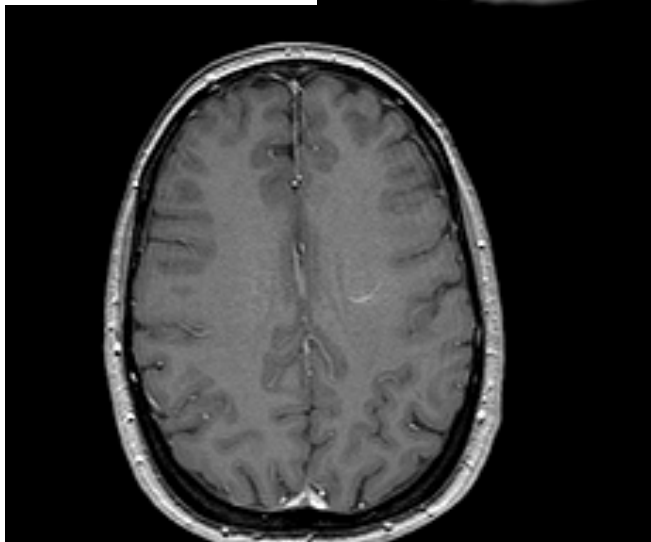
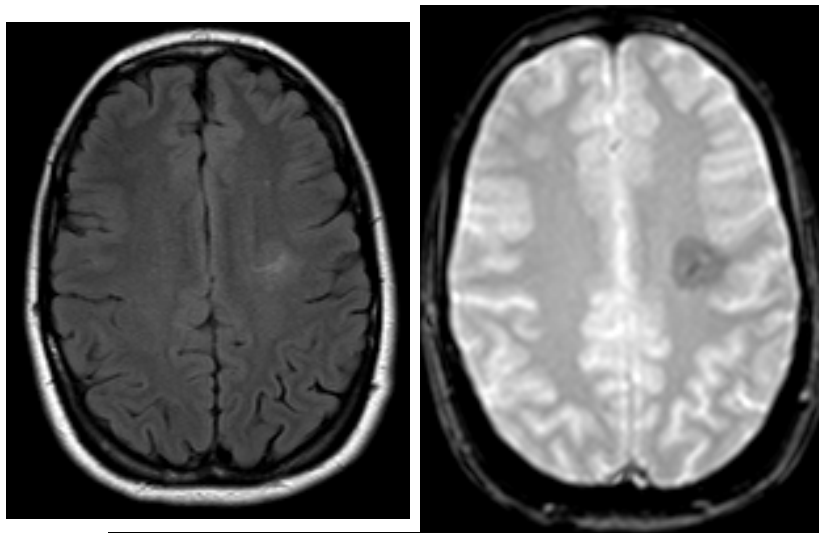
Anomalie veineuse de développement



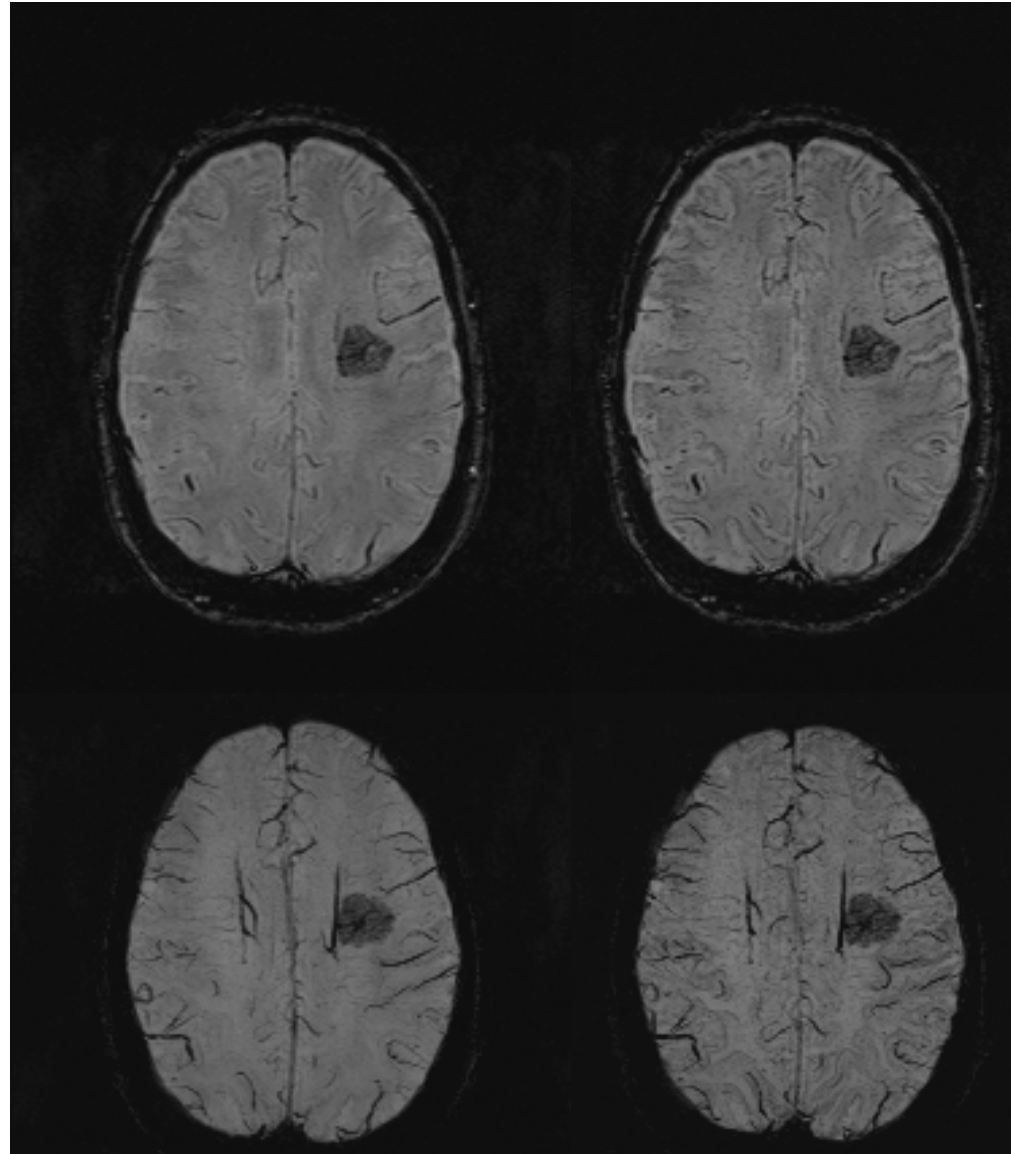
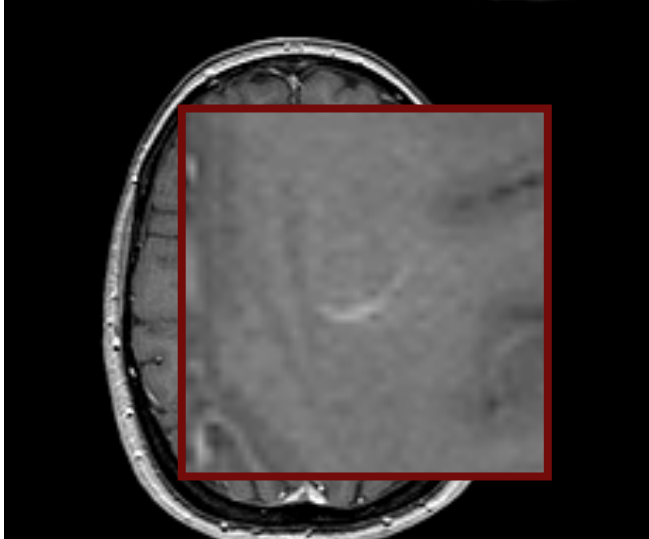
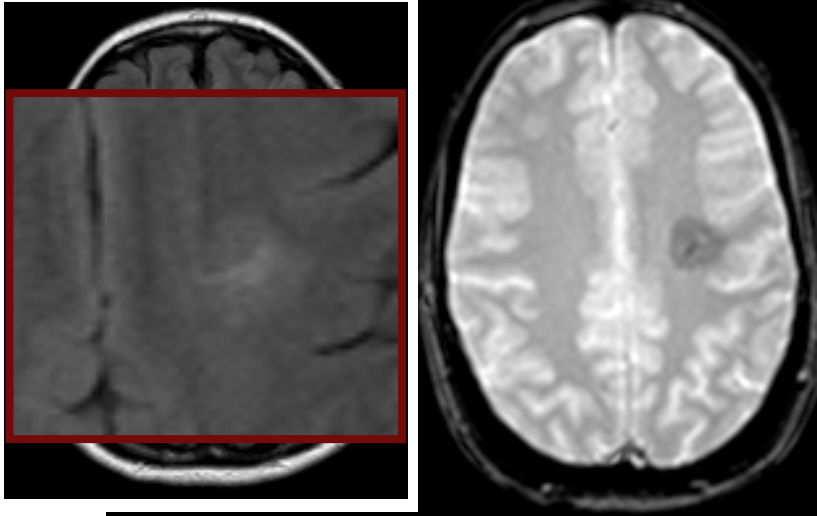
Association cavernome et AVD



Telangiectasie capillaire

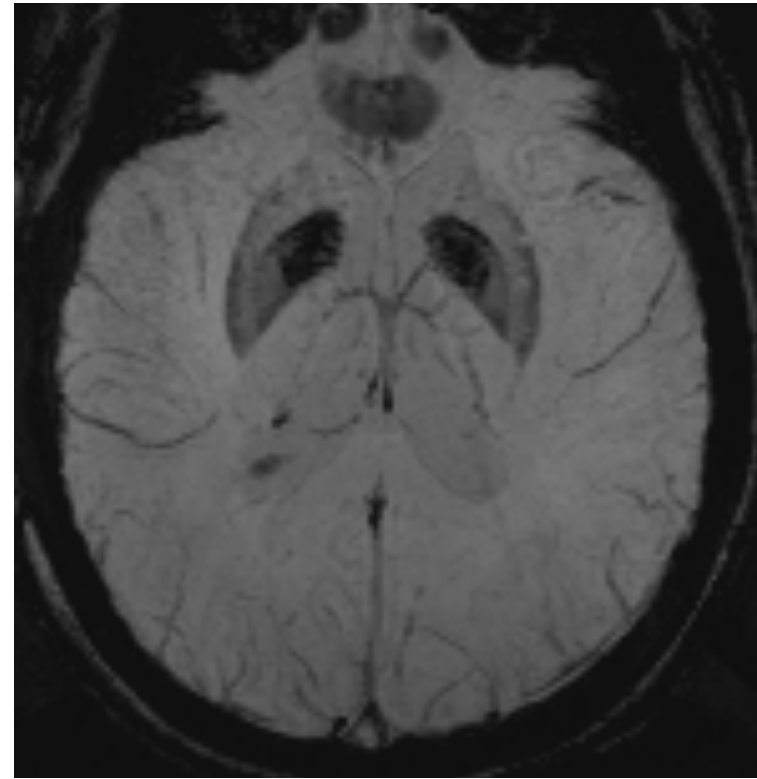
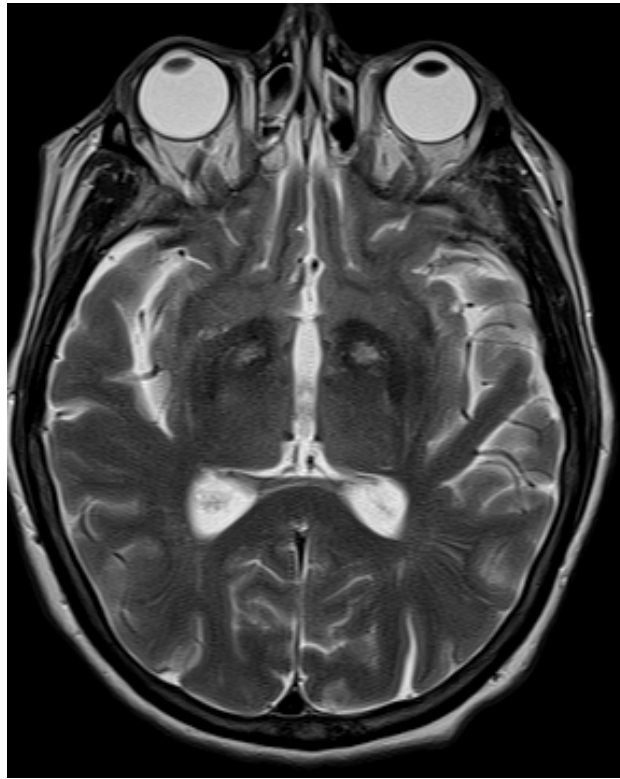


Telangiectasie capillaire

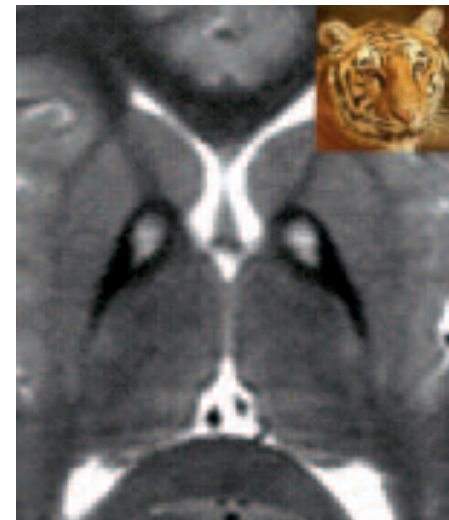


et...

NBIA

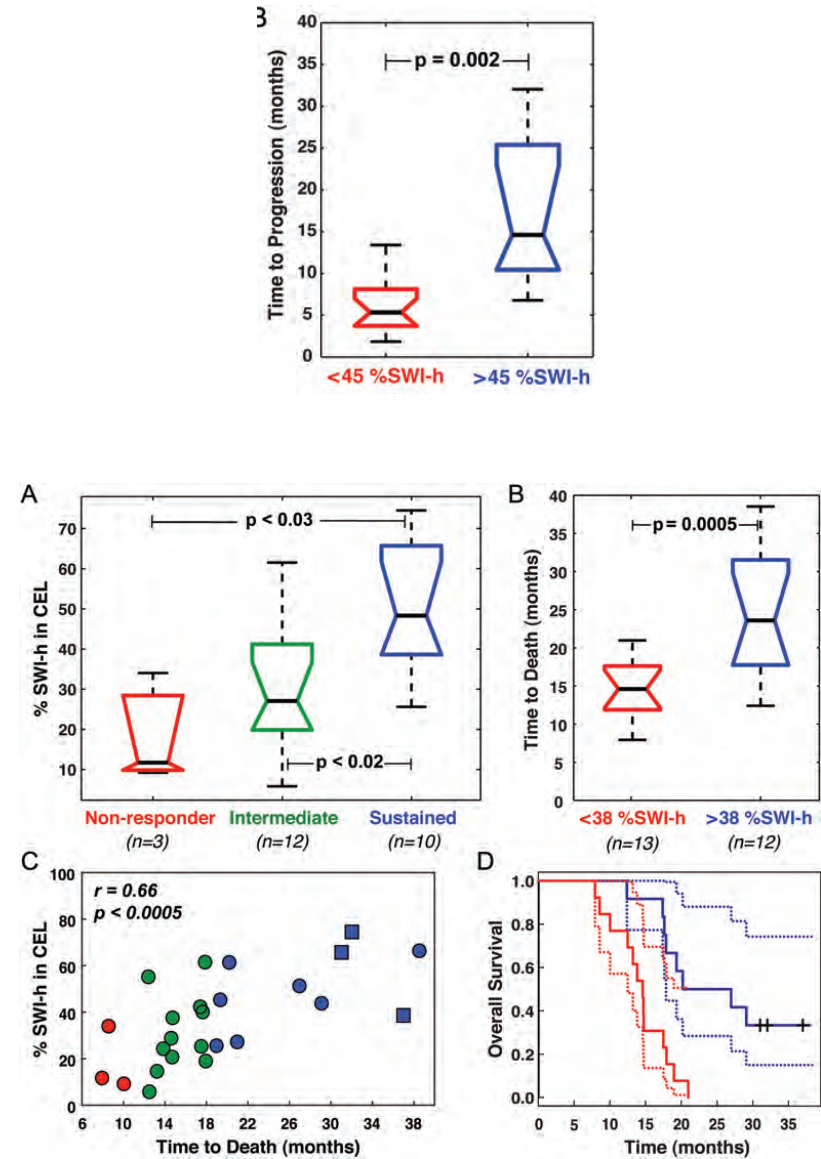
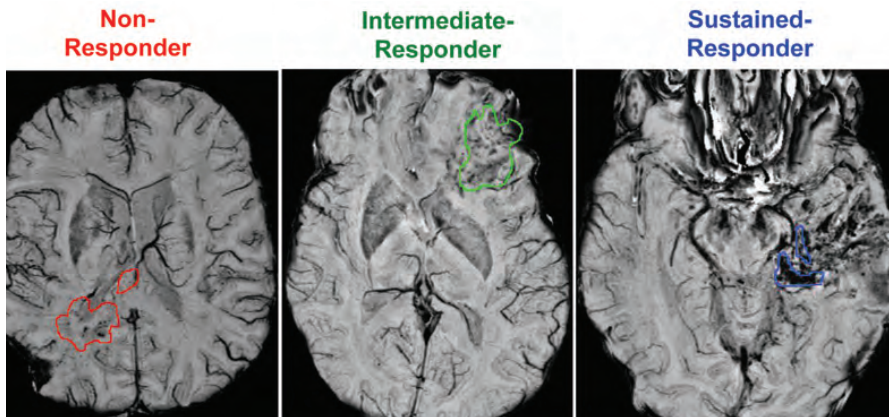


- Pantothenate kinase-associated neurodegeneration (PKAN)
- Groupe des NBIA
- Accumulation de fer



Réponse thérapeutique et SWI

- 23 sujets porteurs de glioblastomes
- Paramètre:
 - %SWI-h
 - Volume de la prise de contraste présentant des hypointensités en SWI
- Augmentation du %SWI-h chez les sujets répondeurs (TMZ, enzastaurin, RT)
- Association entre %SWI-h et
 - Survie
 - Survie sans progression
- Seuil de 38,1%?



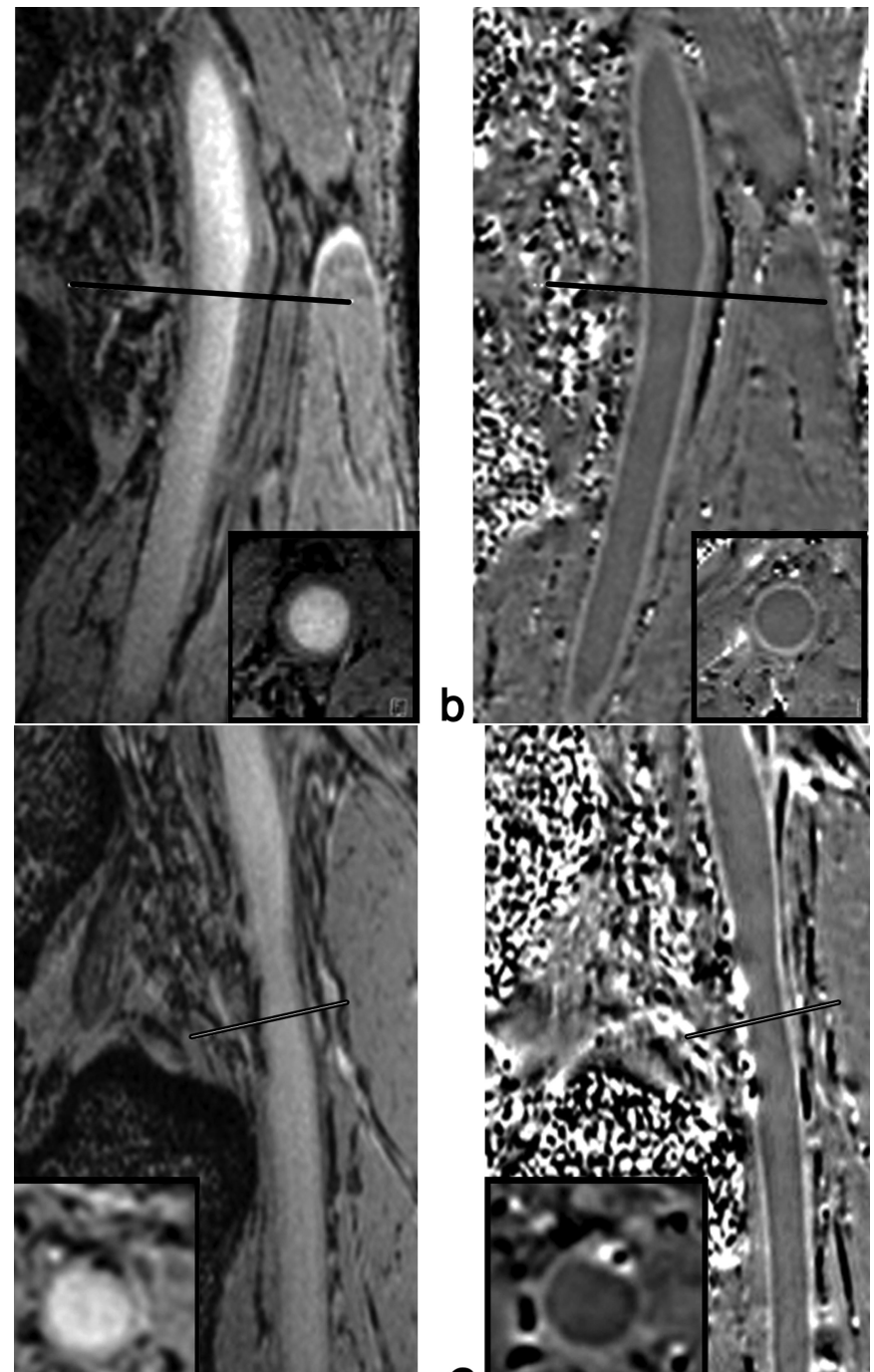
Perspectives

- Imagerie de la paroi vasculaire artérielle

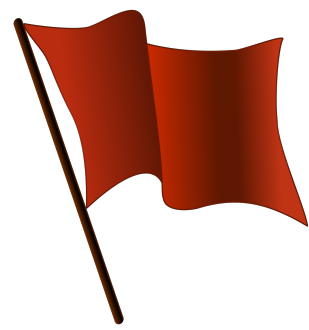
Imagerie de la paroi vasculaire

- Exploration de la paroi vasculaire
- Recherche de calcifications...

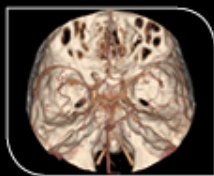
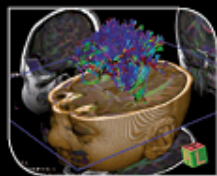
1. Yang Q, Liu J, Barnes SRS, Wu Z, Li K, Neelavalli J, et al. Imaging the vessel wall in major peripheral arteries using susceptibility-weighted imaging. *J Magn Reson Imaging*. 2009 Aug;30(2):357–65.
2. Barnes SRS, Haacke EM. Susceptibility-Weighted Imaging: Clinical Angiographic Applications. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 2009 Feb;17(1):47–61.



Conclusion



1. SWI: imagerie pondérée par la susceptibilité
 - a. Doit intégrer les informations de la phase
 - b. Produit un contraste spécifique
 - c. Imagerie qualitative
 - d. Détection
 - ① Calcifications
 - ② Hémorragies intracrâniennes
2. QSM: quantitative susceptibility mapping
 - a. Difficulté de mise en place
 - ① Gestion des artefacts de phases
 - b. Cartographie de la susceptibilité magnétique
 - c. Quantifie directement les modifications locales de la susceptibilité
 - d. Validation *in vitro* et *ex vivo*

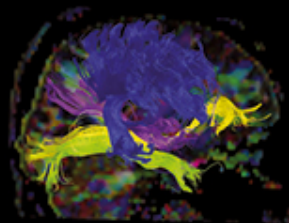


3-5 avril 2014

Novotel Paris Tour Eiffel

nouveau lieu

41^{ème} CONGRÈS ANNUEL
de la Société Française
de NeuroRadiologie



Présidente du congrès
Pr Alessandra Blondi

Président de la SFNR
Pr Alain Bonafé

