



HAL
open science

Étude volumétrique des régions cérébrales de nouveau-nés prématurés

Margaux Alloux, Vivien Kraus, Philippe Regnault, Guillaume Dollé, G.
Loron, Nathalie Bednarek, François Rousseau, Nicolas Passat

► **To cite this version:**

Margaux Alloux, Vivien Kraus, Philippe Regnault, Guillaume Dollé, G. Loron, et al.. Étude volumétrique des régions cérébrales de nouveau-nés prématurés. Journée Scientifique autour de l'IA (JSIA), Feb 2023, Nancy, France. hal-03981333

HAL Id: hal-03981333

<https://hal.science/hal-03981333>

Submitted on 30 Mar 2024

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

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

Étude volumétrique des régions cérébrales de nouveau-nés prématurés

M. Alloux¹, V. Kraus¹, P. Regnault², G. Dollé², G. Loron^{1,3}, N. Bednarek^{1,3}, F. Rousseau⁴ et N. Passat¹

¹ Université de Reims Champagne Ardenne, CRéSTIC EA 3804, 51100 Reims, France

² Université de Reims Champagne Ardenne, CNRS, LMR, UMR 9008, 51100 Reims, France

³ Service de médecine néonatale et réanimation pédiatrique, CHU de Reims, France

⁴ IMT Atlantique, LaTIM U1101 INSERM, UBL, Brest, France

1. Contexte clinique

La **prématurité** touche environ 1 nouveau-né sur 10. Des études ont montré que pour ces enfants, la survenue de **séquelles neurologiques** était plus fréquente (troubles moteurs, sensoriels, cognitifs...).

On surveille le développement de ces bébés à l'aide d'examen médicaux, comme l'**imagerie par résonance magnétique** (IRM), l'**électroencéphalographie** (EEG) ou des prélèvements sanguins.

L'étude nationale **EPIPAGE 2** suit une cohorte de nouveau-nés prématurés / grands prématurés, afin d'étudier leur devenir pour comprendre et prévenir les troubles neurologiques pouvant survenir.

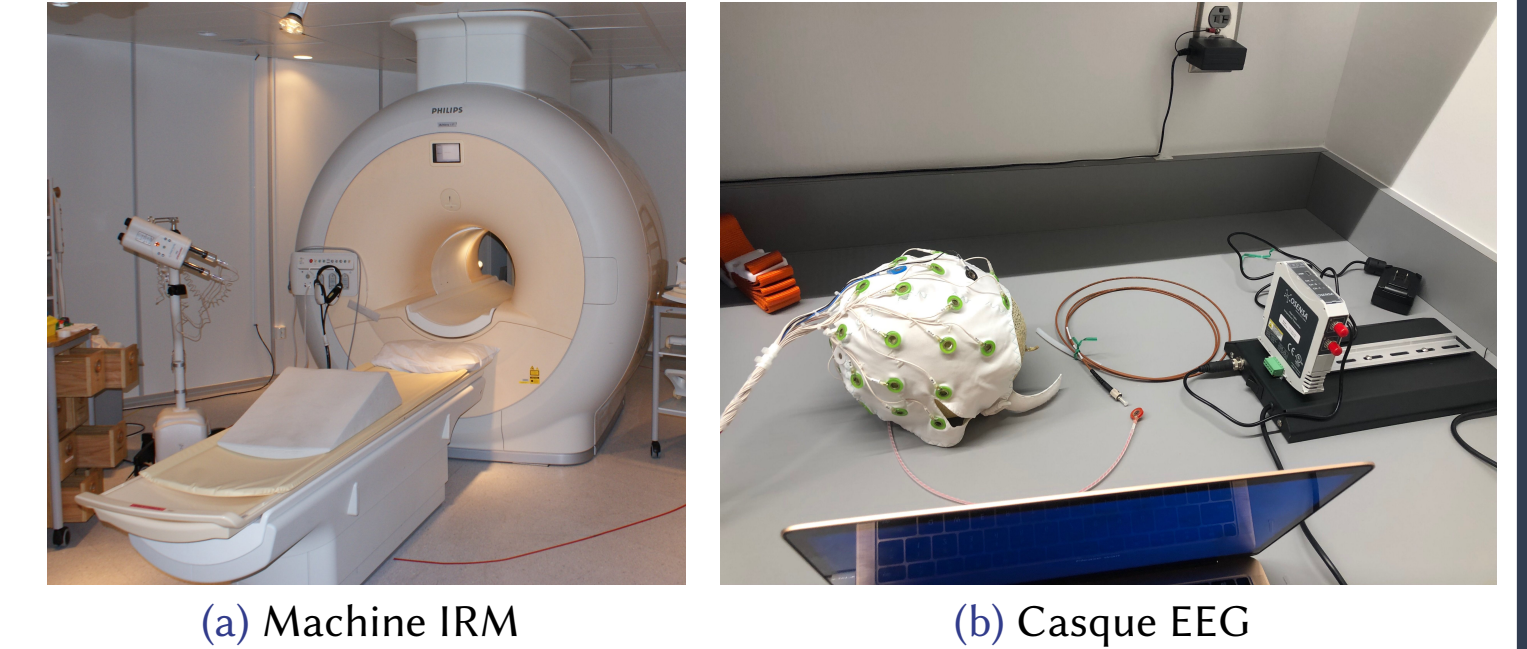


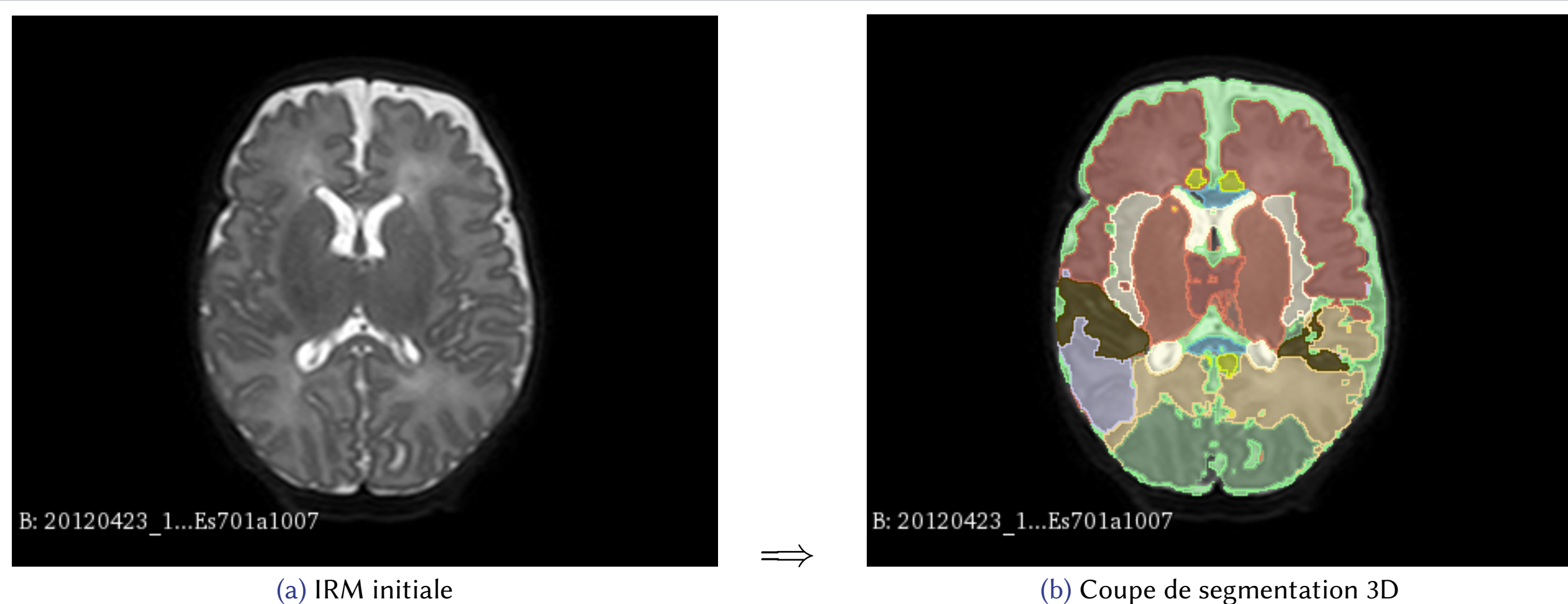
Figure 1. Instruments pour examens médicaux.

2. Génération des données

EPIRMEX est une étude ancillaire composée de 1500 IRMs de nouveau-nés prématurés et grands prématurés, provenant de 12 centres hospitaliers. On applique sur ces images l'algorithme **SegSRGAN** [1] qui génère des images super-résolues et une segmentation 3D du cerveau Ω en 14 zones disjointes Ω_i :

$$\Omega = \bigsqcup_{1 \leq i \leq 14} \Omega_i$$

Ces zones ont été définies cliniquement en regroupant certains labels d'une base contrôle, **dHCP**.



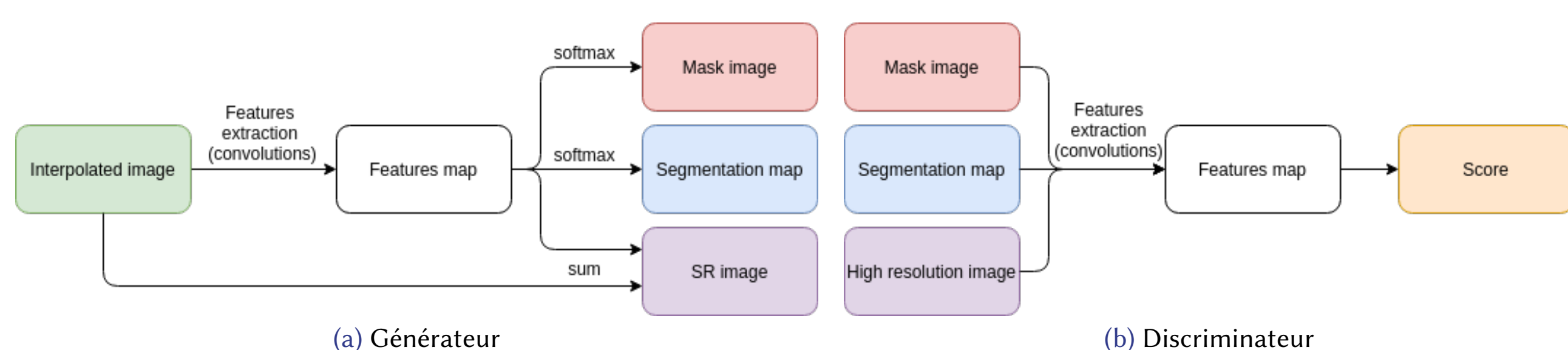
	Occipital	Pariétal	Cervelet	Corps calleux	Tronc cérébral	NGC	CSP_interne	Frontal_autres	Frontal_cingulaire	Temporal_auditif	Temporal_visuel	Temporal_interne	Temporal_latéral	VLATP
Areald	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Qqec2	294717	586324	205549	16958	49984	200580	229795	900821	82629	101304	60128	168604	212545	64737
Ucpp6	241124	449483	201279	13871	51257	167791	237689	798576	62571	72011	51926	160518	172940	63103
Abvg4	259938	446725	166685	12540	47599	185513	196524	766231	57212	81400	50708	144423	193932	24957
Hyte8	280537	527424	154949	19006	39462	189433	200320	868732	79533	106620	61868	145274	199692	37023

(c) Extrait de la table de données volumétriques (simplifiée)

Figure 2. Processus de génération des données volumétriques.

3. Segmentation

L'algorithme de segmentation d'image IRM est basée sur les réseaux antagonistes génératifs (GAN) : (a) le générateur G produit deux sorties (segmentation S_X et reconstruction super-résolution X) ; (b) le discriminateur D estime le réalisme des sorties.



Fonctions coût à minimiser (ρ Charbonnier) :

$$\mathcal{L}_{adv} = \mathbb{E}_{X \sim P_X, S_X \sim P_{S_X}} [D((X, S_X))] - \mathbb{E}_{Z \sim P_Z} [D(G(Z))]$$

$$\mathcal{L}_{dis} = \lambda_{gp} \mathbb{E}_{\tilde{X} \sim \tilde{P}_{\tilde{X}}} [(\|\nabla_{\tilde{X}} D(\tilde{X} S)\|_2 - 1)^2] - \mathcal{L}_{adv}$$

$$\text{tel que } \tilde{X} S = (1 - \varepsilon)(X, S_X) + \varepsilon G(Z)$$

$$\mathcal{L}_{gen} = \lambda_{adv} \mathcal{L}_{adv} + \mathbb{E}_{X \sim P_X, S_X \sim P_{S_X}} [\rho((X, S_X) - G(Z))]$$

Références

[1] Q. Delannoy et al. SegSRGAN: Super-resolution and segmentation using generative adversarial networks – Application to neonatal brain MRI. *Comp Biol Med*, 120:103755, 2020.

4. Score de lecture

Intérêt : Fournir une aide aux médecins pour la relecture et la validation des segmentations (*image par image, pour les 14 zones*).

Notons $v_i^{(p)}$ le volume de la zone Ω_i du patient p , et $V^{(p)} = \sum_{i=1}^{14} v_i^{(p)}$ son volume intracrânien. On calcule des taux de volumes $w_i^{(p)}$, que l'on centre et réduit pour obtenir $\gamma_i^{(p)}$:

$$w_i^{(p)} = \frac{v_i^{(p)}}{V^{(p)}}, \quad \gamma_i^{(p)} = \frac{w_i^{(p)} - \mu_i}{\sigma_i}$$

avec μ_i et σ_i respectivement le taux moyen et l'écart-type de Ω_i .

On a $\gamma_i = (\gamma_i^{(1)}, \dots, \gamma_i^{(N)})$ où N est le nombre de patients. On construit les scores $S_i^{(p)}$:

$$S_i^{(p)} = \frac{\gamma_i^{(p)}}{\|\gamma_i\|_\infty} \in [-1, 1]$$

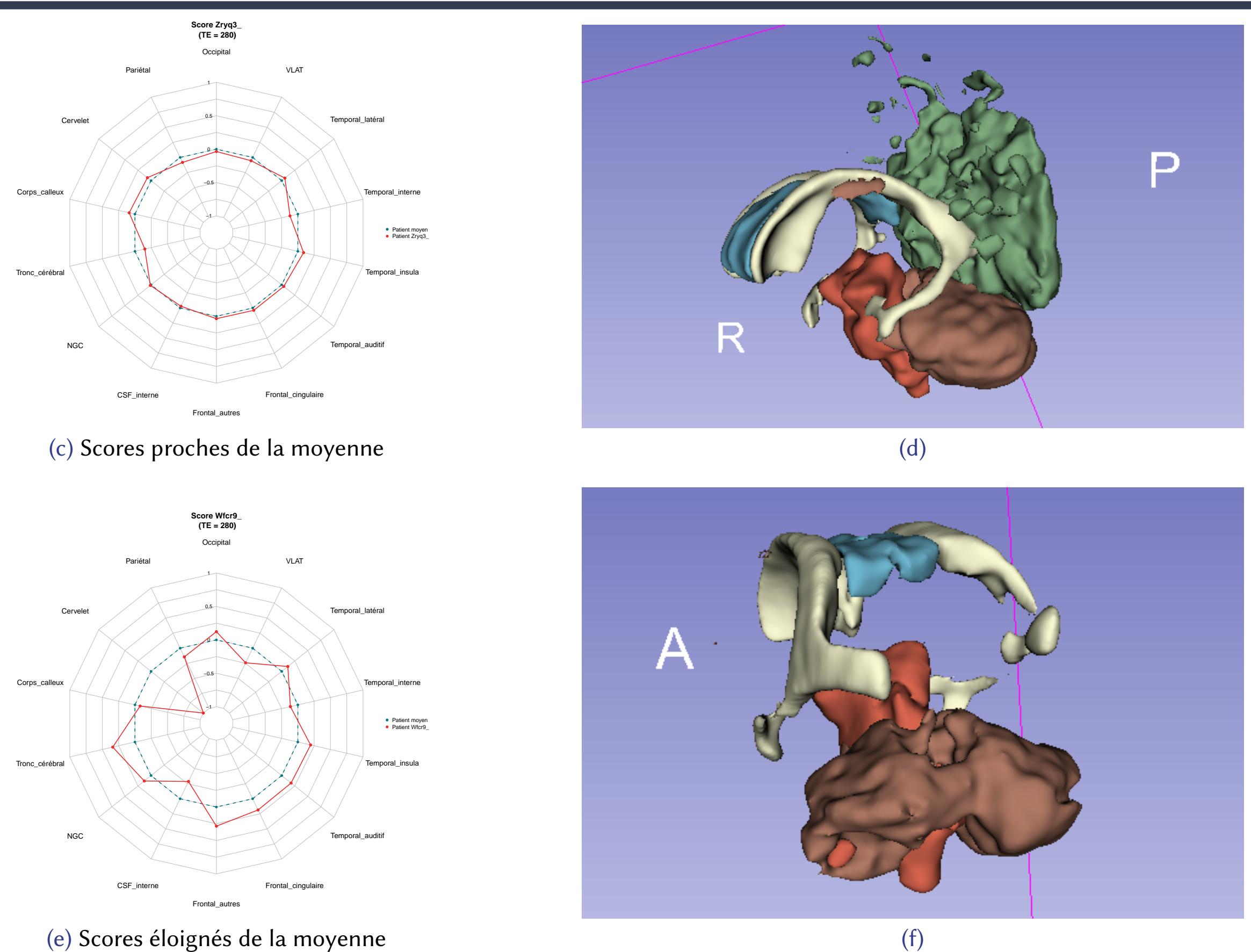


Figure 3. Représentation des scores (à gauche) et segmentations associées (à droite).

5. Clustering

Données utilisées : Âge des patients, volumes intracrâniens et volumes de 3 zones (corps calleux, tronc cérébral et cervelet).

Méthodes de clustering : Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et K-Moyennes.

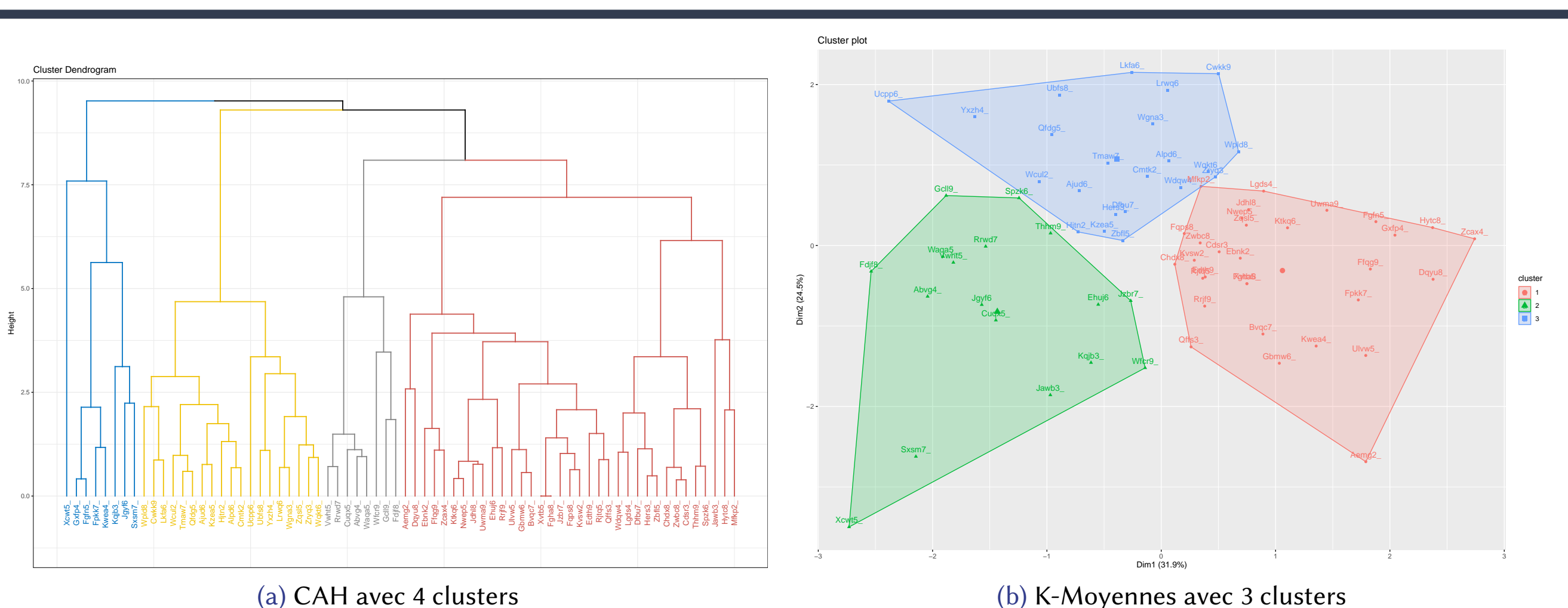


Figure 4. Résultats des deux méthodes de clustering.