

Approche multi-atlas pour la segmentation d'IRM cérébrale et l'extraction de données TEP régionales chez le rat

Sophie Lancelot

BioRaN/Centre de recherche en neurosciences de Lyon

Nicolas Costes

CERMEP – Imagerie du vivant

NEUROIMAGERIE IN VIVO PRÉCLINIQUE

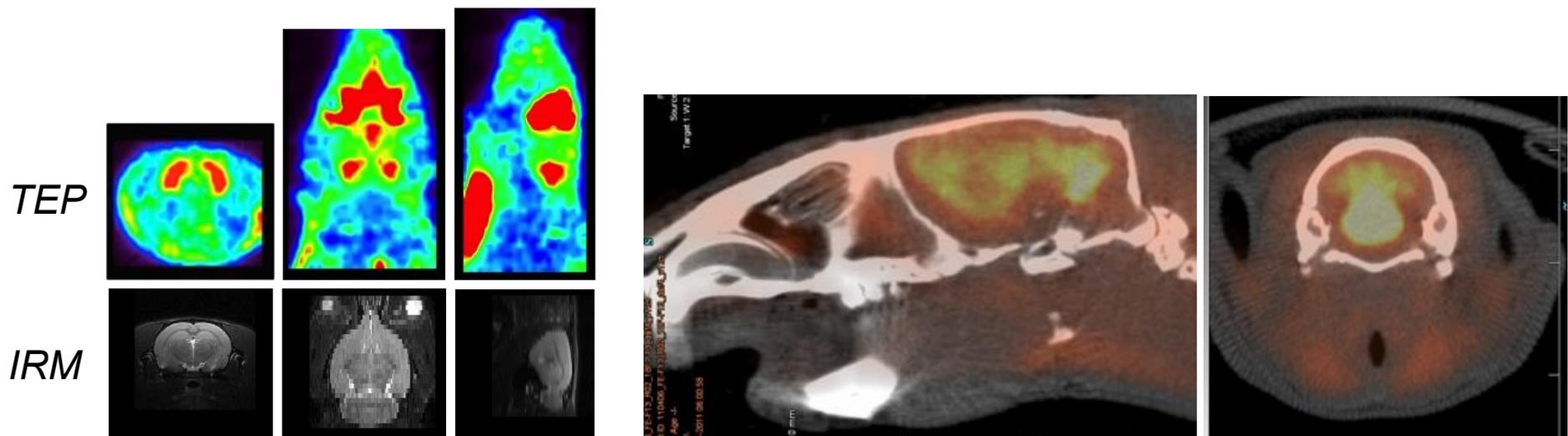
Une approche multi-modale anatomo-fonctionnelle

IRM

- Bonne résolution anatomique ($100 \mu\text{m}^3$)
- Exploration fonctionnelle limitée
- Faible sensibilité

TEP

- Bonne sensibilité
- Résolution limitée en préclinique ($1\text{-}5 \text{ mm}^3$)
- Informations anatomiques pauvre
- Reproductibilité et fiabilité risquées lors de la la délimitation anatomique



OBJECTIFS

Fiabiliser le traitement de l'imagerie in vivo du cerveau de rat

- ⇒ Standardiser la délimitation neuro-anatomique
- ⇒ Fiabiliser la quantification
- ⇒ Standardiser le traitement neuro-fonctionnel
 - régional
 - voxel à voxel

✓ *Espaces de référence*
pour la **normalisation spatiale**

- ⇒ **Template anatomique**
- ⇒ **Templates fonctionnels**

✓ *Atlas de référence*
pour le **repérage anatomique**, la **quantification** et
la modélisation des cinétiques TEP

- ⇒ **Atlas numérique voxélisé**



INTÉRÊT POUR L'IMAGERIE TEP DE L'ATLAS NUMÉRIQUE

Segmentation automatique des structures cérébrales

- ✓ **Caractérisation de la captation cérébrale des traceurs**
 - ◆ Développement de nouveaux traceurs
 - ◆ Distribution et sélectivité, quantification, modélisation

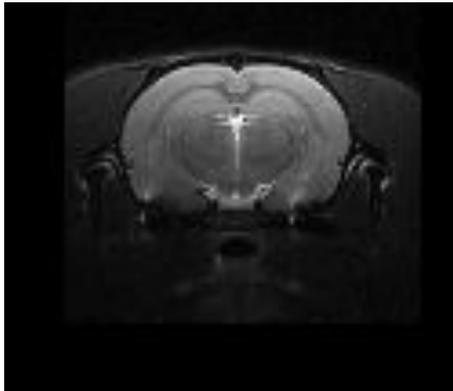
- ✓ **Amélioration de la quantification des données fonctionnelles TEP**
 - ◆ Correction de l'effet de volume partiel basé sur la structure anatomique
 - ◆ Diminution de la variabilité inter-opérateurs dans la délimitation régionale
 - ◆ Augmentation de la reproductibilité longitudinale

- ⇒ **Approche multi-atlas** (Hammers et al., Human Brain Mapping, 2003)
 - ✓ Reproductibilité de la segmentation anatomique
 - ✓ Prise en compte de la variabilité inter-individuelle

DÉVELOPPEMENT DES ATLAS

Réalisation d'images individuelles

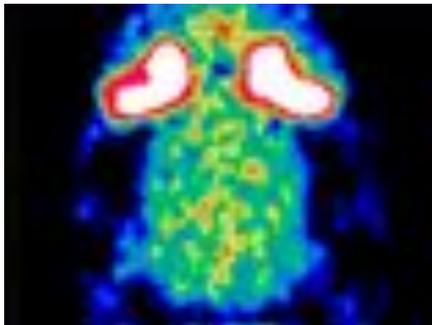
IRM 2D T2 submillimétrique de cerveau d'animal sain
7 individus



IRM 7T système Bruker

- 1 rat haute résolution (HR)
100x100 $\mu\mu$, 65 coupes 400 $\mu\mu$
- 6 rats (R1, R2,...R6)
100x100 $\mu\mu$, 45 coupes 500 $\mu\mu$

IRM 2D T2 et TEP [^{18}F]FDG
2 individus



TEP/CT système INVEON
256 coupes de 0,8 mm
1,4 mm FWHM

DÉVELOPPEMENT DES ATLAS

Protocole de délimitation des structures d'intérêt

✓ **Choix des structures cérébrales d'intérêt**

✓ **Définition d'un protocole de délimitation anatomique**

en référence à l'atlas papier de cerveau de rat Paxinos

✓ **Délimitation manuelle précise et reproductible des régions**

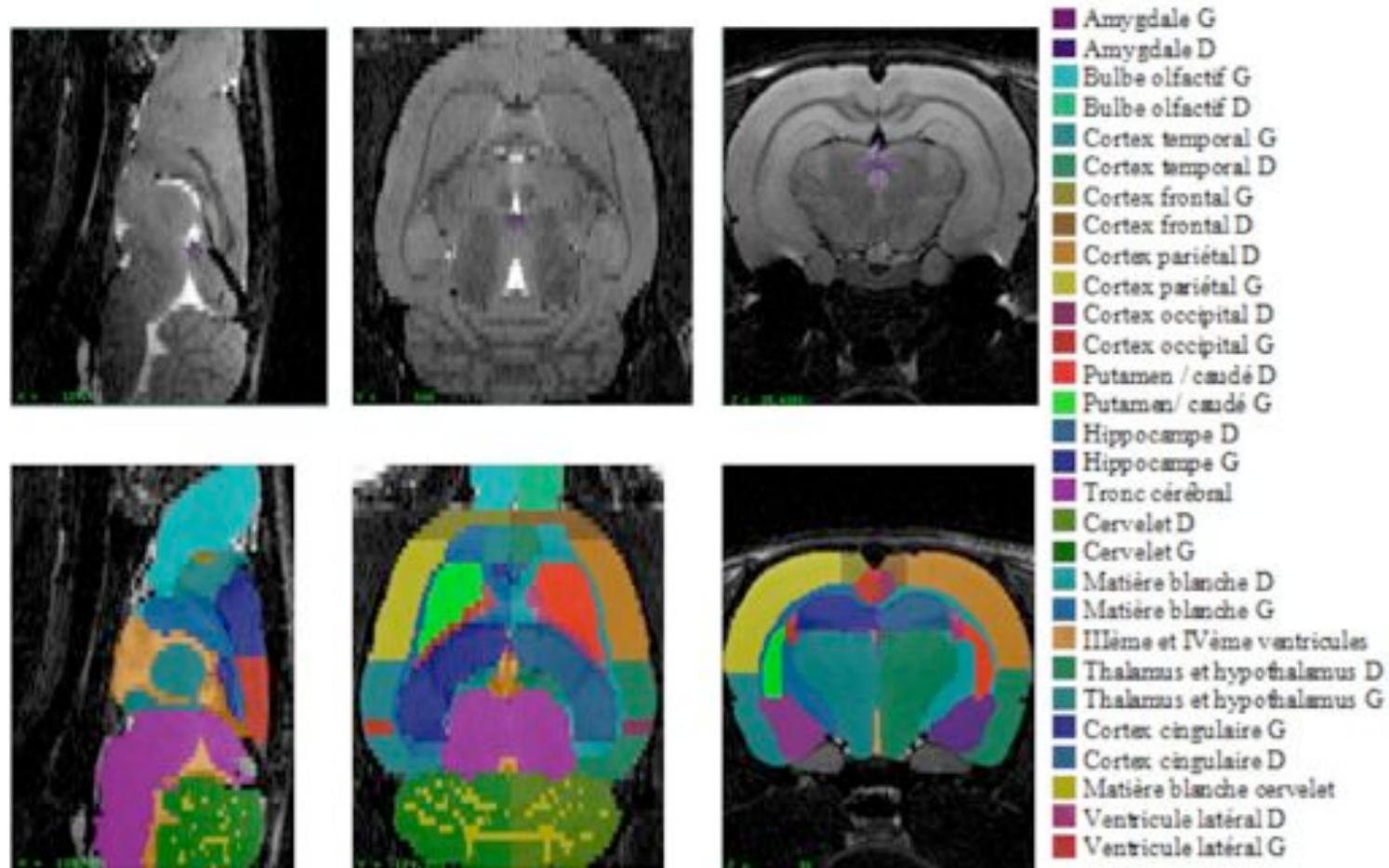
14 structures -> 29 VOI labellisées

- structures cérébrales corticales, sous-corticales
- matière blanche
- ventricules

Region groups	Label number	Anatomical regions
1 Central nuclei	1	Right caudate + right putamen
	2	Left caudate + left putamen
	19	Right thalamus + right hypothalamus
	20	Left thalamus + left hypothalamus
2 Limbic system	21	Right hippocampus
	22	Left hippocampus
	23	Right amygdala
	24	Left amygdala
	33	Right cingulate cortex
	34	Left cingulate cortex
3 Cortex	39	Right frontal cortex
	40	Left frontal cortex
	43	Right temporal cortex
	44	Left temporal cortex
	49	Right occipital cortex
	50	Left occipital cortex
	51	Right parietal cortex
	52	Left parietal cortex
4 Cerebellum	29	Right cerebellum
	30	Left cerebellum
5 Brain stem	84	Brain stem
	80	Right cortical white matter
6 Cortical white matter	81	Left cortical white matter
	88	Cerebellar white matter
7 Cerebellar white matter	85	Right lateral ventricle
	86	Left lateral ventricle
	87	Third and fourth ventricles
	91	Right olfactory bulb
	92	Left olfactory bulb

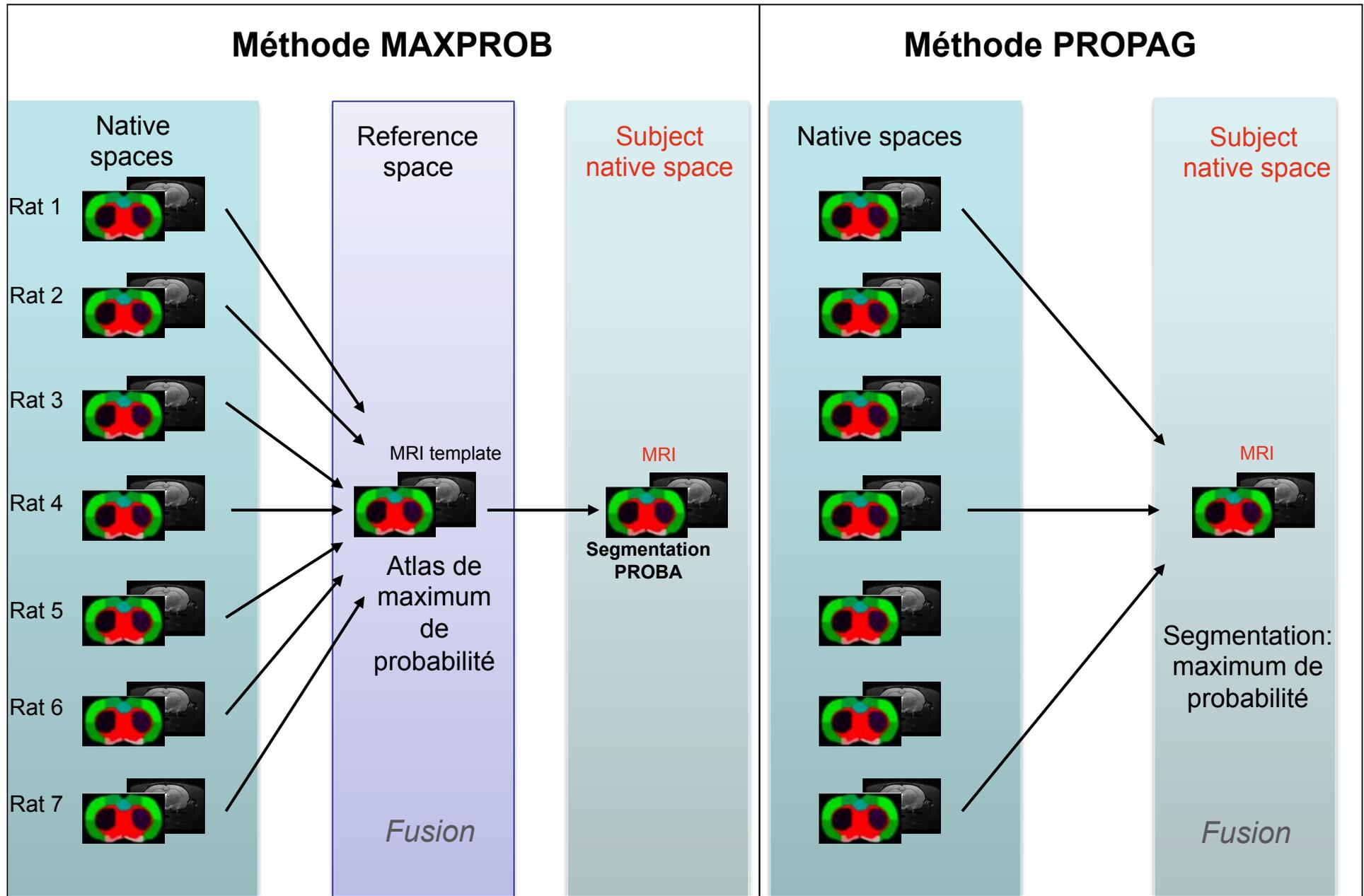
ATLAS INDIVIDUELS

Atlas numérique voxélisé = IRM labellisée



IRM R6 et atlas individuel R6 (IRM labellisée) sur les 3 coupes

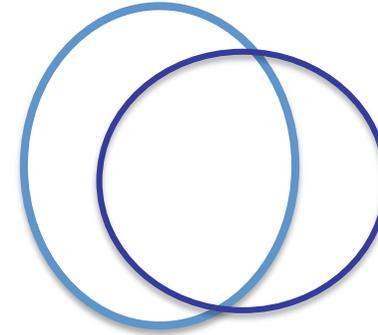
SEGMENTATION MULTI-ATLAS



EVALUATION DES PERFORMANCES

✓ Morphométrique

En fonction du nombre d'atlas individuels
En fonction de la méthode MAXPROB ou PROPAG



Evaluation quantitative d'indice de qualité

Indice de similarité (Dice) $SI = 2 \times \frac{N_{\text{automated} \cap \text{manual}}}{N_{\text{automated}} + N_{\text{manual}}}$

Taux de variation volumique $\Delta vol = \frac{N_{\text{automated}} - N_{\text{manual}}}{N_{\text{manual}}}$

✓ Fonctionnelle

Mesure de concentration radioactive en TEP segmentée par un atlas

EVALUATION FONCTIONNELLE

EXTRACTION MANUELLE

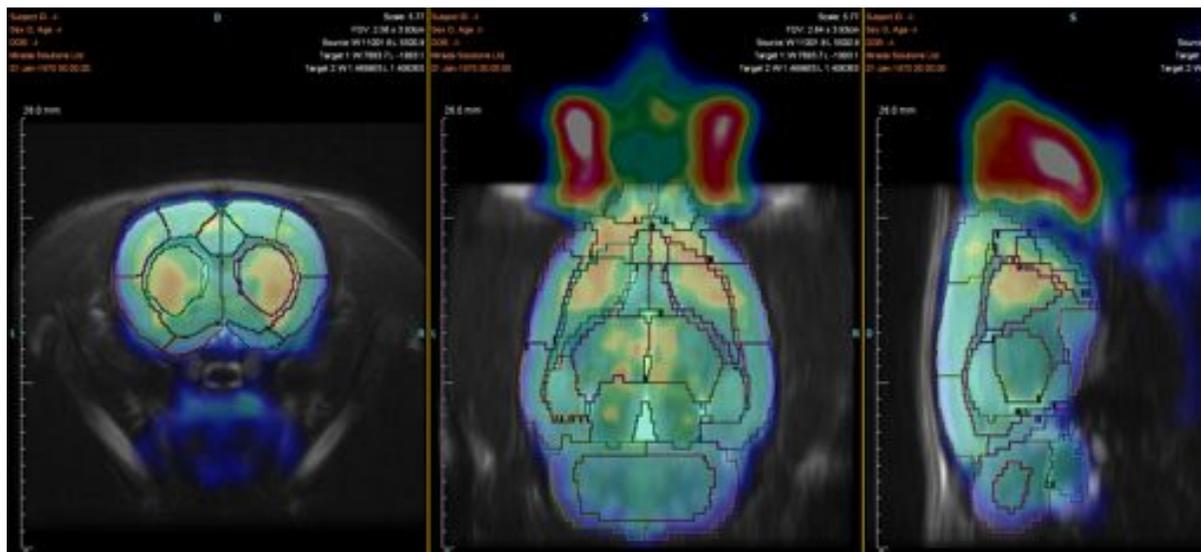
Via

- Structures **manuellement** délimitées sur l'IRM du sujet

EXTRACTION AUTOMATIQUE

Via

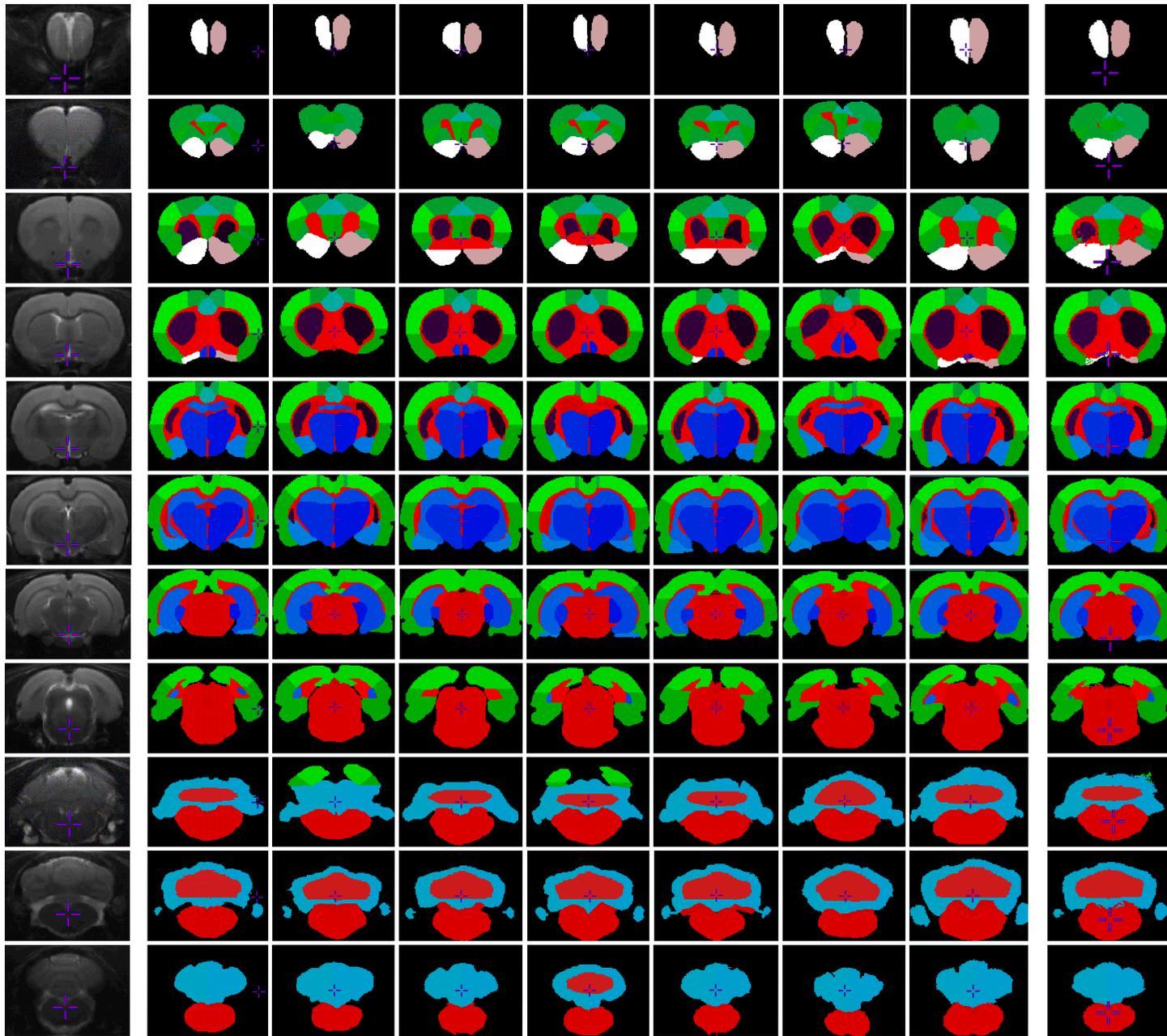
- Un atlas **probabiliste** dans l'espace de référence
- Un atlas **propagé** dans l'espace du sujet



A

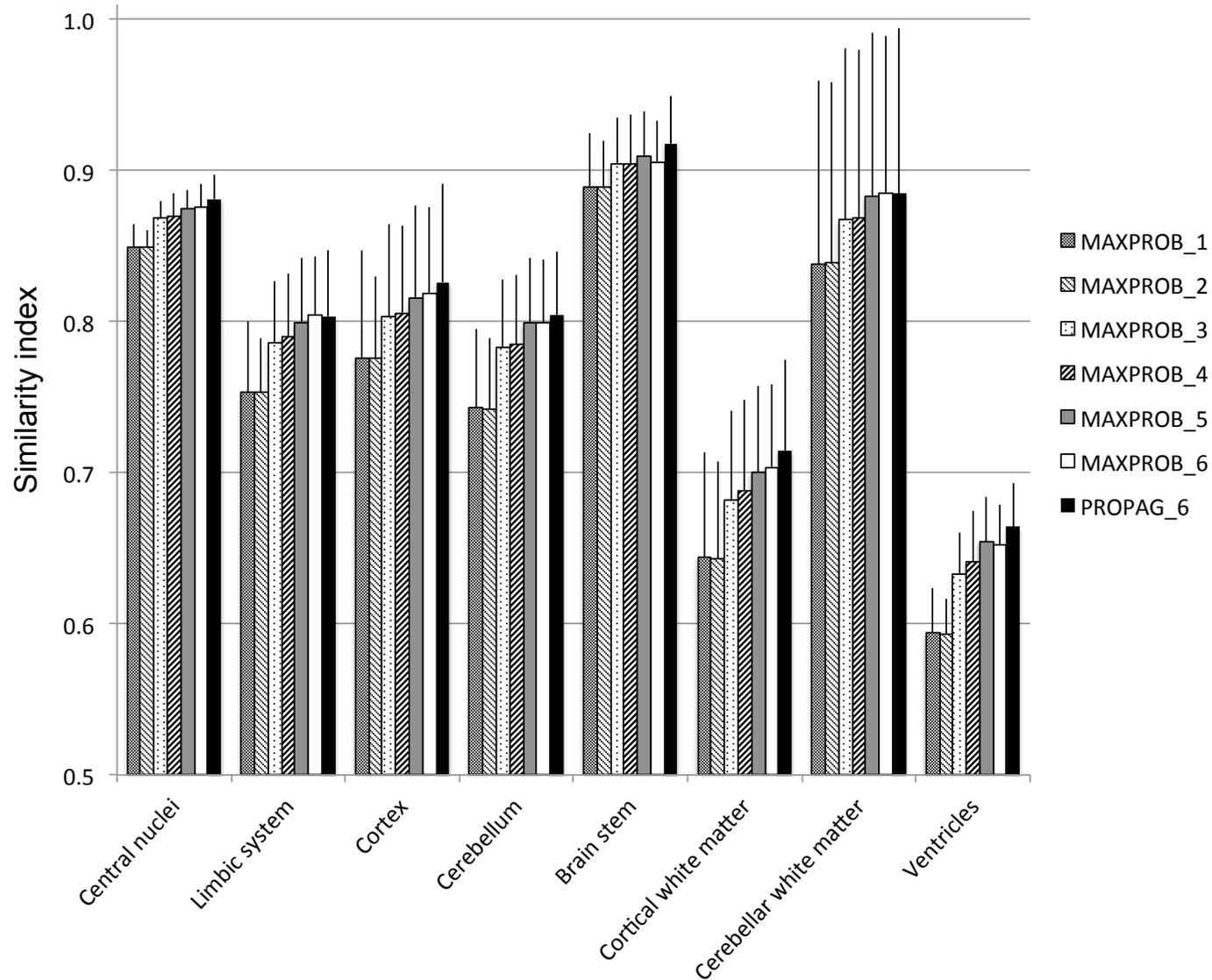
B

C

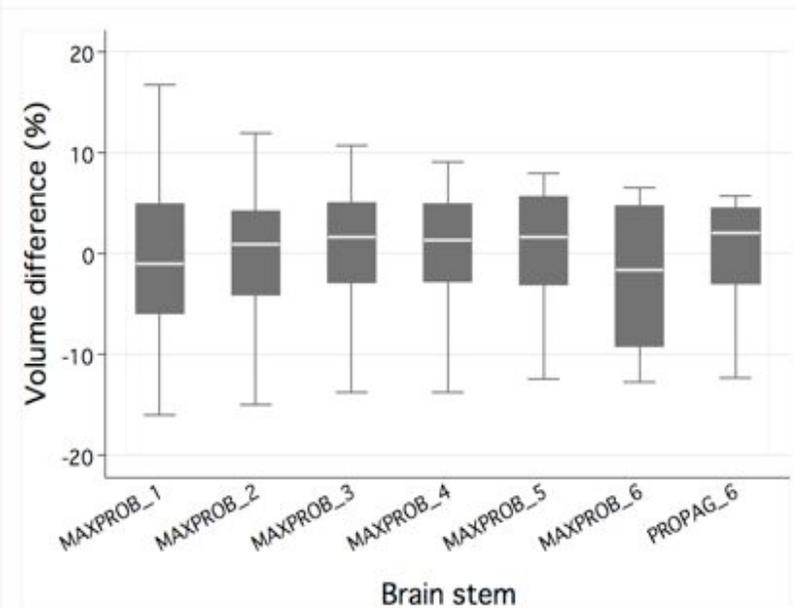
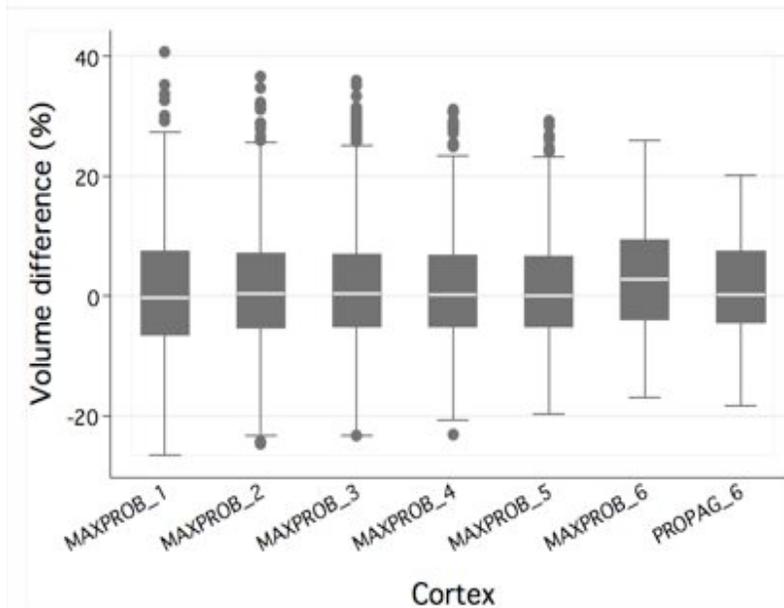
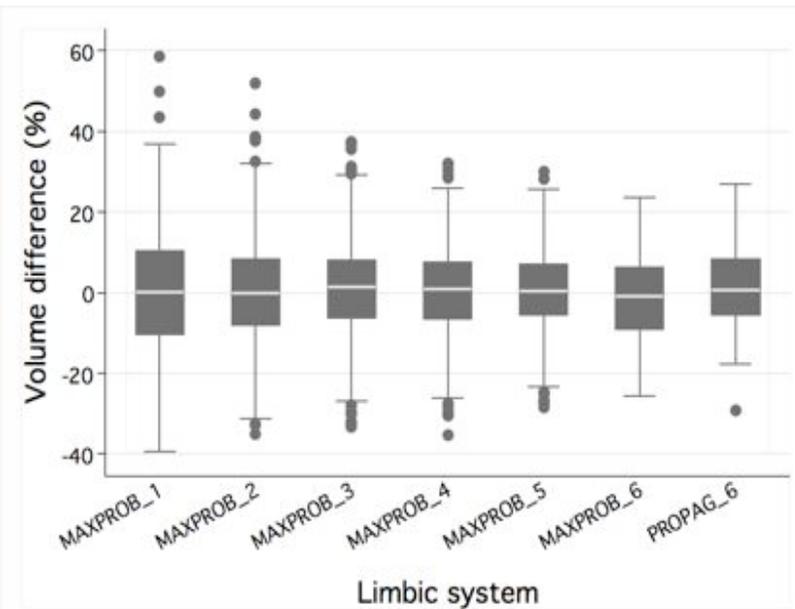
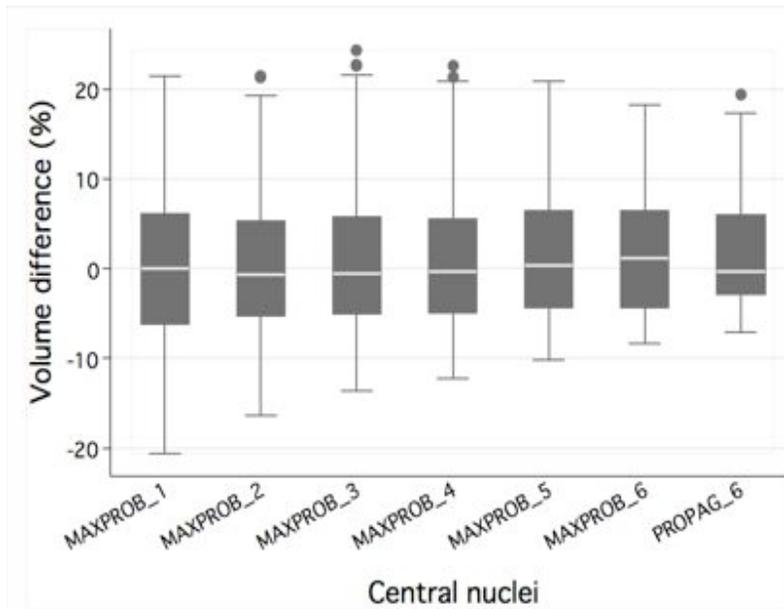


EVALUATION : PERFORMANCE DES MÉTHODES

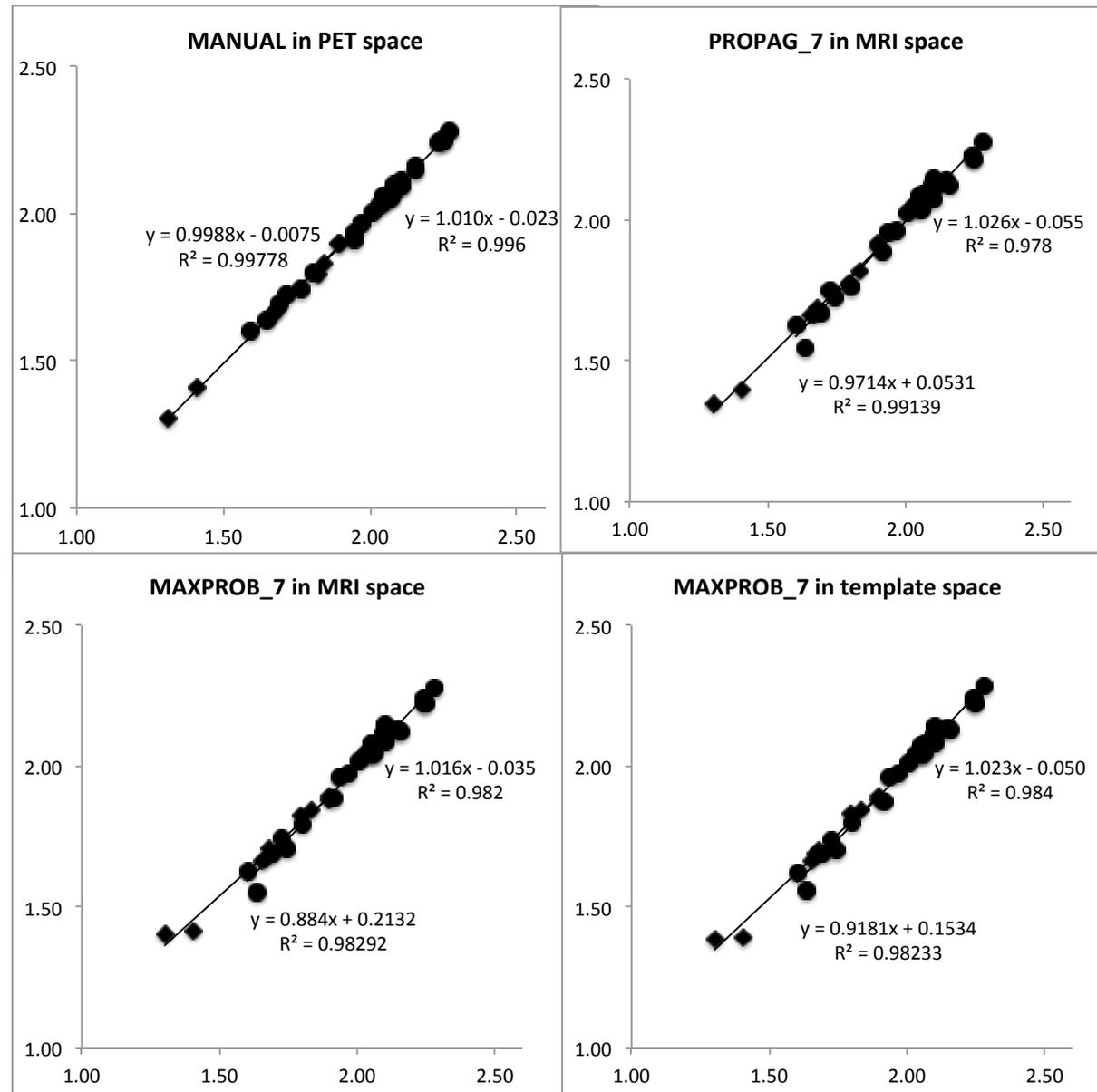
Indice de similarité



EVALUATION : BIAIS VOLUMIQUE



Validation fonctionnelle



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Performances segmentation

- PROPAG > MAXPROB >> atlas unique
- 3 atlas pour un plateau des performances MAXPROB
 - 6 atlas pour une performance maximale de PROPAG

Perspectives d'évolution

- ✓ Templates fonctionnels TEP pour la normalisation spatiale
- ✓ Introduction de transformations non-rigides
- ✓ Evaluation de la justesse et robustesse d'extraction des mesures TEP

Perspectives d'utilisation

- ✓ Analyse de cinétiques régionales et analyse voxels à voxels d'images paramétriques de fixation de traceurs
- ✓ Analyse morphométrique de modèles animaux comportant des anomalies anatomiques et fonctionnelles (ex: Alzheimer, Epilepsie)

Equipe BioRaN

Centre de recherche en neurosciences de Lyon

Sophie Lancelot
Affifa Slimen
Elise Levigoureux

CERMEP

Imagerie du vivant

Nicolas Costes
Caroline Bouillot
Jean-Baptiste Langlois
Eva Riera

RÉALISATION DU TEMPLATE ANATOMIQUE

