

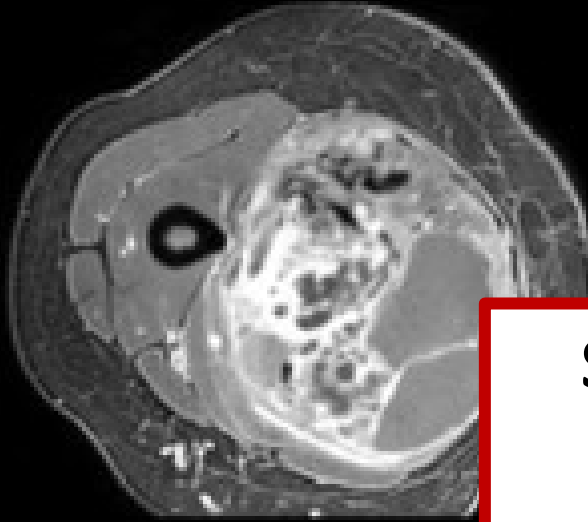
Analyse de la reproductibilité inter-systèmes IRM d'une méthode de cartes d'habitats radiomiques Projet PICNIC – juil. à déc. 2025

Karine Choquet (1), Benoît Allignet (1,2), Benjamin Leporq (1)

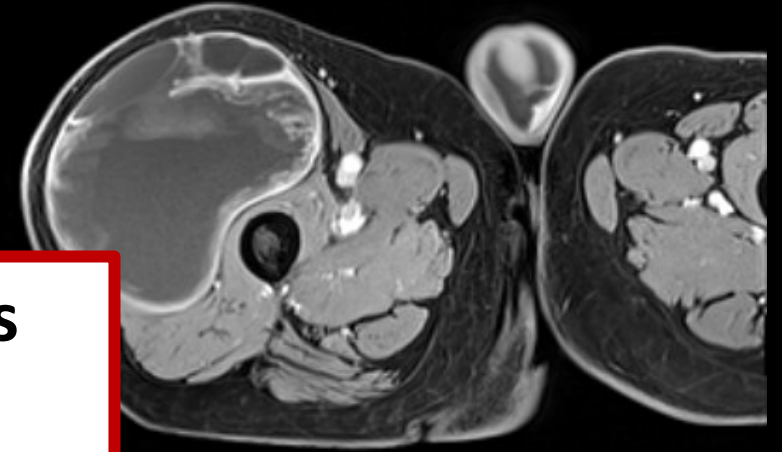
1. CREATIS; CNRS (UMR 5220); INSERM (U1294); INSA Lyon; Université de Lyon;

2. Département de radiothérapie, Centre Léon Bérard, Lyon

Patient A

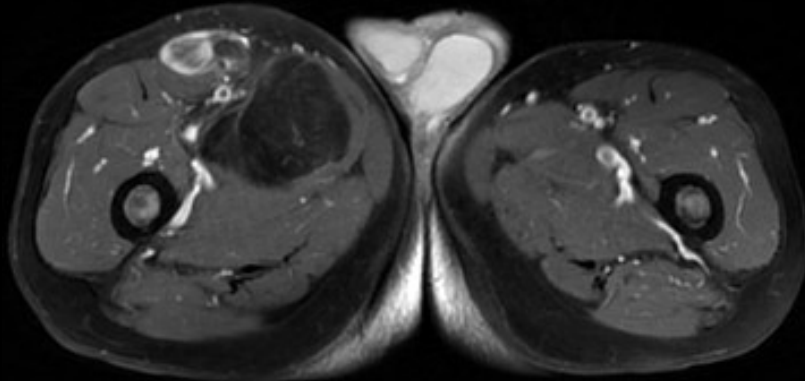


Patient B

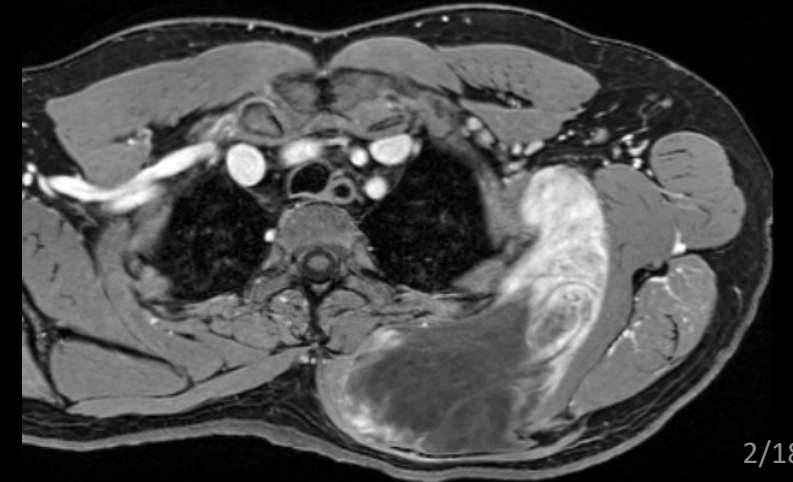


**Sarcomes des tissus mous
4 patients ≠, 4 tumeurs ≠
→ 1 même traitement**

Patient C



Patient D



Hétérogénéité tumorale: un obstacle darwinien à la médecine personnalisée

Néo-angiogenèse tumorale mal régulée et sans cohérence: → Changement stochastique du flux sanguin



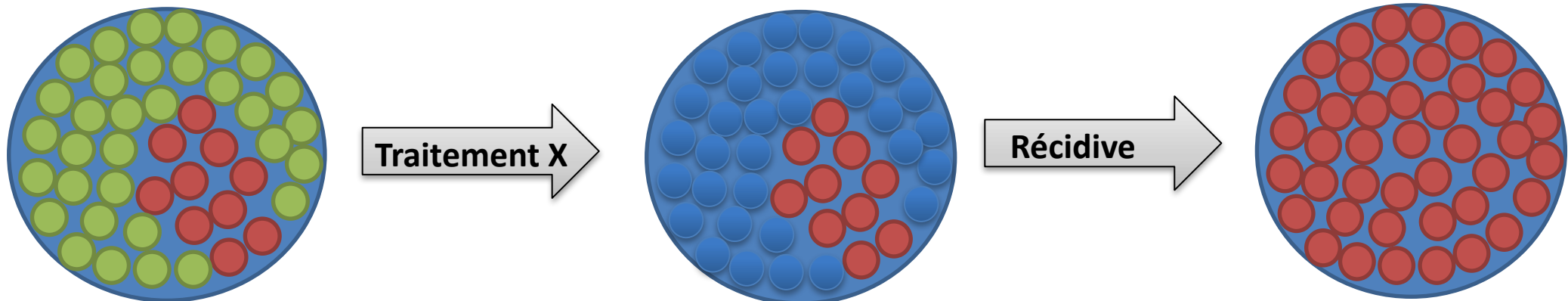
Modification spatiale du microenvironnement



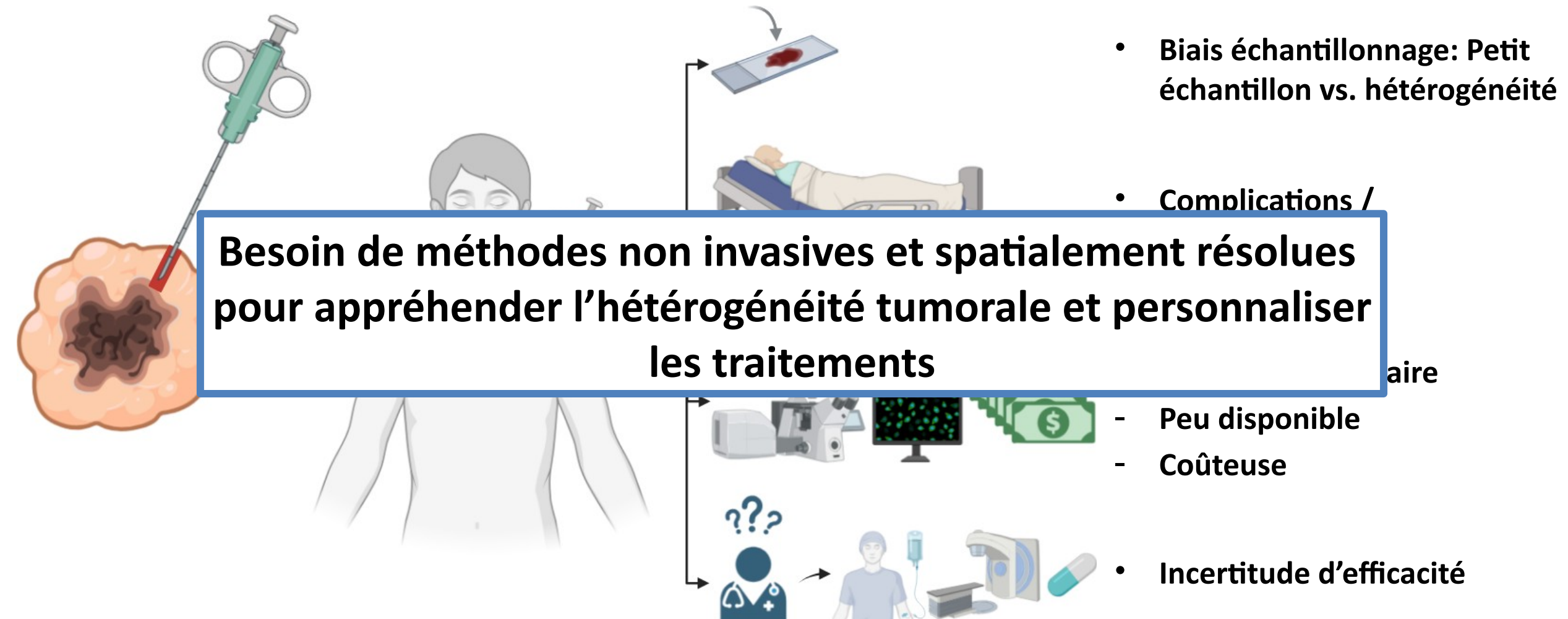
Différentes pressions de sélection sur les cellules tumorales



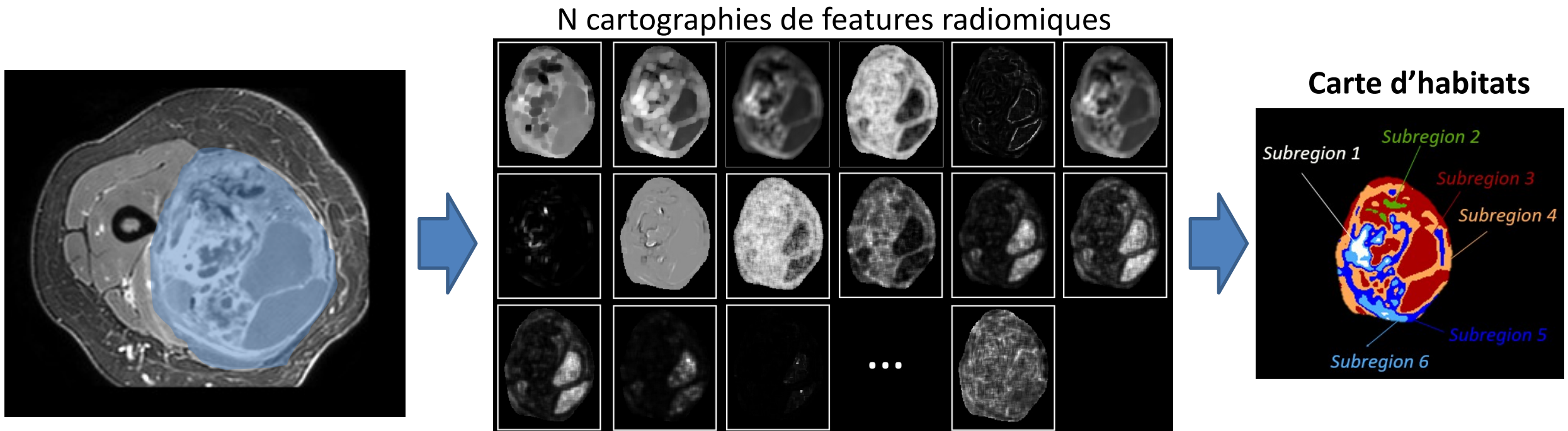
Apparition de sous-régions avec leur propre génotype / phénotype ± résistant au traitement
= **hétérogénéité spatiale intra tumorale**



La biopsie: une méthode imparfaite



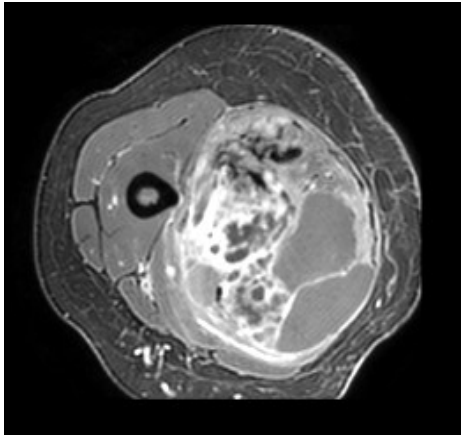
Imagerie d'habitats par radiomique spatiale : principes



**Construction des habitats par
clustering à partir des cartographies
radiomiques**



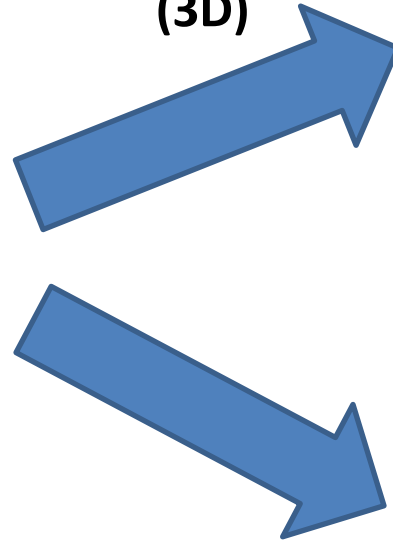
OBJECTIF : Evaluer la répétabilité inter-protocole et reproductibilité inter-IRM de la radiomique spatiale face à l'existant (i.e. radiomique conventionnelle)



Image

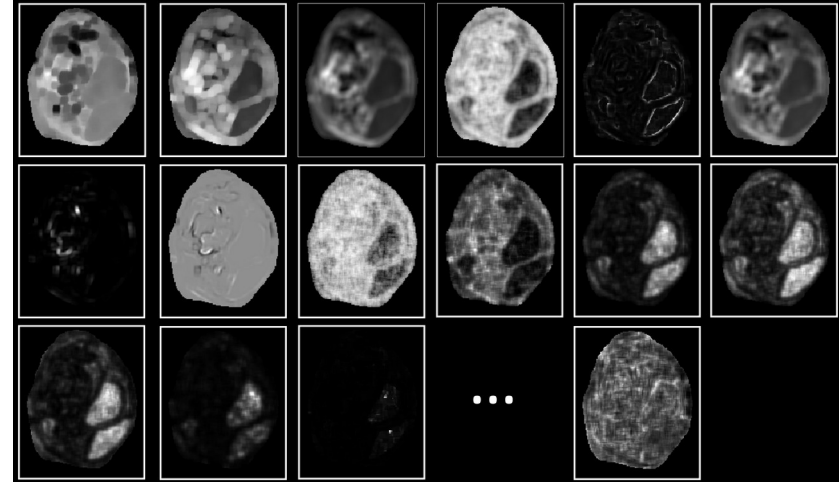
(IRM 3D T₁w FatSat avec inj.)

**Approche
spatiale
(3D)**



**Approche
conventionnelle
(2D)**

N cartographies de features radiomiques



N features radiomiques scalaires

1.2	7.8	0.7	51.2	4.6	0.0
1.6	0.3	4.3	8.8	78.4	1.0
1.5	0.5	2.2	...	5.6	0.5

OBJECTIF : Evaluer la répétabilité inter-protocole et reproductibilité inter-IRM de la radiomique spatiale face à l'existant (i.e. radiomique conventionnelle)

Projet PICNIC : Phantom-based Imaging Calibration in a Normalized, Intelligible and Controlled Media



Conception du fantôme



Objet-test comportant plusieurs textures stochastiques

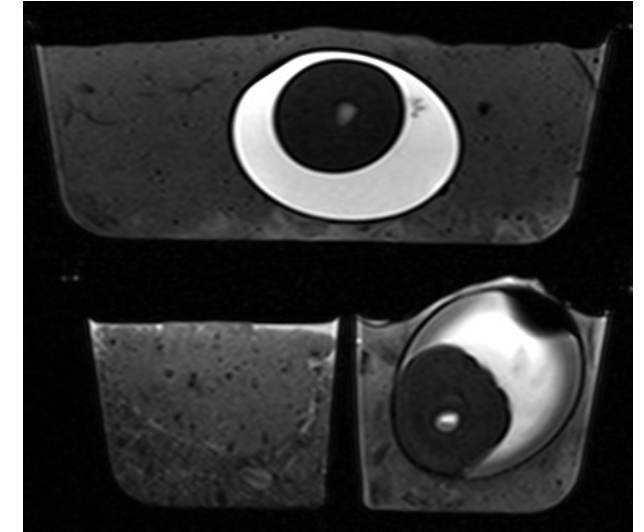
Sélection de produits texturés issus de procédés agroalimentaires normalisés :

- Signal IRM proche des tissus biologiques d'intérêt
- Faible coût
- Facile à reproduire
- Durée de vie = celle de l'oeuf
≈ 4 semaines

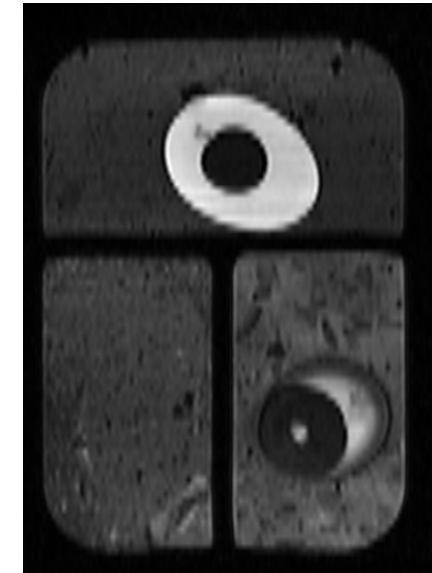


Contenant + couvercle
amagnétiques

vues
axiales



vue
coronale



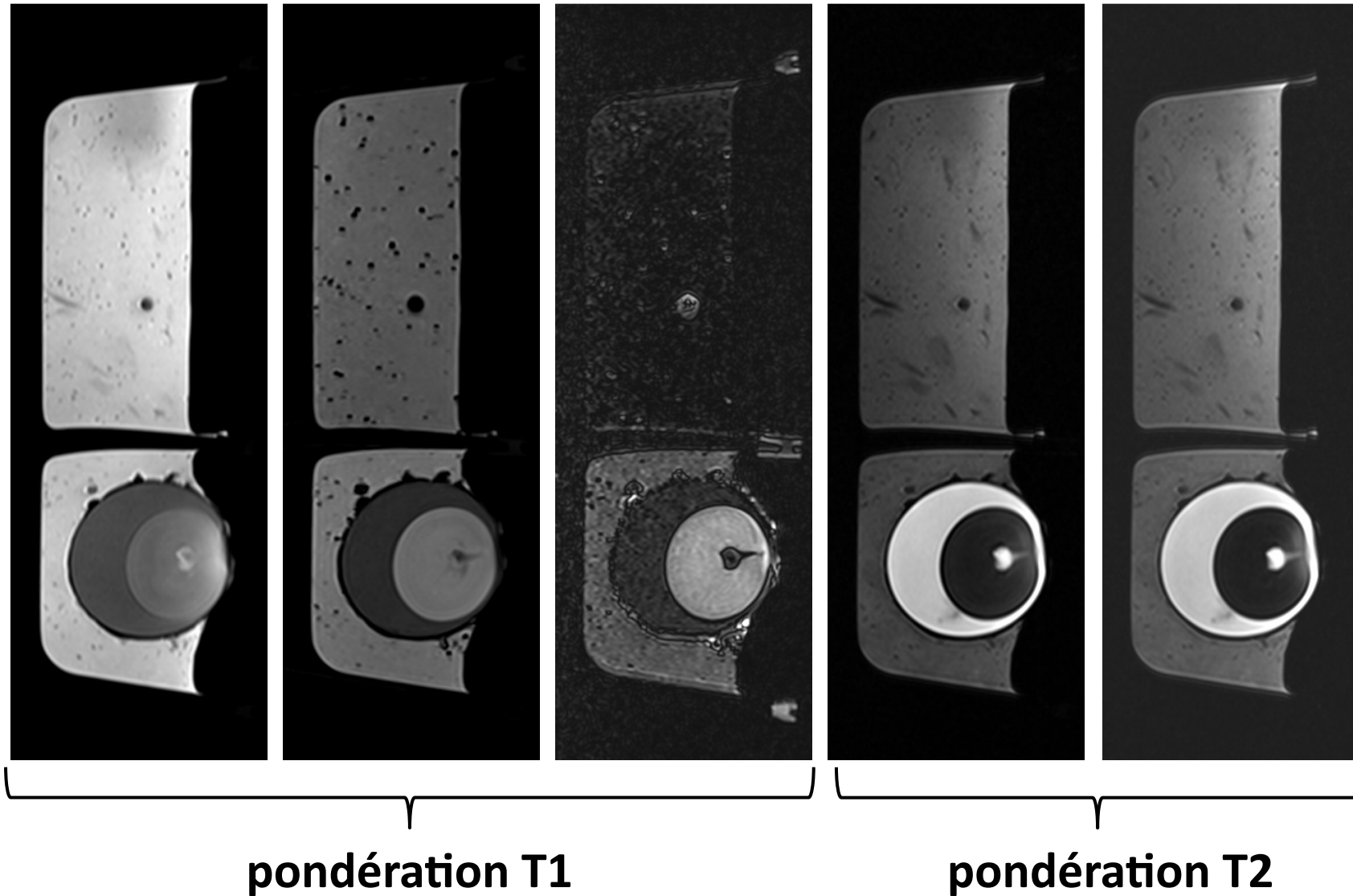
Protocole d'imagerie

- 10 images issues de la routine clinique IRM en oncologie → TA total = 26 min 30 s
- Variations de plusieurs paramètres d'acquisition :
 - résolution spatiale, épaisseur des coupes
 - type de séquence IRM : 2D/3D, contraste, écho de gradient/écho de spin
 - méthode de saturation du signal de la graisse (DIXON, SPAIR)
- Étude **répétabilité** (système clinique S1 1.5 T) : acquisition test/retest avec repositionnement fantôme
- Étude **reproductibilité inter-systèmes** (n = 5) :
 - 3 IRM cliniques, 2 IRM précliniques
 - 4 intensités de champ magnétique : 1.5 T, 3 T, 7 T et 11.7 T
 - 3 constructeurs : Siemens, Philips, Bruker

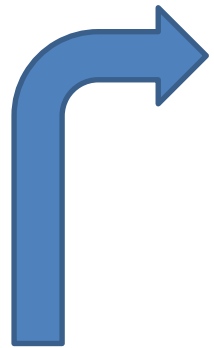
Variations des paramètres d'acquisition (extrait)

Image name	T1 TSE	T2 TSE
Type	2D TSE-based	2D TSE-based
TR	S1 : 600 ms S2 : 755 ms P1 : 755 ms B1 : 1000 ms B2 : 1294 ms	S1 : 6160 ms S2 : 6160 ms P1 : 6160 ms B1 : 6500 ms B2 : 7000 ms
TE	S1 : 10 ms S2 : 9.9 ms P1 : 9.9 ms B1 : 9 ms B2 : 9 ms	S1 : 99 ms S2 : 99 ms P1 : 99 ms B1 : 80 ms B2 : 72 ms
FOV	240 mm x 240 mm	240 mm x 240 mm
In-plane pixel dimensions	0.3 mm x 0.3 mm	0.3 mm x 0.3 mm
Slice thickness	2 mm	2 mm
Fat/water contrast	none	none
Acceleration method	S1 : SMS 2 S2 : SMS 2 P1 : SENSE B1 : none B2 : Partial Fourier	S1 : SMS 2 S2 : SMS 2 P1 : SENSE B1 : none B2 : Partial Fourier
TA	S1 : 2:33 min S2 : 3:10 min P1 : 2:59 min B1 : 0:55 min B2 : 1:02 min	S1 : 2:21 min S2 : 2:27 min P1 : 2:34 min B1 : 3:54 min B2 : 3:44 min

Exemple d'images acquises : variations inter-protocole



Méthodologie : de l'acquisition au traitement des données



3 clinical MR systems

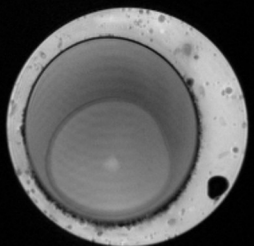


2 pre-clinical MR systems



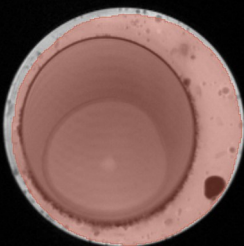
Scanner ID	Manufacturer	Type	Field strength	Receiver coil used
S1	Siemens	clinical	1.5 T	18-channel flex coil
S2	Siemens	clinical	3 T	18-channel flex coil
P1	Philips	clinical	3 T	32-channel head coil
B1	Bruker	pre-clinical	7 T	72 mm-diameter coil
B2	Bruker	pre-clinical	11.7 T	72 mm-diameter coil

1. Image acquisition

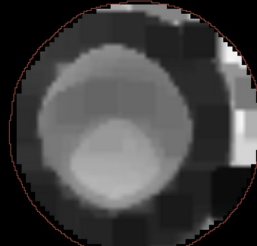


7T Bruker, T1 TSE
texturized phantom

2. ROI definition

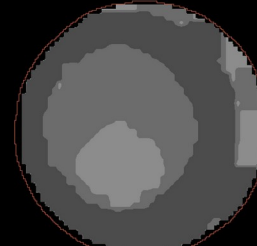


3. 3D feature extraction



feature: 1st order minimum

4. Clustering into habitat maps

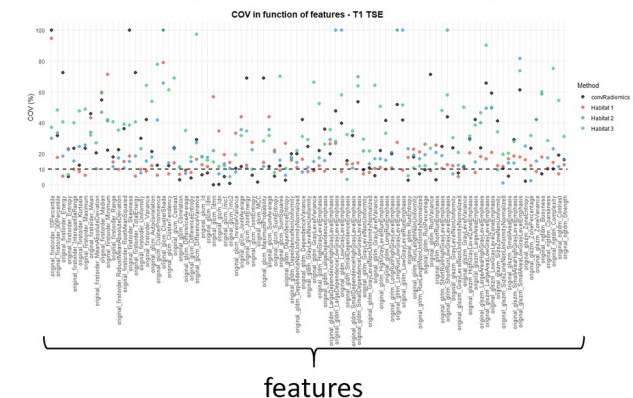


(k = 3)

5. Relative habitat volumes extraction

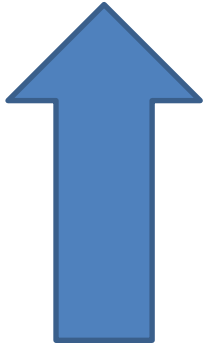
Hab 1	47 %
Hab 2	33 %
Hab 3	20 %

6. Inter-system results comparison



Traitement des données et intérêt de VIP

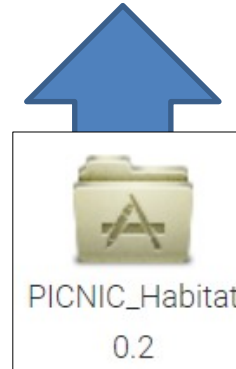
10 images (jusqu'à 200 coupes)
x 5 IRM



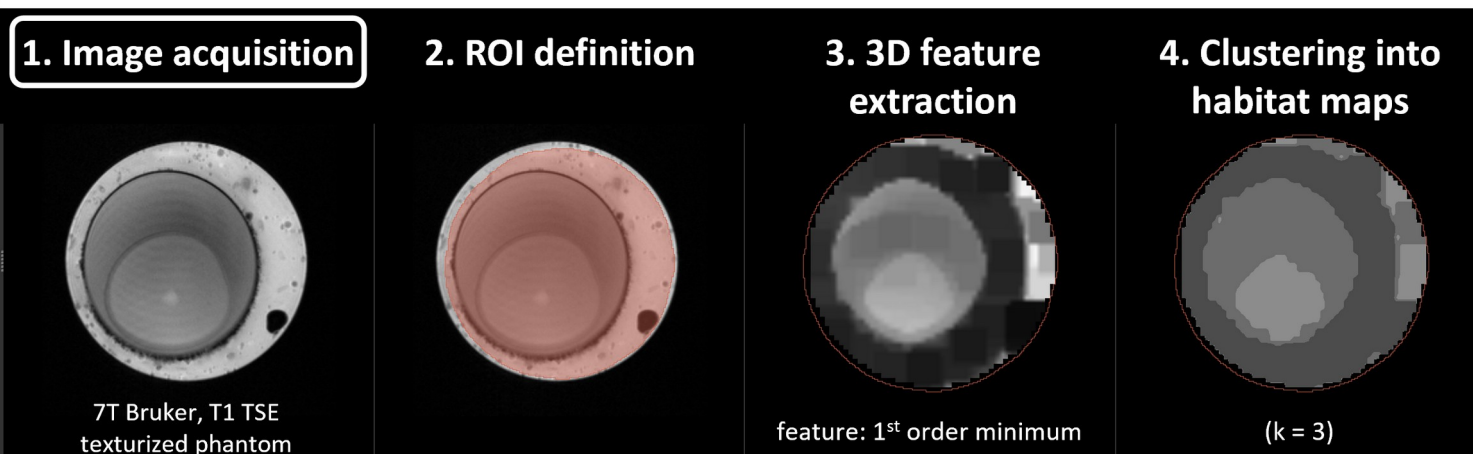
92 features



$k = 1, 2, \dots, 5$



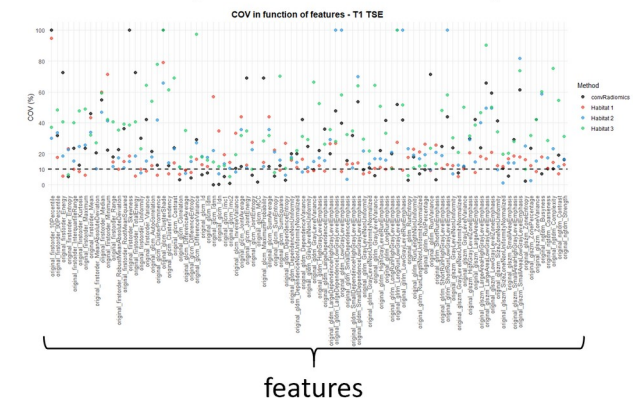
- PC : 10 cœurs, 12 threads
 - package Python multiprocessing
- Step 3: **> 3h de calculs / image**
- Step 4: ≈ 30 min / image



**5. Relative habitat
volumes extraction**

Hab 1	47 %
Hab 2	33 %
Hab 3	20 %

6. Inter-system results comparison



PyRadiomics
(définir kernel + nb bins)

Traitement des données et intérêt de VIP

Step 3:
3D feature
extraction

VIP v4.6.1 | Karine Choquet (Beginner)

Home | PICNIC_3DExtract 0.3

Mandatory inputs :

Execution name*
3DExtract_251008_Siemens3T_ROI

Results directory*
/vip/Home

Segmentation ZIP*
Segmentation zip.
/vip/Home/data_Siemens_Philips/segg_Siemens_Philips.zip

NRDD Input*
NRDD Input

/Home/data_251008_S3T_ROI/T1_VIBE_SPAIR_1mm_corr.nrrd

S3T_ROI/T1_TSE_TRA_STRICT_SMS_2mm_TR900_2_corr.nrrd

_251008_S3T_ROI/T1_TSE_TRA_STRICT_SMS_3mm_corr.nrrd

lome/data_251008_S3T_ROI/T1_VIBE_dixon_1mm_F_corr.nrrd

251008_S3T_ROI/T2_TSE_TRA_STRICT_2mm_SPAIR_corr.nrrd

Optional inputs :

Param
params (R2B32).
R3B32

Launch Save Inputs

Step 4:
Clustering
into habitat
maps

VIP v4.6.1 | Karine Choquet (Beginner)

Home | PICNIC_Habitat 0.2

Documentation and Terms of Use

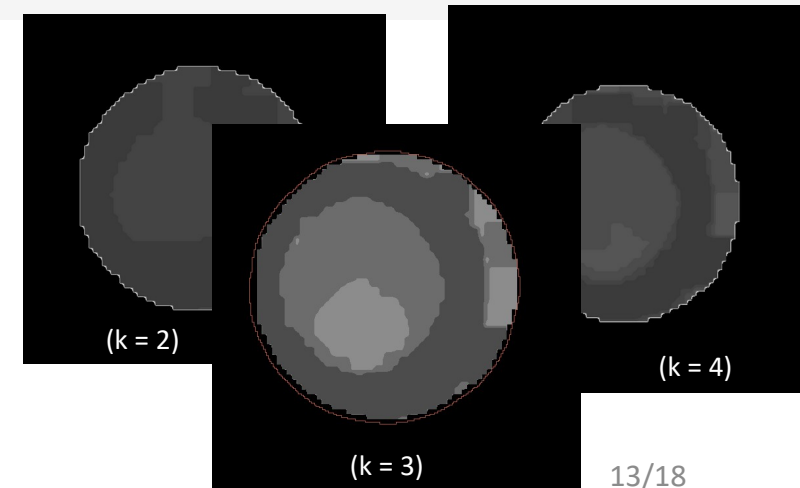
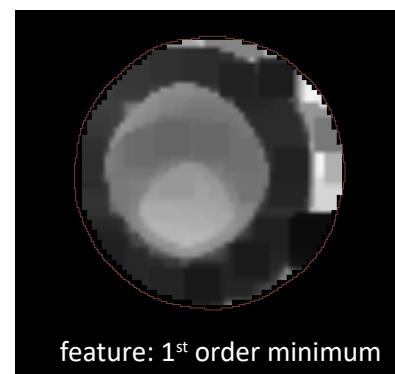
Mandatory inputs :

Execution name*
Habitats_251008_Siemens3T_ROI

Results directory*
vip/Home/output_habitat/hab_Siemens251008_Philips251203

Input ZIP*
Input zip.
Home/features3D/data251008_Siemens3T_3Dfeature_ROI.zip

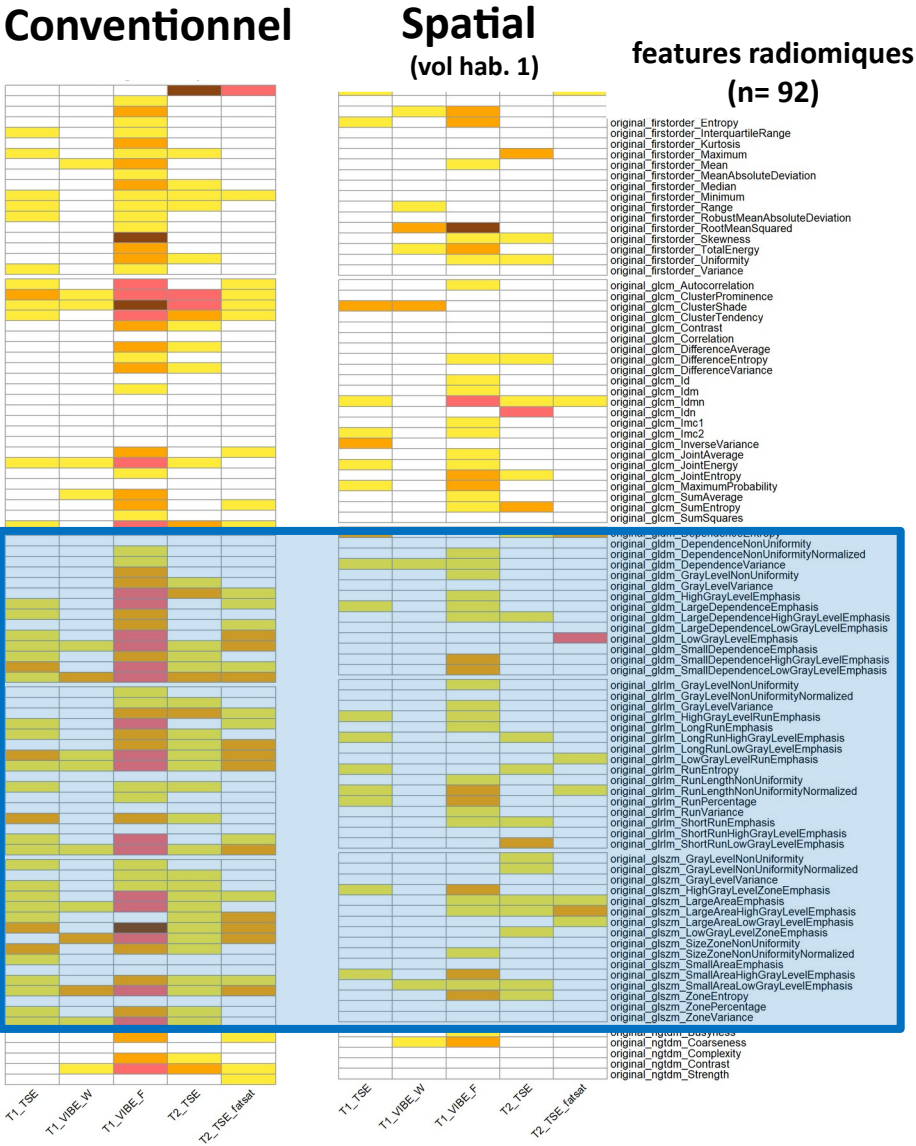
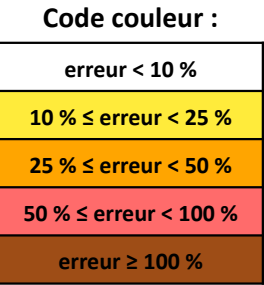
Launch Save Inputs



Répétabilité : résultats

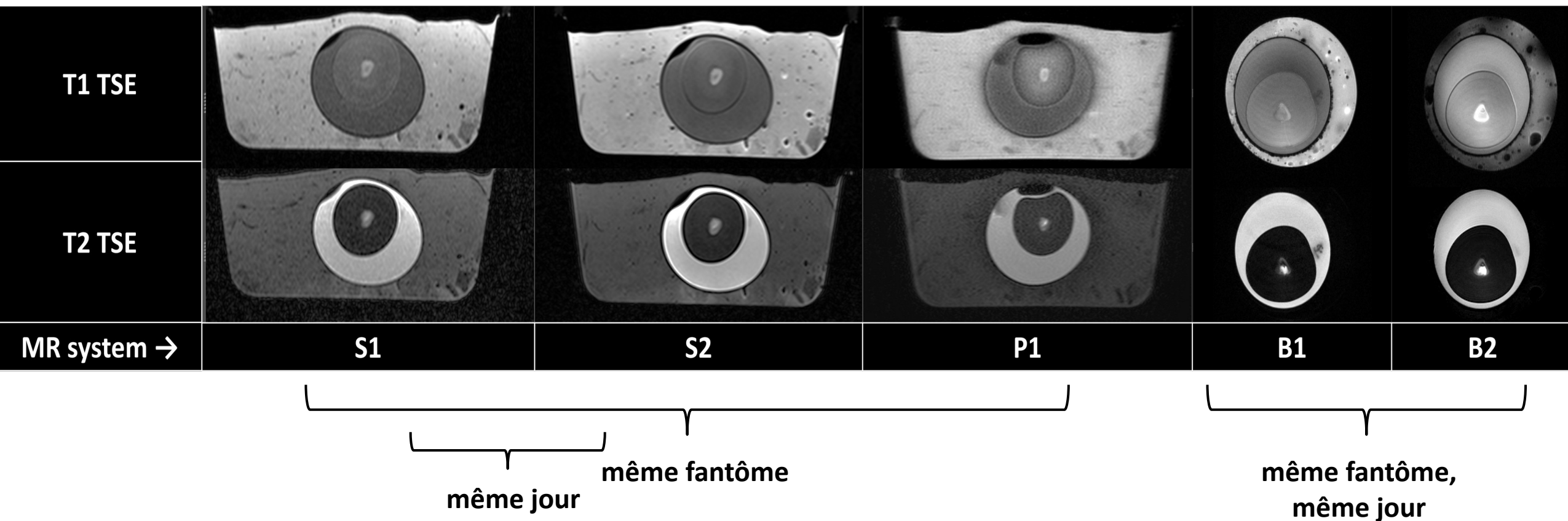
- Test/Retest avec repositionnement fantôme, système S1 1.5 T
- Heatmap de l'erreur relative test/retest
- Comparaisons statistiques :

	Radiomique conventionnelle	Radiomique spatiale	Significativité
proportion de features répétables (erreur < 10%)	44 %	70 %	oui (test du χ^2)
erreur sur l'ensemble des features (n = 92)	modérée à élevée	faible à modérée	oui (t-test de Student apparié unilatéral)
erreur sur features liées à la texture (n = 46)	modérée à élevée	faible	oui (test de Wilcoxon apparié)



Reproductibilité inter-IRM : exemple d'images acquises (5 systèmes, 2 contrastes ≠)

- 3 sessions expérimentales



Reproductibilité : résultats

- Coefficient de variation (COV = écart-type/moyenne) calculé $\forall$ feature sur les 5 systèmes IRM**

Légende

- ×

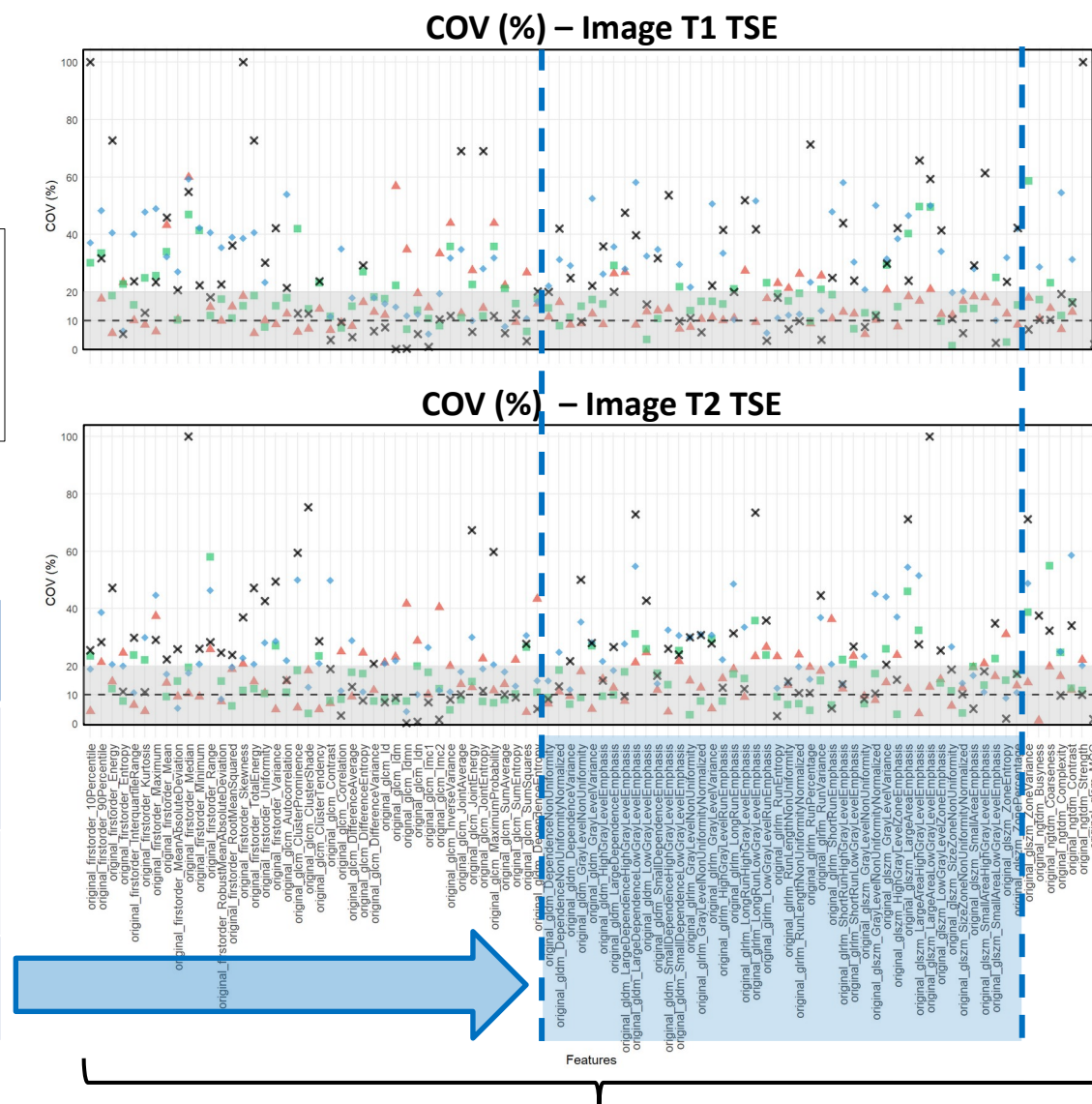
 convRadiomics
- ▲

 Habitat 1
- Habitat 2
- ◆

 Habitat 3

- Comparaisons statistiques :**

	Radiomique conv.	Radiomique spatiale	Significativité
proportion de features reproductibles (CoV < 20%)	49 %	75 %	oui (test de Fisher)
variation sur l'ensemble des features (n = 92)		COV systém. + faible	oui (test de Wilcoxon apparié)
variation sur features liées à la texture (n = 46)		COV systém. + faible	oui (test de Wilcoxon apparié)



Bilan

Radiomique conventionnelle	Cartes d'habitats radiomiques
perte d'information spatiale	préservation information spatiale → évaluation hétérogénéité intratumorale
forte dépendance aux paramètres d'acquisition	meilleure robustesse aux paramètres d'acquisition
fiabilité limitée	meilleure répétabilité et reproductibilité inter-systèmes

- Travaux en cours : établir lien entre les habitats radiomiques et la biologie, démontrer faisabilité clinique de cette approche (cancers ORL, cancers du sein triple négatif, sarcomes)

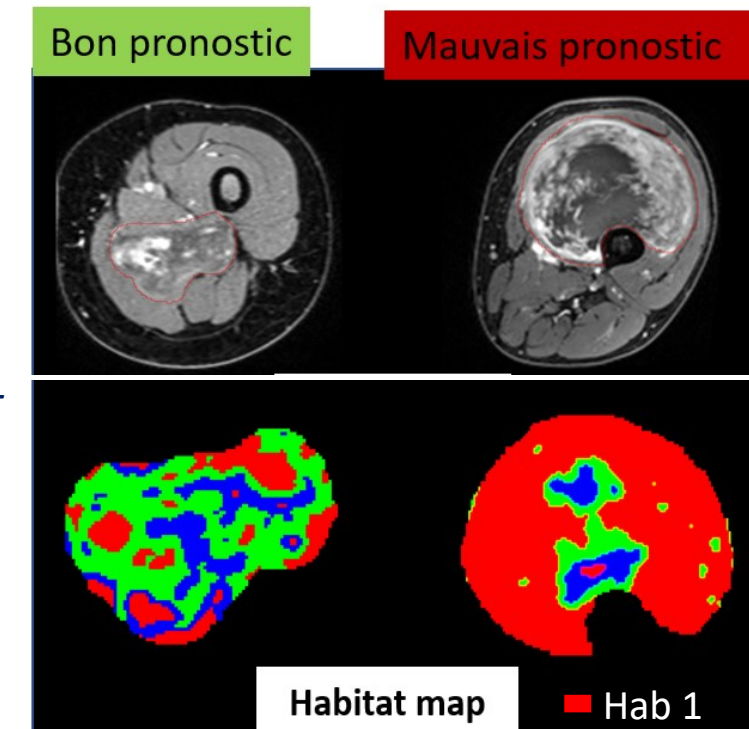
- Communication :

- 03/26 : Présentation workshop international en IRM (*ISMRM workshop on translational cancer imaging*)
- 04/26 : Présentation congrès national en imagerie pour la santé (*RITS*)
- Article en cours de soumission


Thèse PHD
B.ALLIGNET

Perspectives :

- évaluer impact individuel param d'acq
- quel nombre de clusters k optimal ?
 - identifier 1 feature répétable et reproductible → vers l'applicabilité clinique



Merci pour votre attention

