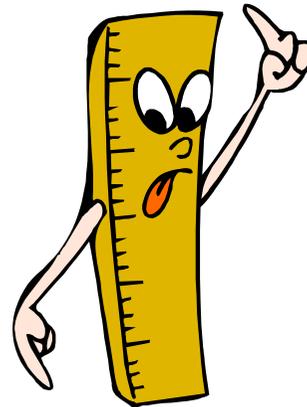


Les limites du SUV

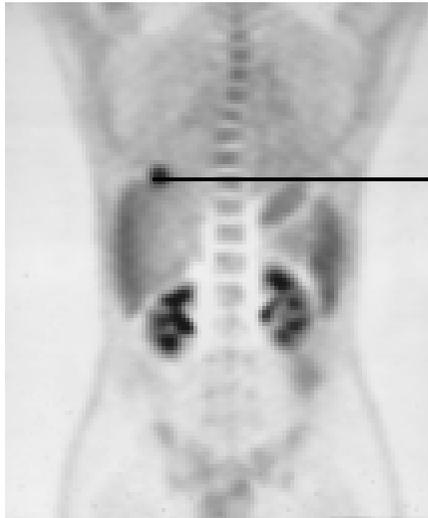
Irène Buvat
U678 INSERM, Paris



buvat@imed.jussieu.fr

Le SUV (Standardized Uptake Value)

- Index caractérisant la fixation du traceur



$$\text{SUV} = \frac{\text{fixation (kBq/mL)}}{\text{dose injectée (kBq) / poids du patient (g)}} \\ (1\text{mL} = 1\text{g})$$

Répartition uniforme du traceur dans tout l'organisme, SUV = 1 partout



SUV > 1, hyperfixation du traceur



Analyse de la signification et des biais affectant le SUV



Qualité de la mesure de la fixation en kBq/mL ?



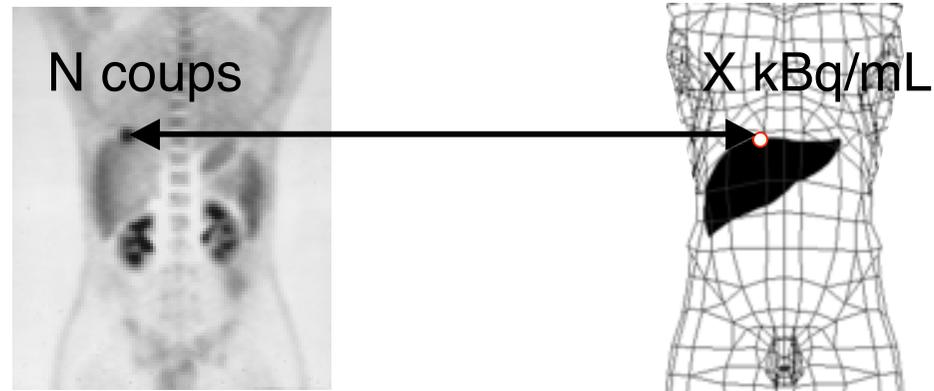
fixation (kBq/mL)

$$\text{SUV} = \frac{\text{fixation (kBq/mL)}}{\text{dose injectée (kBq) / poids du patient (g)}}$$



Signification de ce facteur de normalisation ?

Mesure de la fixation en kBq/mL



Largement influencée par :

- La correction d'atténuation
- La correction de diffusion
- Le mouvement respiratoire
- L'effet de volume partiel et sa correction
- La reconstruction tomographique
- La méthode de mesure

Correction d'atténuation

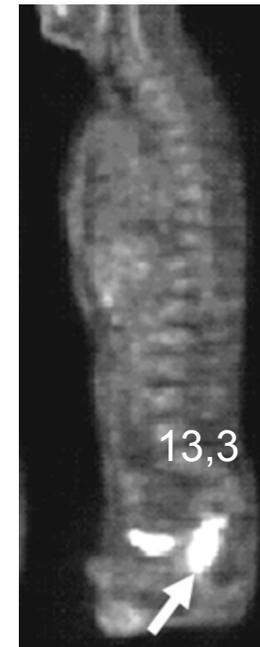
- Indispensable et bien maîtrisée en PET et PET/CT
- Vigilance sur 2 aspects :
 - produits de contraste oraux en PET/CT
 - mouvements respiratoires



Ge68



CT sans prise en compte de la présence de produit de contraste



CT avec prise en compte de la présence de produit de contraste

Correction de la diffusion

- Correction de diffusion : indispensable en TEP 3D (et disponible)
- Correction globalement efficace

Figure of merit	Absolute concentration (kBq/ml)	
	B	D
Case/compartment		
Calibration concentration	5.88	4.86
sans correction de diffusion : erreurs : 9% à 30%	AC 7.66±0.28	5.31±0.17
différentes corrections de diffusion : erreurs : -5% à 12%	DEW	4.62±0.18
	CVS	4.68±0.23
	SRBSC	4.76±0.22
	MCBSC1	4.81±0.21
	MCBSC2	4.78±0.15

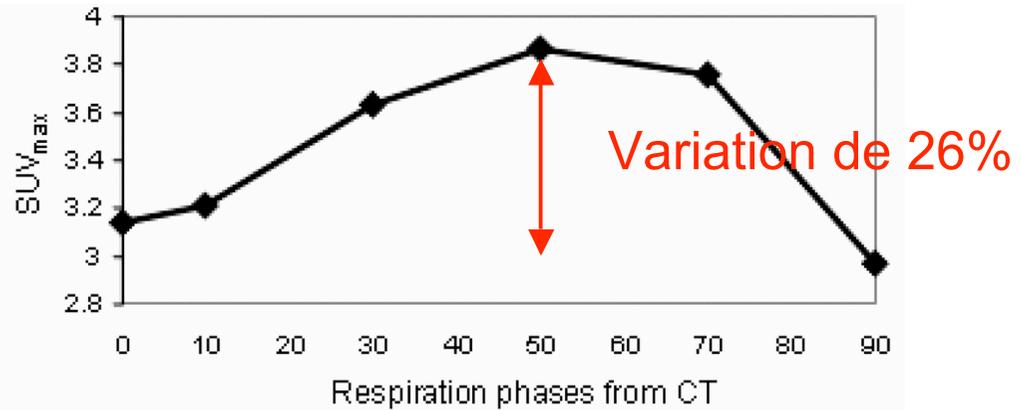
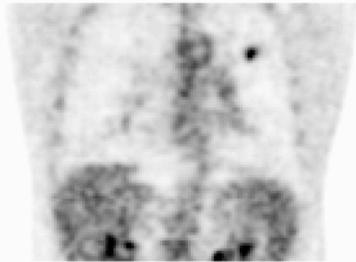
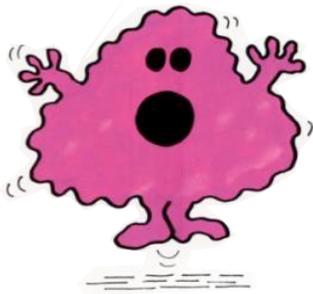
Zaidi et al, Eur J Nucl Med 2000:1813-1826

- Impact de la correction sur les valeurs de SUV non rapportée

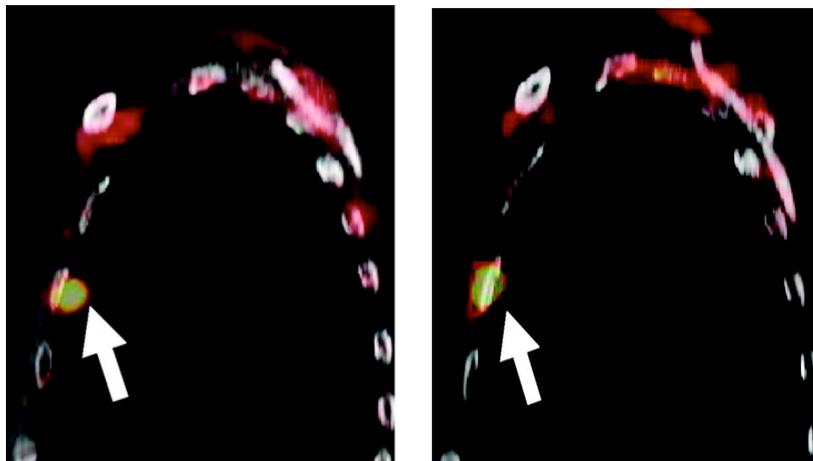


Effet du mouvement respiratoire

- SUV dépend de la phase respiratoire pendant laquelle a été acquis le CT utilisé pour la correction d'atténuation



Erdi et al, J Nucl Med 2004:1287-1292

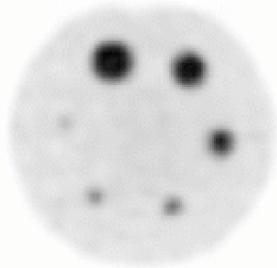


SUV _{max} clinique	SUV _{max} DIBH
7,95	10,4
8,8	12,3
6,6	8,9
3,2	4,0
10,6	11,6
4,8	8,8
11,5	12,4
4,2	4,9
6,7	7,2
22,1	23,6

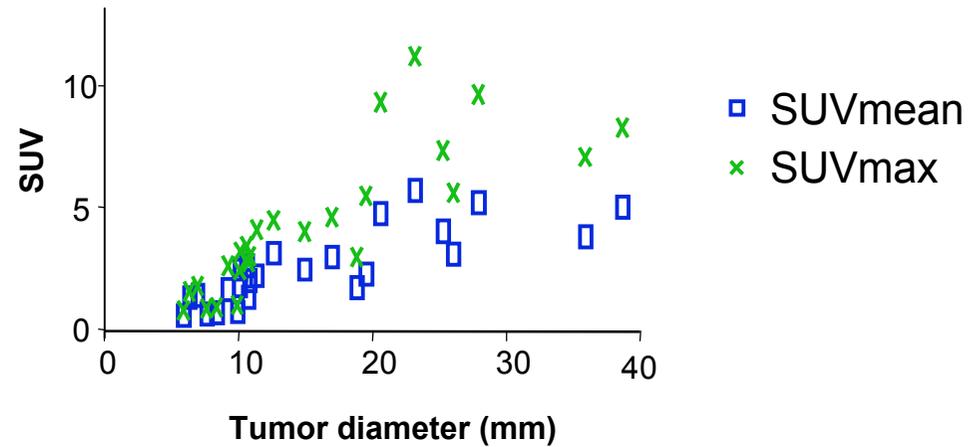
Nehmeh et al, J Nucl Med 2007:22-26

Effet de volume partiel

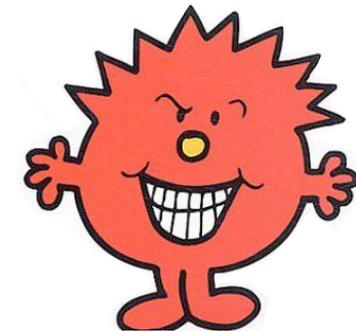
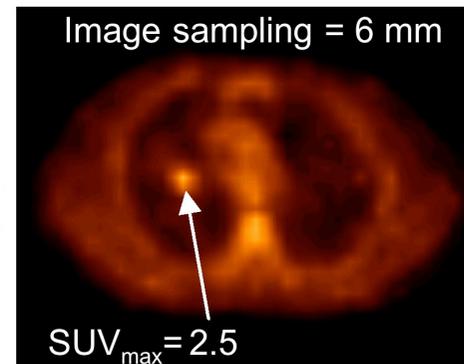
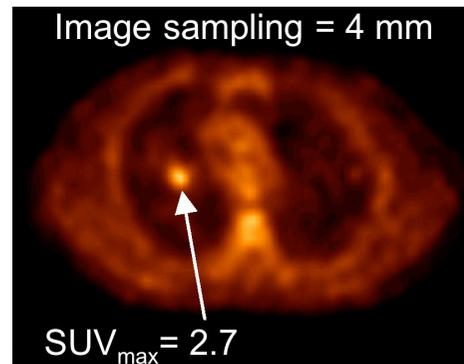
- Sans correction de volume partiel, le SUV dépend de :
 - la taille de la tumeur



Buvat et al, SNM 2007



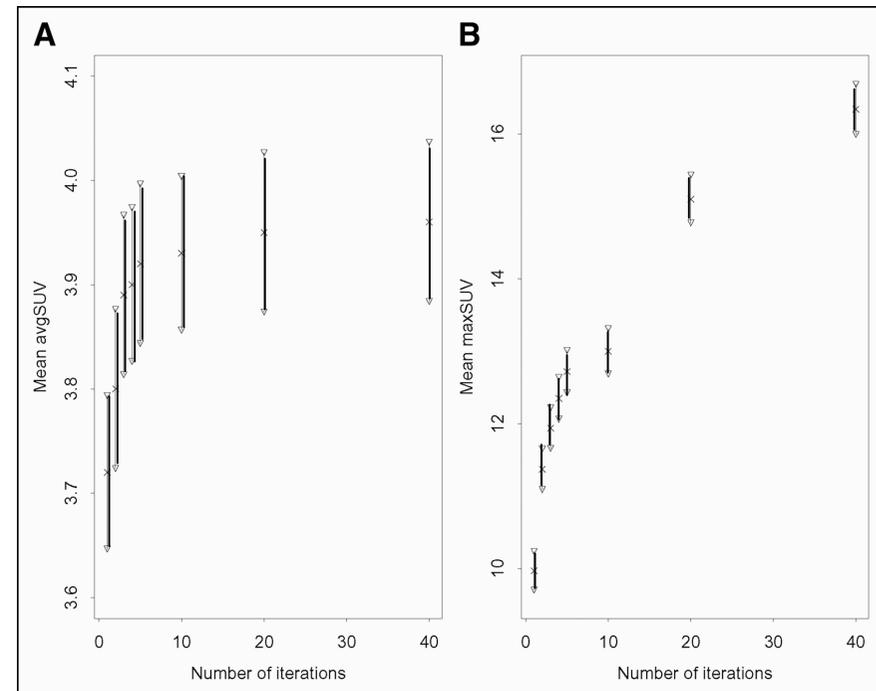
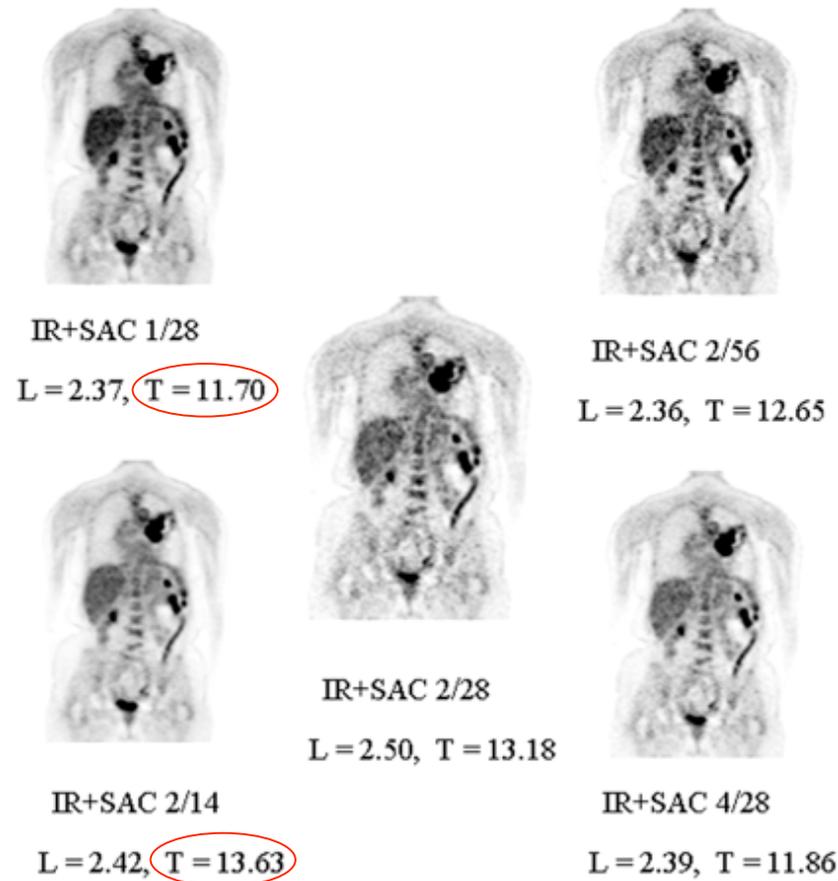
- de l'échantillonnage (taille des pixels)



Soret et al, J Nucl Med, June 2007

Effet de la reconstruction tomographique

- Les SUV dépendent de l'algorithme de reconstruction et des paramètres de reconstruction utilisés (compromis résolution spatiale / bruit)

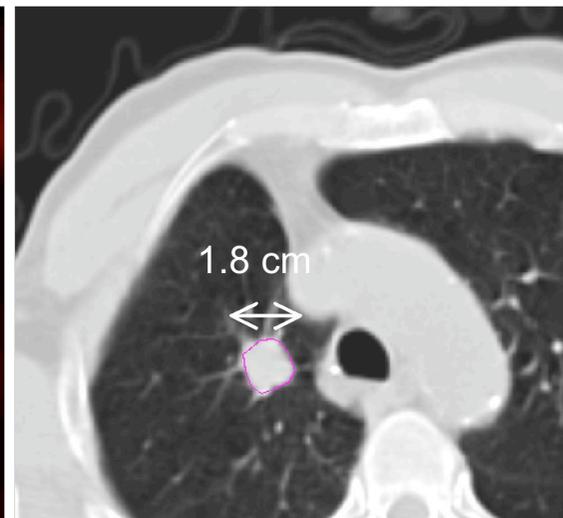
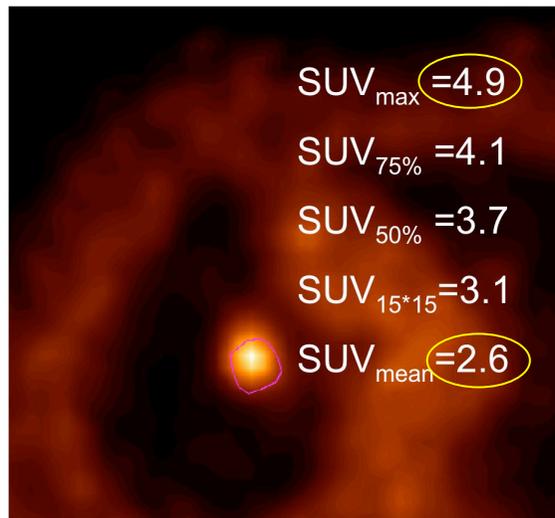
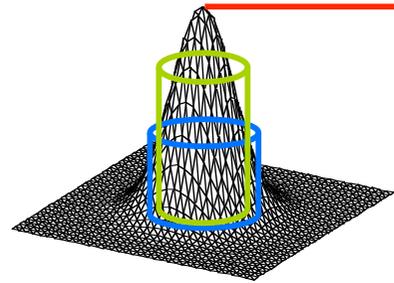
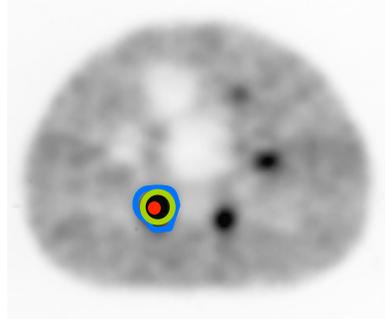
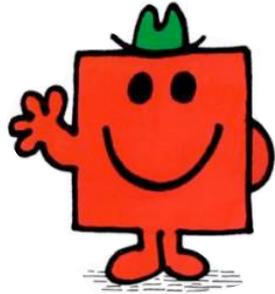


Schöder et al, *J Nucl Med* 2004:559-566

Jaskoviak et al, *J Nucl Med* 2005:424-428

Méthode de mesure

- Tracé des volumes d'intérêt, à cause de l'effet de volume partiel



Soret et al, J Nucl Med, June 2007

Résumé



$$\text{SUV} = \frac{\text{fixation (kBq/mL)}}{\text{dose injectée (kBq) / poids du patient (g)}}$$

De multiples sources de biais et de variabilité :

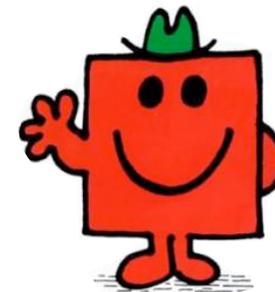
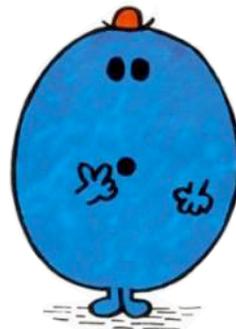
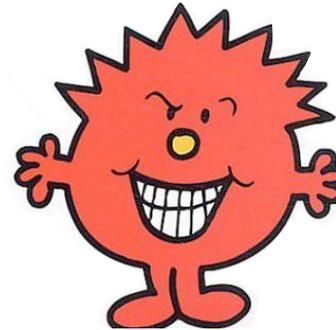
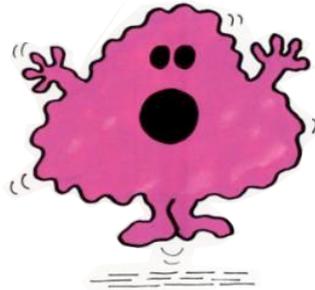
- La correction d'atténuation
- La correction de diffusion
- Le mouvement respiratoire
- L'effet de volume partiel et sa correction
- La reconstruction tomographique
- La méthode de mesure

Differences in uptake estimates greater than 100% (i.e., by a factor greater than 2) can be caused only by differences in the way data are acquired and processed, which suggest that comparison of SUV between PET centers using different scanning and processing protocols is almost impossible.

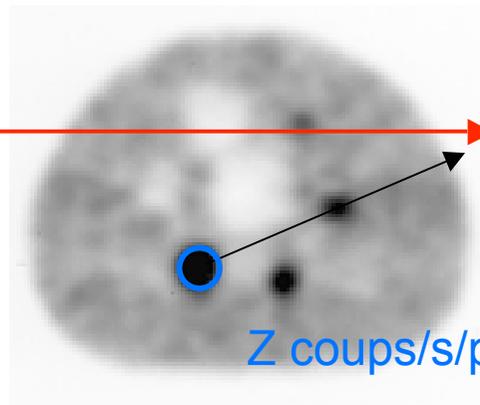
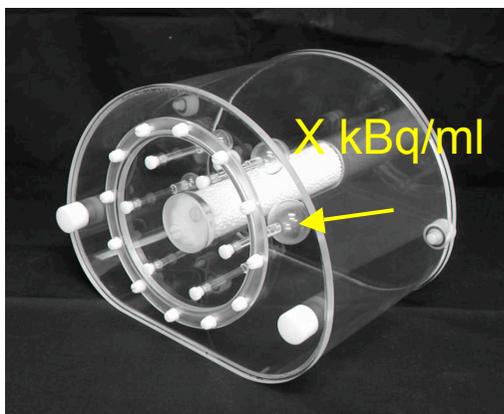
Feuardent et al, IEEE Trans Nucl Sci 2005: 1447-1452

Conclusion concernant le numérateur

- La qualité de la mesure de fixation (kBq/ml) dépend fortement du protocole d'acquisition et de traitement utilisé
- Des méta-analyses sont actuellement impossibles



Que faire ? Caractériser la fiabilité des mesures de fixation



activité = $C \cdot Z$ kBq/mL
ou SUV

« Contrôle de qualité » du protocole de mesure de fixation

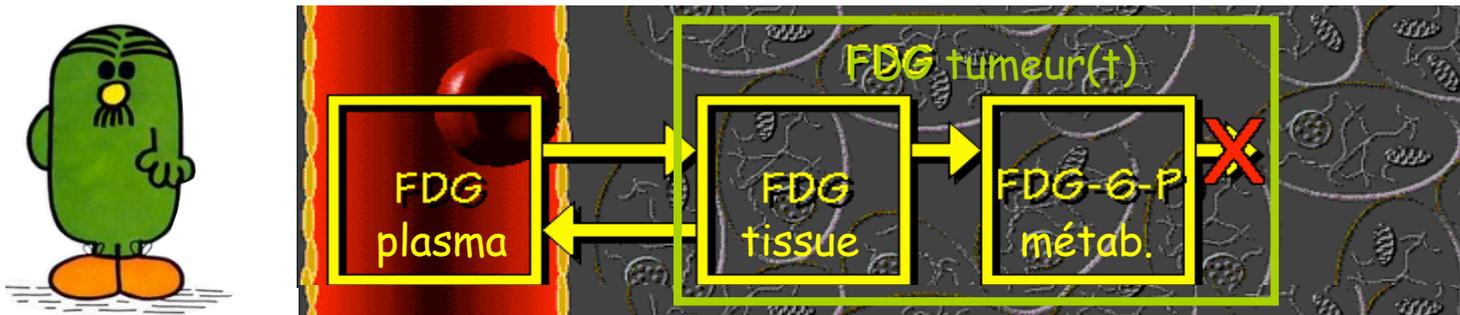
Origine du facteur de normalisation

$$\text{SUV} = \frac{\text{fixation (kBq/mL)}}{\text{dose injectée (kBq) / poids du patient (g)}}$$

- La fixation dépend de la quantité de traceur mise à disposition de la tumeur
- Le dénominateur du SUV suppose que :
 - le traceur se distribue uniformément dans tout le volume du patient
 - le patient a une masse volumique de 1



Quel devrait être le facteur de normalisation correct ?

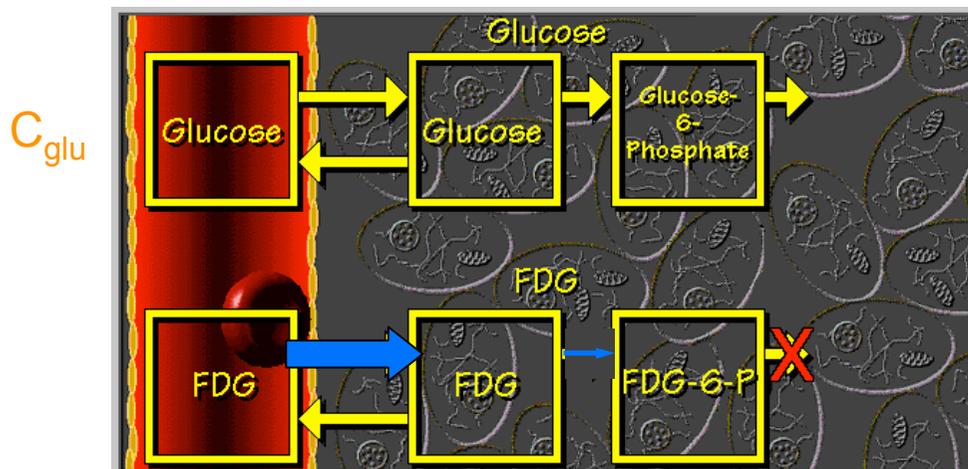


Fraction de volume sanguin dans la ROI

$$FDG\ tumeur(t) = K_i^* \int_0^t C_b(\theta) d\theta + V_b C_b(t)$$

↑ ↑ ↑
Concentration sanguine de FDG

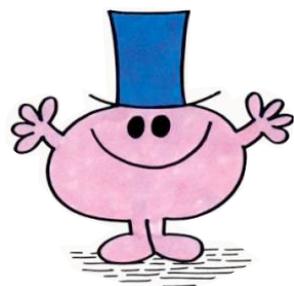
Débit entrant net du FDG



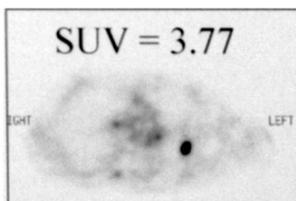
taux de métabolisme du glucose :

$$K_i = C_{glu} K_i^* / LC$$

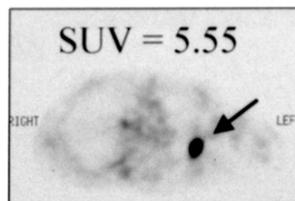
Lien entre le taux de métabolisme du glucose K_i et le SUV



$$\text{SUV} = \frac{C_{\text{glu}}}{LC} \frac{\text{FDG tumeur}(t) - V_b C_b(t)}{\text{dose injectée} / \text{poids du patient}}$$



54 min post injection



103 min post injection

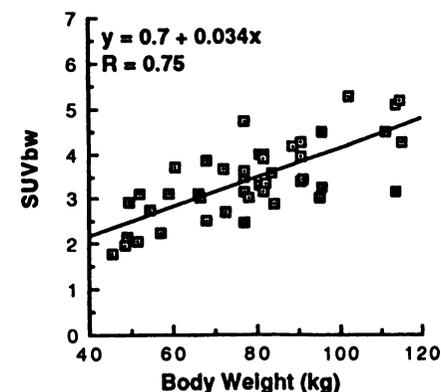
Zhuang et al, J Nucl Med 2001: 1412-1417

Fraction de FDG non métabolisé entre 6% et 67%

Freedman et al, Eur J Nucl Med 2003:46-53

Organ	n	Ranges of SUVmax	SUVmean ± SD
Rectum	46	0.43–6.76	1.48±0.64
Prostate	24	1.6–3.39	1.90±0.35
Testes	48	1.86–4.87	2.39±0.51
Cervical vertebrae	47	1.19–3.56	1.70±0.44
Thoracic vertebrae	47	1.33–6.47	1.66±0.73
Lumbar vertebrae	47	1.14–7.24	1.63±0.62

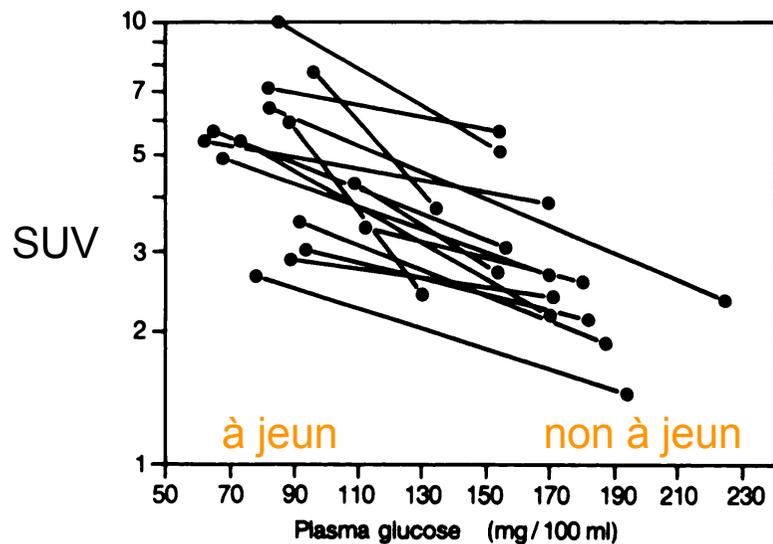
Wang et al, Mol Imaging Biol 2007:83-90



Kim et al, J Nucl Med 1994:164-167

Lien entre le taux de métabolisme du glucose K_i et le SUV

$$SUV = \frac{C_{glu}}{LC} \frac{FDG \text{ tumeur}(t) - V_b C_b(t)}{\text{dose injectée} / \text{poids du patient}}$$



Langen et al, J Nucl Med 1993:355-359

LC in the myocardium

- 0.67
- 0.68
- 0.76
- 0.56
- 0.89
- 0.70
- 0.58
- 0.77
- 0.58
- 0.61

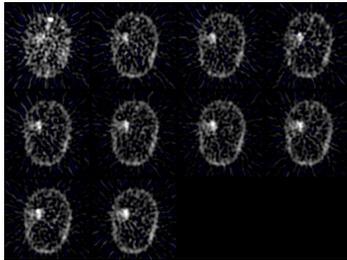
Ratib et al, J Nucl Med 1982:577-586



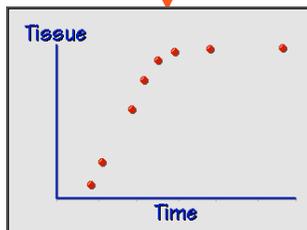
Le SUV ne représente donc pas le taux de métabolisme du glucose

Comment mieux approcher K_i ?

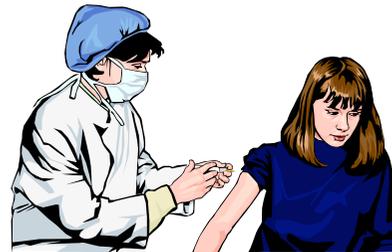
- Analyse cinétique complète



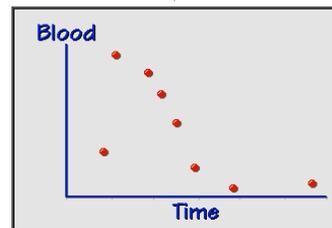
séquence d'images dynamique



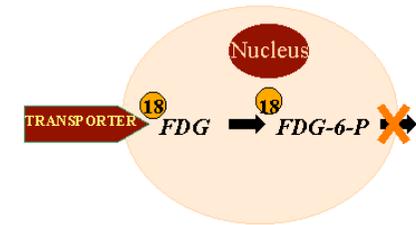
cinétique associée à une région FDG(t)



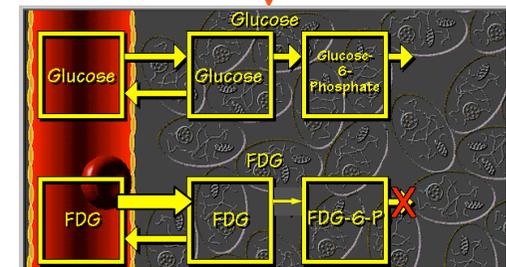
prélèvement sanguin



fonction d'entrée $C_b(t)$



connaissances biochimiques



k_1, k_2, k_3

ajustement des mesures au modèle



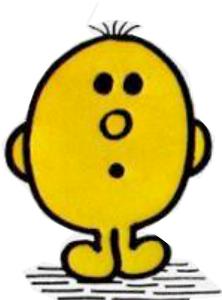
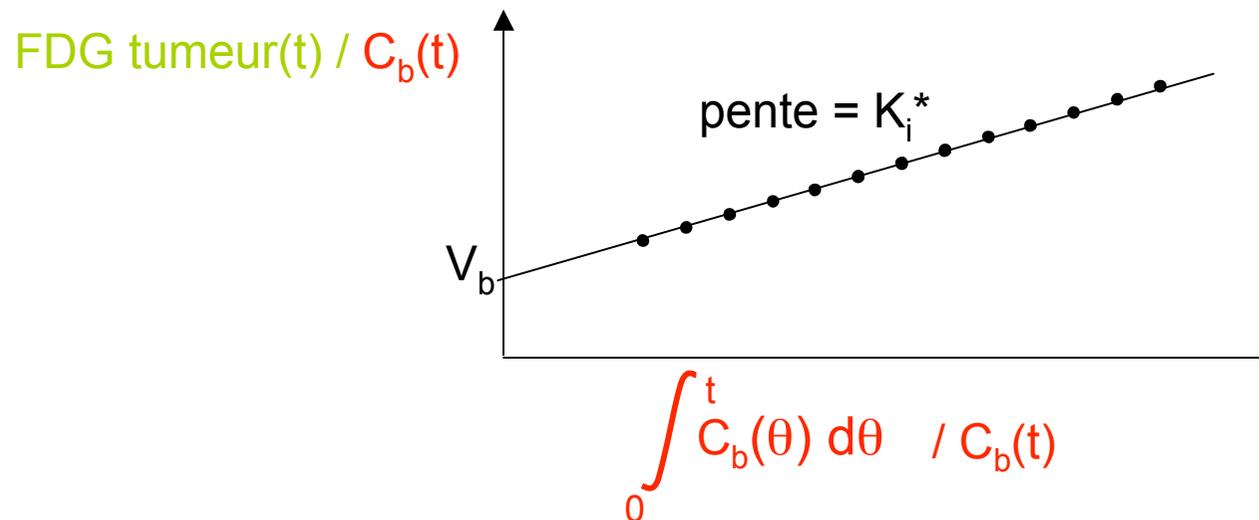
$$K_i = C_p [k_1 k_3 / (k_2 + k_3)] / LC$$

Ou analyse cinétique simplifiée...

- Exemple : analyse de Patlak

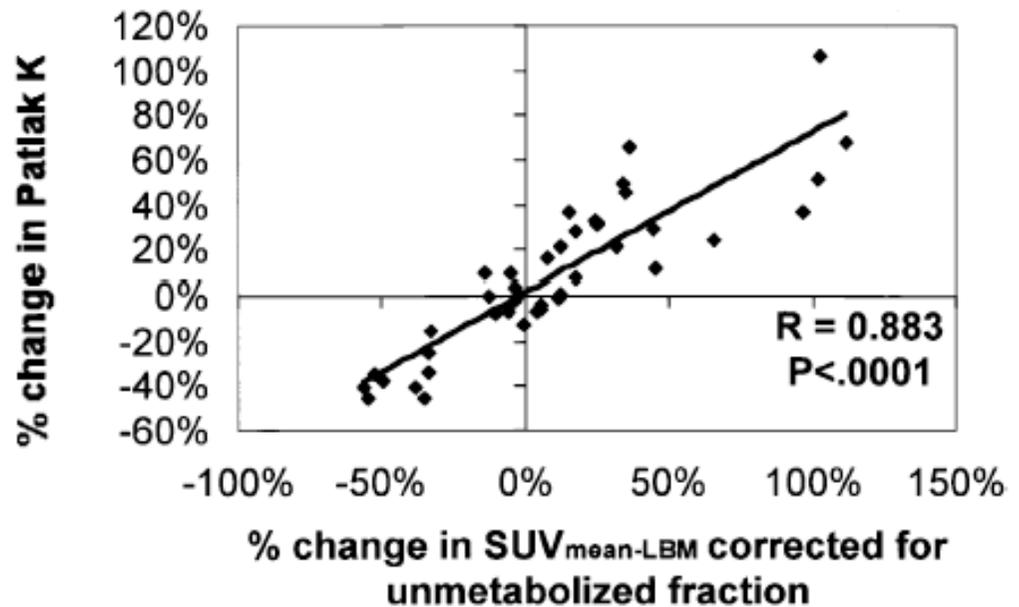
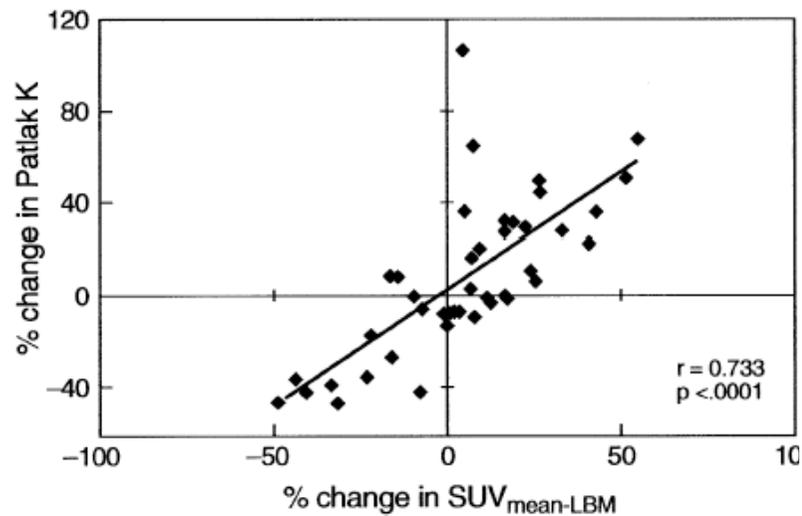
$$\text{FDG tumeur}(t) = K_i^* \int_0^t C_b(\theta) d\theta + V_b C_b(t)$$

- $C_b(t)$ mesurée pour chaque patient par prélèvement sanguin



- rend compte de l'évolution temporelle de la fixation tumorale
- prend en compte le FDG non métabolisé
- prend en compte la fonction d'entrée artérielle spécifique au patient

Attention, le SUV ne varie pas comme K_i^*



Freedman et al, Eur J Nucl Med 2003:46-53



Il n'existe pas de normalisation simple permettant d'estimer le taux de métabolisme du glucose à partir d'une mesure statique de fixation du FDG

Pourquoi le SUV rend-il des services?



- Grandeur normalisée, qui permet de représenter des images sur une échelle quantitative commune à tous les patients et examens
 - Certains biais sont relativement reproductibles (méthode de mesure, méthode de reconstruction, absence de correction de volume partiel...)
 - Le SUV est fréquemment rapporté, c'est un repère, même imprécis
- Le SUV (sans correction de volume partiel) combine des informations concernant le volume fonctionnellement actif et l'activité métabolique, deux quantités probablement importantes pour la caractérisation d'une tumeur

Conclusions

- Le SUV ne représente pas le taux de métabolisme du glucose
- C'est un index de **fixation**, dépendant de nombreux paramètres :
 - certains dépendent probablement de l'agressivité tumorale (taille de la tumeur)
 - d'autres non (protocoles d'acquisitions et de traitement des images)
- Les SUV n'ont qu'un intérêt très limité dans les méta-analyses, car sujets à une très grande variabilité (100%)
- Certains biais affectant le SUV peut être compensée (atténuation, mouvement, volume partiel), ce qui va accroître certainement l'utilité des SUV
- Seule, des analyses cinétiques (complètes ou simplifiées) permettent aujourd'hui de mieux approcher le métabolisme du glucose à partir d'images au FDG

Remerciements



Diaporama disponible sur
<http://www.guillemet.org/irene>