

EVALUATION THERAPEUTIQUE EN PET-CT AU ^{18}F FDG EN ONCOLOGIE



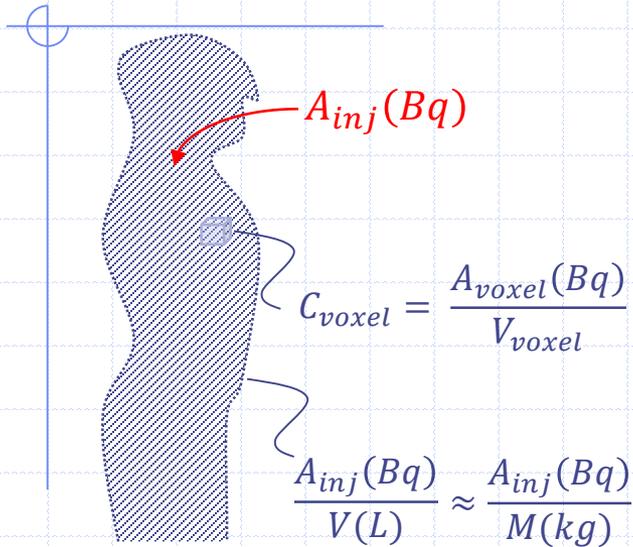
Pr Denis Mariano-Goulart

Faculté de médecine et CHRU de Montpellier

<http://scinti.edu.umontpellier.fr>

Aucun conflit d'intérêt à déclarer

Standardized Uptake Value



$$SUV_{voxel} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{C_{voxel}(Bq/L)}{A_{inj}(Bq)/V(L)}$$

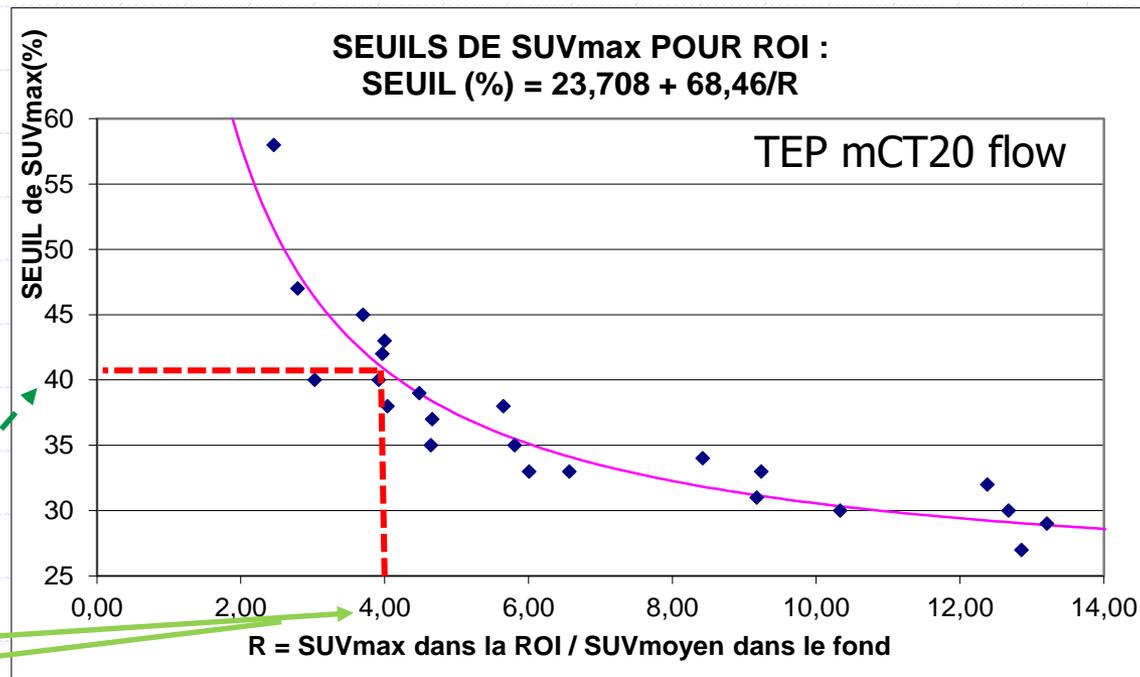
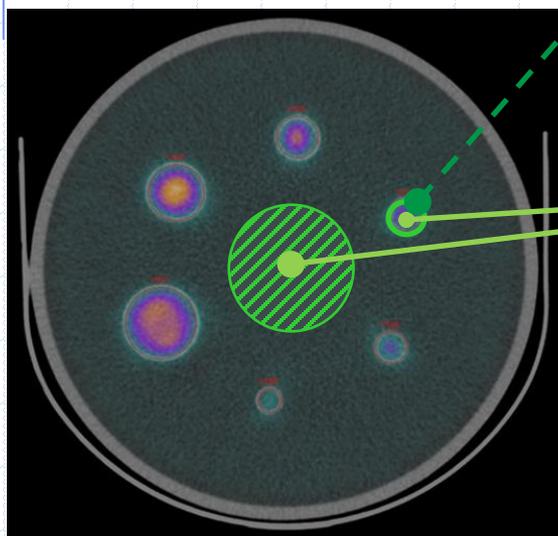
$$SUV_{voxel} = \frac{C_{voxel}(Bq/L)}{A_{inj}(Bq) / M(kg)}$$

$$SUL_{voxel} = \frac{C_{voxel}(Bq/L)}{A_{inj}(Bq) / M_{maigre}(kg)}$$

$$M_{maigre}^H = 1,10 \cdot P - 128 \left(\frac{P}{T}\right)^2$$

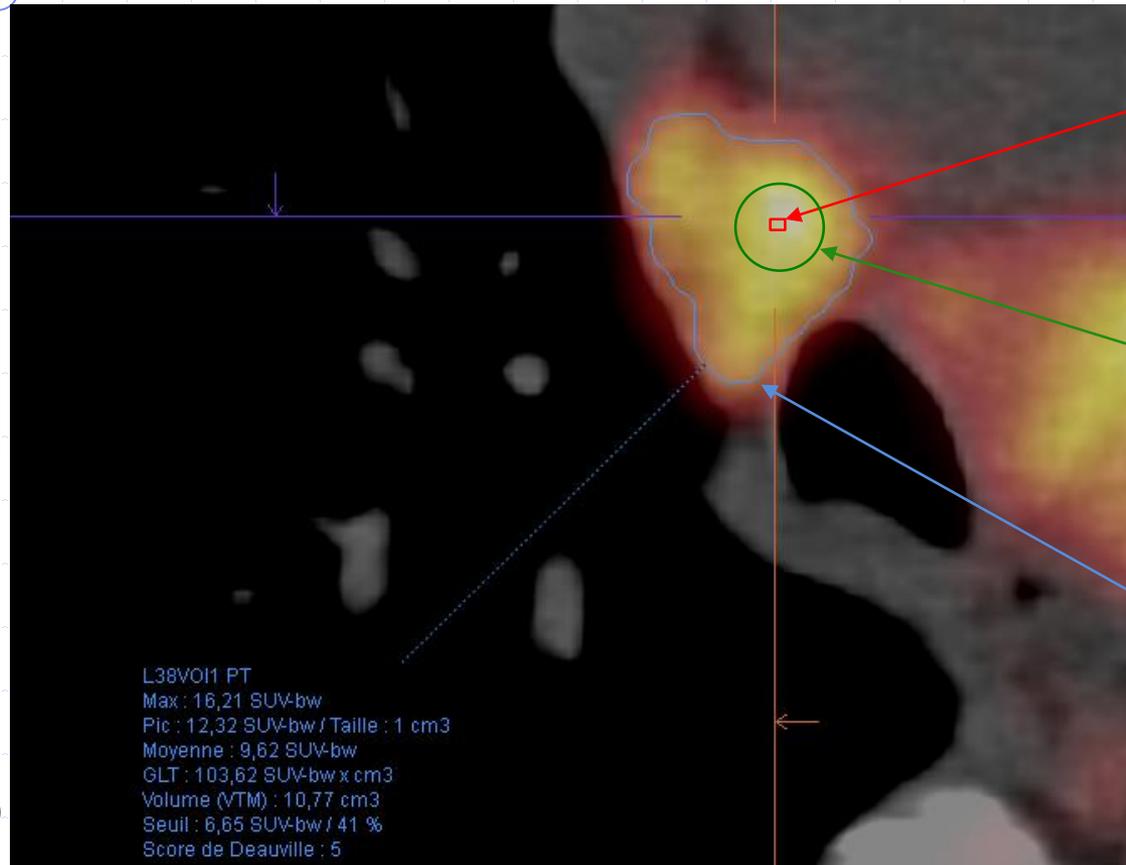
$$M_{maigre}^F = 1,07 \cdot P - 148 \left(\frac{P}{T}\right)^2$$

SEUILLAGE ADAPTATIF



→ % SUV max qui conduit à une ROI sphérique de rayon exact
 % SUV moyen dans le fond
 → On trace l'hyperbole $\%SUV_{max} = f(SUV_{max}/SUV_{fond})$

QUANTIFICATION REGIONALE



$$SUV_{max} = \frac{C_{voxel \in VOI}^{maxi}}{A_{inj}/M}$$

$$SUV_{peak} = \frac{C_{voxel \in S}^{moyen}}{A_{inj}/M}$$

S = Sphère 1 cc (Ø12 mm) centrée/ maxi

$$SUV_{moyen} = \frac{C_{voxel \in MTV}^{moyen}}{A_{inj}/M}$$

MTV = Volume Métabolique Tumoral
= isocontour à 41% du voxel maxi

Charge glycolytique totale : $TLG = \sum_{VOI \text{ de } SUV > 2,5} MTV \cdot SUV_{moyen}$

REFERENCES

FOIE DROIT

Sphère de \varnothing 3 cm

AORTE THORACIQUE DESCENDANTE

Cylindre de \varnothing 1 cm et de hauteur 2 cm



Pour les lymphomes (Deauville, Lugano) : SUV_{max}^{FOIE} et SUV_{max}^{ATD}

Pour les tumeurs solides (PERCIST) : $SUL_{ref}^{FOIE} = 1,5 \cdot SUL_{moyen} + 2 \cdot \sigma$

$SUL_{ref}^{ATD} = 2 \cdot SUL_{moyen} + 2 \cdot \sigma$

Pour les cancers de prostate (PSMA) : SUV_{max}^{FOIE} , $SUV_{max}^{PAROTIDE}$ et SUV_{max}^{ATD}

Pour pouvoir comparer 2 TEPs :

- A jeun de 4h, Glycémie < 2 g/L
- Délai d'acquisition $T = 60 \pm 10'$ post injection
- Même **TEP** (ou standardisation EARL)
- **Pas d'insuline** administrée
- Même **activité** administrée $\pm 20\%$ (en MBq/kg)
- $\Delta T < 15'$ dans le suivi
- $\Delta SUL_{ref}^{FOIE} < 0,3$

LYMPHOME DE HODGKIN : BI

- ENJEU ↓ iatrogénie : Cancers, stérilité, Cardio-pulmonaire
- TTT: ABVD + RT ; eBEACOPP ; BrECADD ; PD1i-AVD ; BV-AVD

Ann Arbor	
I	1 GG (ou 2 contigus)
II	> 1 GG
III	sus et sous diaph.
IV	Atteinte viscérale (TEP remplace la BOM)

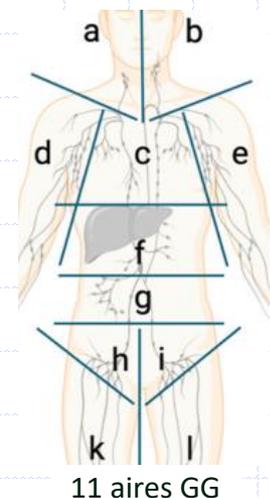
FR EORTC
Age ≥ 50 ans
Aires GG ≥ 4
VS ≥ 50(A) ou 30(B)
$\varnothing \geq 10 \text{ cm}$ ou $\frac{\varnothing_{\text{max}}^{\text{MED}}}{\varnothing_{\text{T5-T6}}^{\text{THORAX}}} \geq 0,35$

↓

LH localisé (I,II) à pronostic favorable ou pas (FR),
Disséminé (III,IV)

TEP INITIALE
Aires GG : SUV_{max} et \varnothing axial
± 2-5 lésions cibles (biopsie)
Masse ≥ 10 cm ?
GG sus/sous diaphragmatique
Atteinte extra-nodale ?
Atteinte ostéomédullaire focale ?
Score de Deauville
Fibrose pulmonaire, infection...

SCORE DE DEAUVILLE	
1	Pas de fixation
2	Fixation ≤ ATD
3	ATD < Fixation ≤ Foie
4	Foie < Fixation < 2.Foie
5	Fixation > 2.SUV _{max} foie ou nouvelles lésions



LYMPHOME DE HODGKIN (C2,C4)

- C2: étape clé après 2 cures :
 - Désescalade : \updownarrow \searrow Gy, \searrow ABVD ou \updownarrow B ...
 - Intensification : \nearrow BEACOPP , \nearrow Gy ...

C2/C4	SCORE DE DEAUVILLE	LUGANO
1	Pas de fixation	REPONSE METABOLIQUE COMPLETE TEP NEGATIVE
2	Fixation \leq ATD	
3	ATD < Fixation \leq Foie	
4	Foie < Fixation < 2.Foie (1,4, foie < Fixation si LH disséminé C2/C4)	FIXATION \searrow > 25% versus TEP BI : REPONSE METABOLIQUE PARTIELLE
5	Fixation > 2.SUV _{max} Foie ou nouvelles lésions	FIXATION \leftrightarrow ($ \Delta\text{SUV}_{\text{max}} < 25\%$) : ABSENCE DE REPONSE METABOLIQUE FIXATION \nearrow > 25% versus TEP BI ou NOUVELLE LESION : PROGRESSION METABOLIQUE

- FIN de traitement : Lugano
 - RMP, ARM \Rightarrow Maladie résiduelle
 - PM \Rightarrow Echec thérapeutique \Rightarrow Immunothérapie :
Ac anti CD30, PD-1...

LYMPHOME BGC (BI)

- **ENJEU** : ? 30-40% rechutes / réfractaires au R-CHOP
 - dont 10-15% de rechutes < 1 an → CAR-T cells
 - → CT 2° ligne puis autogreffe (RMC) ou CAR-T cells

- **TEP BI :**

Ann Arbor	
I	1 GG (ou 2 contigus)
II	> 1 GG
III	sus et sous diaph.
IV	Atteinte viscérale (TEP remplace la BOM)

TEP INITIALE
Aires GG : SUV_{max} et \emptyset axial
Maximum des $SUV_{max} = SUV_{max}^{TEP0}$
± 2-5 lésions cibles (biopsie)
Masse ≥ 10 cm ?
GG sus/sous diaphragmatique
Atteinte extra-nodale ?
Atteinte ostéomédullaire focale ?
Score de Deauville
Autres pathologies (infections...)

SCORE DE DEAUVILLE	
1	Pas de fixation
2	Fixation \leq ATD
3	ATD < Fixation \leq Foie
4	Fixation > Foie
5	Fixation > 2. SUV_{max} foie ou nouvelles lésions

LYMPHOME BGC (C2,C4)

- C2: Répondeurs ?
- C4: Non-répondeurs ?

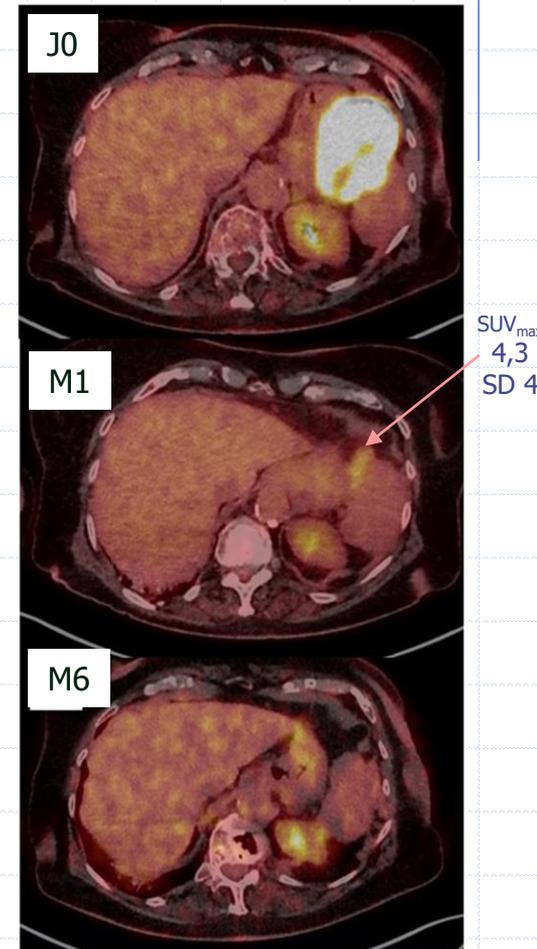
$$\Delta SUV = \frac{SUV_{max}^{TEP0} - SUV_{max}^{TEP \text{ C2 ou C4}}}{SUV_{max}^{TEP0}}$$

C2/C4	SCORE DE DEAUVILLE	(Age > 60 ans ou St I,II) et $SUV_{max}^{TEP0} < 10$: LUGANO	(Age 18-60 ans ou St III,IV) et $SUV_{max}^{TEP0} \geq 10$ ΔSUV
1	Pas de fixation	REPONDEURS : REPONSE METABOLIQUE COMPLETE	REPONDEURS : $\Delta SUV > 66\%$ à C2 70 % à C4
2	Fixation \leq ATD		
3	ATD < Fixation \leq Foie		
4	Fixation > Foie	NON REPONDEURS : FIXATION $\searrow > 25\%$ versus TEP BI: REPONSE METABOLIQUE PARTIELLE	NON REPONDEURS : $\Delta SUV \leq 66\%$ à C2 70 % à C4
5	Fixation > 2. SUV_{max} foie ou nouvelles lésions	FIXATION \leftrightarrow ($ \Delta SUV_{max} < 25\%$) : ABSENCE DE REPONSE METABOLIQUE FIXATION $\nearrow > 25\%$ versus TEP BI ou NOUVELLE LESION : PROGRESSION METABOLIQUE	

- FIN de traitement : Lugano (RMC, MR, ET)

CAR T-Cells / Ac Bi spé

- Enjeu : ? PFS < 1 an (> 50% CAR T)
- Pas de TEP précoce < J15 :
 - Syndrome de relargage cytokinique (S1)
 - Toxicité neurologique (CAR T, S1-S2)
 - FP: Pseudo-progression (5% à S1, infiltration/T activés)
 - FN: lié à la CT de lympho-déplétion
- TEP M1 : D1-3/4-5.
 - Stable ou RP : SUVmax > 6,4, MTV > 42 mL TLG¹...
- TEP M3 → M24 : pronostic, RM lente, rechute tardive
- FP:
 - Granulomatose sarcoïdosique,
 - réaction histiocytaire,
 - Hypermétabolisme OM isolé



LYMPHOME FOLLICULAIRE

- ENJEU : ? Rechutes à 2 ans ou réfractaires à G-CHOP → anti CD20 et léنالidomide

• BI :

Critères GELF de forte masse tumorale
3 sites GG tous de $\varnothing_{\text{maxi}} > 3 \text{ cm}$
Masse (GG ou extra) $\varnothing_{\text{maxi}} > 7 \text{ cm}$
Splénomégalie $> 13 \text{ cm}$
Epanchement pleural ou péritonéal
Syndrome compressif
Signes B, \uparrow LDH, \uparrow bêta β 2-MG

TEP INITIALE
Aires GG : $\text{SUV}_{\text{max}} (\pm)$ et $\varnothing (> 3 \text{ cm} ?)$
Identifier $\text{SUV}_{\text{max}} > 15$ (transformation)
Cible pour biopsie
Masse $\geq 7 \text{ cm} ?$
GG sus/sous diaphragmatique
Atteinte extra-nodale ou OM (mais BOM ¹)
Splénomégalie, épanchements, compression
Score de Deauville
Autres pathologies (infection...)

- Suivi thérapeutique : pas d'indication
- Fin de traitement, rechute : Lugano

LYMPHOME DU MANTEAU

- ENJEU : Variante agressive ?

- BI :

TEP INITIALE
GG : SUV _{max} (hétérogène) et Ø axial
SUV _{max} ≥ 10 : agressif ?
Masse ≥ 10 cm ?
Cible pour biopsie
GG sus/sous diaphragmatique
Atteinte extra-nodale (DIG ⇒ Bioψ) ?
Atteinte OM focale (⇒ BOM) ?
Score de Deauville
Autres pathologies (infection...)

- Suivi thérapeutique : pas d'indication
- Fin de traitement : Lugano (et ΔSUV)

MYELOMES

- Bilan initial : pronostic
 - SMM/ MGUS : TTT si lyse, TEP + \Rightarrow p(MM/2 ans) x 2
 - PS : $SUV_{max} \uparrow \Rightarrow p(MM) \uparrow$
 - MM : Altérations génomiques hétérogènes dans les biopsies
 - PFS et OS \leftarrow > $SUV_{max} > 4,2$, \emptyset et foyers > 3 et extra-OM
 - CR :
 - OM diffus > Foie ; Nb de foyers OM + Max SUV_{max} + lyse ?
 - Lésion para ou extra ostéomédullaire, fractures
- Rép. thérapeutique avant entretien si TEP BI +:
 - RMC ($SD \leq 3$), RMP ($SD = 4-5$), RMS, PM

TUMEURS SOLIDES : INDICATIONS TEP

- **Oncologie thoracique** : Poumons, plèvre, médiastin, thymus
- **Oncologie des VADS**
- **Oncologie digestive** : colorectal, œsophagien, estomac
- **Oncologie gynécologique** : sein sauf St I, utérus, ovaire, vulve
- **Dermatologie**: Mélanomes, carcinomes de Merkel
- **Oncologie urologique** : Prostate (Rein, vessie, pénis, testicule)
- **Oncologie neurologique** : Récidive vs radionécrose (Tumeurs du SNC de haut grade)

EVALUATION DES TUMEURS SOLIDES SELON PERCIST 1.0 de 2009

$$SUL_{ref}^{FOIE D} = 1,5 \cdot SUL_{moyen}^{S \emptyset 3cm} + 2 \cdot \sigma$$

$SUL_{Ref} =$ et

$$SUL_{ref}^{ATD} = 2 \cdot SUL_{moyen}^{C \emptyset 1cm h 2cm} + 2 \cdot \sigma$$

$$SUL_{peak} = \frac{C_{\text{voxel} \in S(\text{max}, 1cc \equiv \emptyset 1,2 cm)}^{\text{moyen dans VOI}}}{A_{inj}/M_{maigre}}$$

- Définition de 5 cibles maxi (2 maxi par organe) de $SUL_{peak} > SUL_{ref}$
- $SUL_{peak}^{MAX} = \text{Max}_{cibles i} SUL_{peak}^i$ $TLG = \sum_{VOI \text{ de } SUV > 2,5} MTV_{41\%} \cdot SUL_{moyen}$
- $\Delta SUL_{peak}^{MAX} = 100 \cdot \left(\frac{SUL_{peak}^{MAX}(t) - SUL_{peak}^{MAX}(BI)}{SUL_{peak}^{MAX}(BI)} \right)$ $\Delta TLG = 100 \cdot \left(\frac{TLG(t) - TLG(BI)}{TLG(BI)} \right)$
- $\Delta SUL_{peak} = 100 \cdot \left(\frac{SUL_{peak}(t) - SUL_{peak}(BI)}{SUL_{peak}(BI)} \right)$ dans une lésion (cible ou pas)

EVALUATION DES TUMEURS SOLIDES SELON PERCIST 1.0 de 2009

A la x^e semaine de traitement :

RMC $SUL_{peak} < SUL_{ref}^{FOIE D}$ et $SUL_{peak} \equiv SUL_{ref}^{ATD}$ pour toutes les lésions

RMP ($\searrow \Delta SUL_{peak}^{MAX} > 30\%$ et $> 0,8$) et (pas de nouvelle lésion) et ($\nearrow \Delta SUL_{peak} < 30\%$) et ($\nearrow \Delta \emptyset < 30\%$) sur cibles ou pas

STABLE ni RMC, ni RMP, ni PM, c'est-à-dire : ($|\Delta SUL_{peak}^{MAX}| < 30\%$ et $< 0,8$) et (pas de nouvelle lésion) et ($\Delta TLG < 75\%$)

PM ($\nearrow \Delta SUL_{peak}^{MAX} > 30\%$ et $> 0,8$) ou ($\Delta TLG > 75\%$) ou (nouvelle lésion)

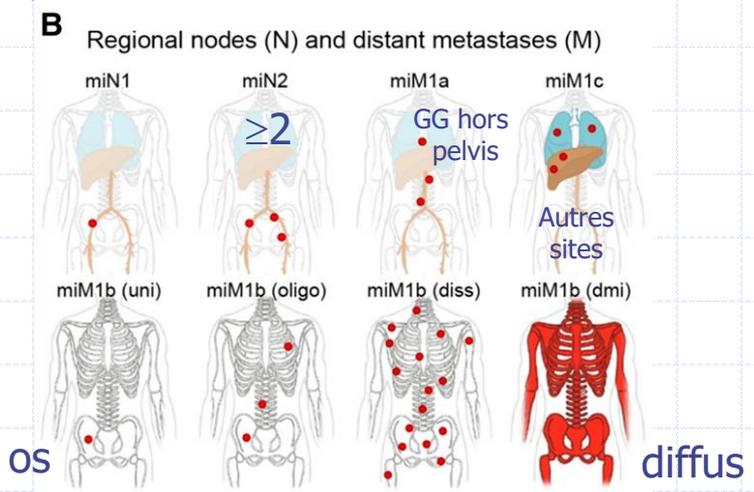
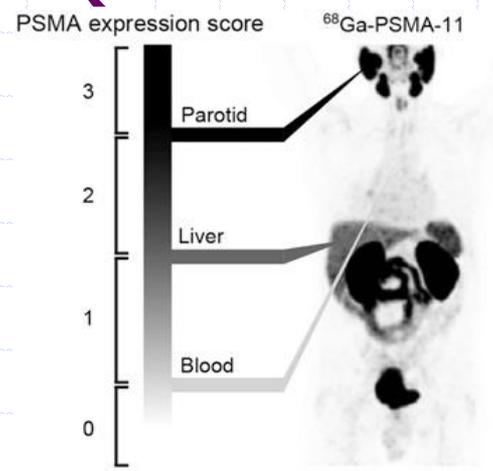
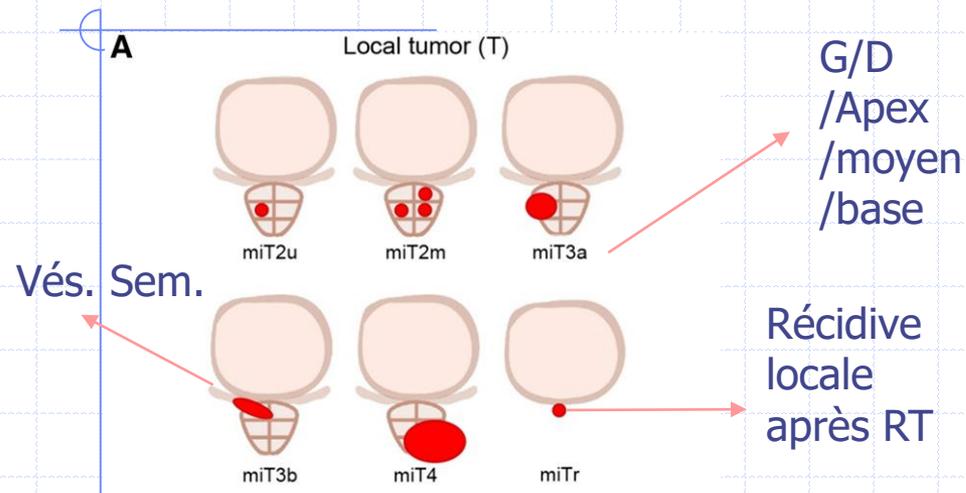
\emptyset = plus grande dimension (≥ 10 mm) dans le plan axial ou petit axe (≥ 15 mm) pour une adénopathie.

Remarques :

1- PERCIST \equiv mPERCIST avec $SUV_{peak} \equiv$ PERCIST-max avec SUV_{max}

2- Immunothérapie : PERCIMT, imPERCIST, im PERCIST 5, iPERCIST... : "PM non confirmée"

EVALUATION EN PSMA (PROSTATE)



SCORE	ECHELLE DE PSMA
0	$SUV_{max} < ATD$
1	$ATD \leq SUV_{max} < Foie$
2	$Foie < SUV_{max} \leq \text{Parotide}$
3	$SUV_{max} > \text{Parotide}$

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

