

Méthodes géodésiques pour la caractérisation des milieux fibreux

Vincent Morard, Etienne Decencière, Petr Dokladal

Ecole des Mines de Paris
Centre de Morphologie Mathématique

34ème journée de l'ISS-France



(a)



(b)

Présentation de la problématique

- Images de tissus biologiques
- 48 images 3D réparties en 2 classes { *Sain*, *Pathologique* } ou en 4 classes { S_0 , S_{30} , P_{70} , P_{100} } : (indice de dégradation du tissu)

Problématique

- Trouver des descripteurs pertinents pour discriminer au mieux **les fibres** d'un tissu sain d'un tissu pathologique.
- Réaliser une analyse statistique.

Difficultés

- Anisotropie et décroissance du signal avec la profondeur.
- Peu d'échantillon \Rightarrow **Attention au sur apprentissage**
- Très grande variabilité entre les tissus.

- 1 Introduction
 - Problématique de l'étude
 - Préparation des images

- 2 Calcul des descripteurs
 - Méthodes géodésiques
 - Méthodes à partir du squelette

- 3 Apprentissage statistique et classement
 - Corrélation avec la sortie
 - Création d'un modèle

Prétraitements

Rehaussement des fibres

Difference of gaussian (DoG) linéaire que l'on applique sur l'image pour détecter les structures qui sont localement linéaires.

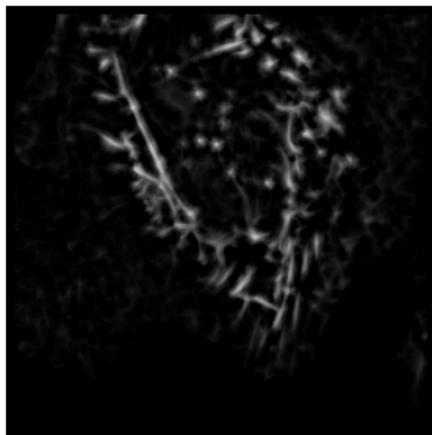
→ Image rehaussée des fibres

Segmentation des fibres

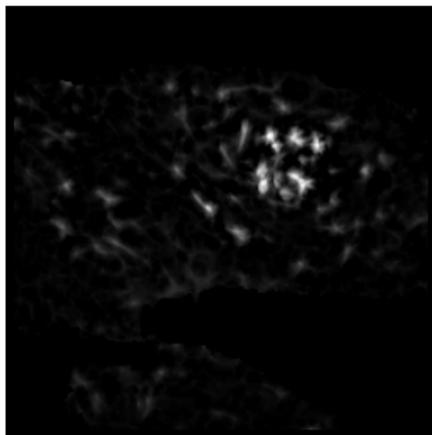
Il n'existe pas de seuil global mais on choisit automatiquement un seuil coupe par coupe pour n'avoir qu'une unique composante connexe pour le fond de l'image.

→ Masque des fibres

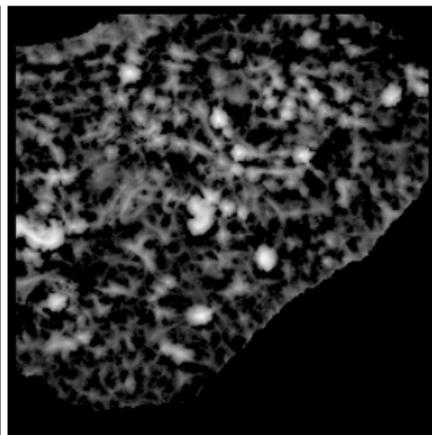
Prétraitements



(c) Tissu Sain S_0



(d) Tissu Pathologique P_{100}



(e) Réseau de fibres

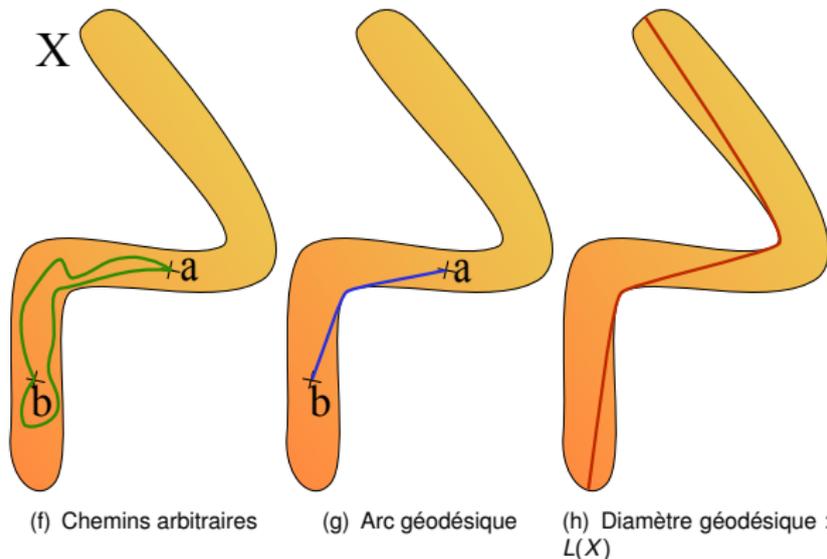
- 1 Introduction
 - Problématique de l'étude
 - Préparation des images

- 2 Calcul des descripteurs
 - Méthodes géodésiques
 - Méthodes à partir du squelette

- 3 Apprentissage statistique et classement
 - Corrélation avec la sortie
 - Création d'un modèle

Rappel sur la géodésie

Introduit par C. Lantuéjoul dans [4].



Rappel sur la géodésie

A partir du diamètre géodésique, on peut définir d'autres attributs :

- Elongation géodésique

Définition (Elongation géodésique)

En 2D :

$$E(X) = \frac{\pi L^2(X)}{4S(X)}$$

En 3D :

$$E(X) = \frac{\pi L^3(X)}{6V(X)}$$

- Tortuosité géodésique

Définition (Tortuosité géodésique)

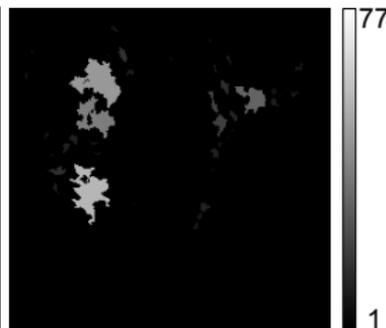
$$T(X) = \frac{L(X)}{L_{Eucl}(X)}$$

Tous les pixels d'une même composante connexe seront remplacés par la valeur de l'attribut.

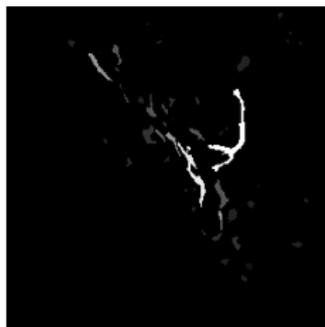
Méthodes géodésique



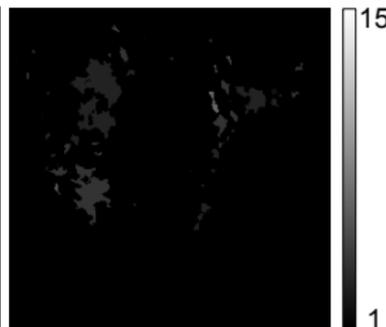
(i) Diametre géodesique (tissu Sain S_0)



(j) Diametre géodesique (tissu Pathologique P_{100})



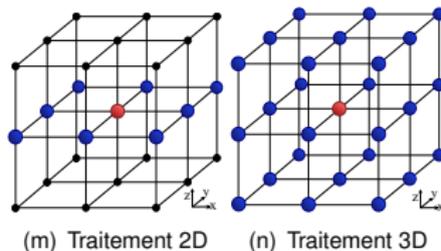
(k) Elongation géodesique (tissu Sain S_0)



(l) Elongation géodesique (tissu Pathologique P_{100})

Descripteurs

On définit deux connectivités C8 et C26



6 descripteurs sont retenus :

$$F_{L,C,\gamma} = \frac{\text{Card}(\psi_{L,C}(f_{FB}) > \gamma)}{\text{Card}(f_{FB})} \times 100$$

$$F_{E,C,\gamma} = \frac{\text{Card}(\psi_{E,C}(f_{FB}) > \gamma)}{\text{Card}(f_{FB})} \times 100$$

$$F_{T,C,\gamma} = \frac{\text{Card}(\psi_{T,C}(f_{FB}) > \gamma)}{\text{Card}(f_{FB})} \times 100$$

Squelette des fibres, structures des fibres

- Calcul du squelette 3D [1]
- Ebarbulage
- Suppression des points triples du squelette.

3 descripteurs sont retenus :

$$F_{SK_{C_{28}}, NB} = \text{CardCC}(f_{SK, C_{28}})$$

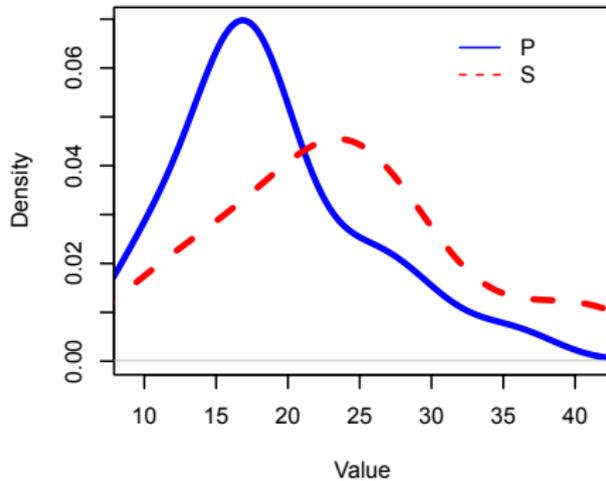
$$F_{SK_{C_{28}}, MEAN} = \frac{\sum \text{LengthCC}(f_{SK, C_{28}})}{F_{SK_{C_{28}}, NB}}$$

$$F_{SK_{C_{28}}, \gamma} = \text{CardCC}(f_{SK, C_{28}}) > \gamma$$

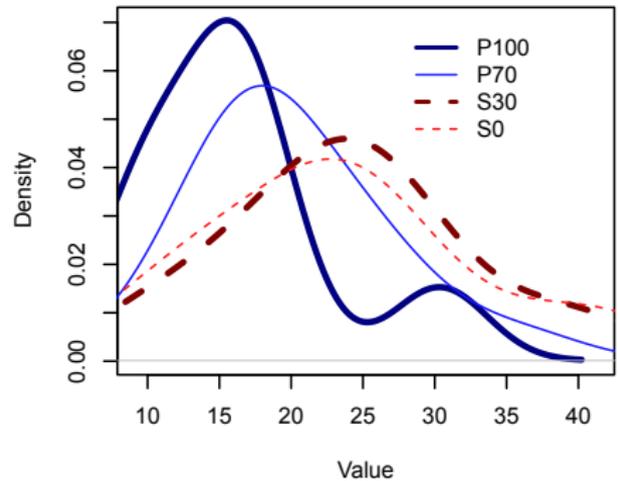
- 1 Introduction
 - Problématique de l'étude
 - Préparation des images
- 2 Calcul des descripteurs
 - Méthodes géodésiques
 - Méthodes à partir du squelette
- 3 Apprentissage statistique et classement
 - Correlation avec la sortie
 - Création d'un modèle

Correlation avec la sortie

Elongation2D

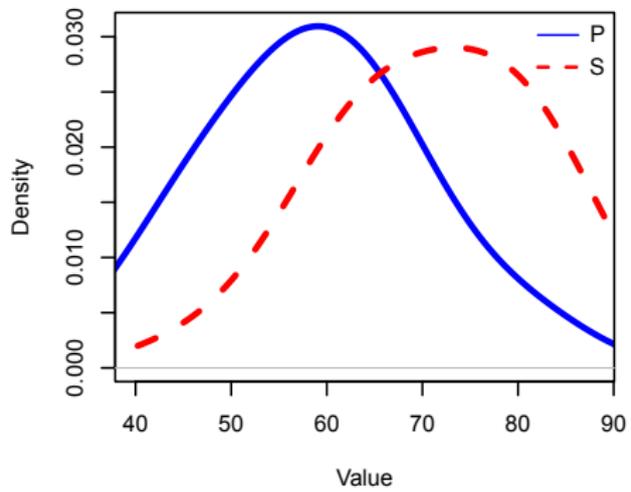


Elongation2D

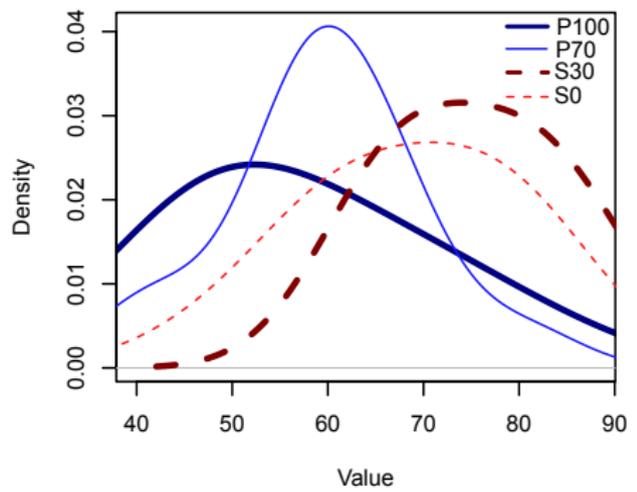


Correlation avec la sortie

Elongation3D

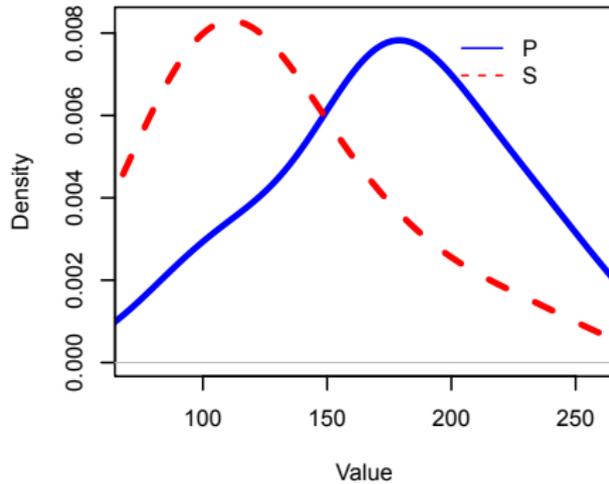


Elongation3D

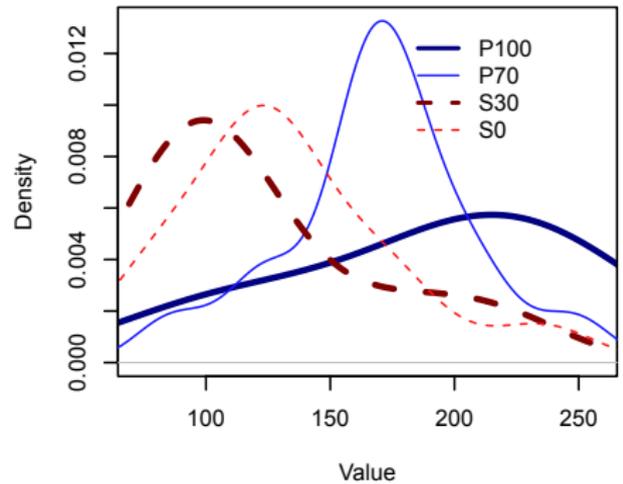


Correlation avec la sortie

SK_50



SK_50



Création d'un modèle

Eviter le sur apprentissage : → modèles linéaires

Selection des descripteurs les plus pertinents :

- LARS, Efron et al. dans [2],
- LASSO, Tibshirani dans [5],
- Forward Stagewise Selection, Hastie et al. dans [3].

Classement

TABLE: Taux de prédiction et descripteurs triés par ordre d'importance.

| | OLS | Stagewise | LASSO | LAR |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Prediction Rate | 68% | 75% | 75% | 73% |
| 1 | $F_{SK,MEAN}$ | $F_{SK,MEAN}$ | $F_{E,26}$ | $F_{E,26}$ |
| 2 | $F_{E,26}$ | $F_{E,26}$ | $F_{SK,MEAN}$ | $F_{SK,MEAN}$ |
| 3 | $F_{SK,NB}$ | $F_{SK,50}$ | $F_{L,26}$ | $F_{SK,50}$ |
| 4 | $F_{T,26}$ | $F_{L,26}$ | $F_{SK,50}$ | $F_{T,8}$ |
| 5 | $F_{SK,50}$ | $F_{T,8}$ | . | $F_{E,8}$ |
| 6 | $F_{E,8}$ | . | . | $F_{L,26}$ |
| 7 | $F_{L,26}$ | . | . | . |
| 8 | $F_{T,8}$ | . | . | . |
| 9 | $F_{L,8}$ | . | . | . |

Méthode de validation : *Leave One Out*

Conclusion

- Caractérisation des fibres grâce à des méthodes géodésiques
- Caractérisation de la structure et de l'agencement des fibres grâce au squelette des fibres
- On a une bonne complémentarité entre les deux ensembles de descripteurs
- Apprentissage statistique : *Subset selection*

 P. Dokladal, C. Lohou, L. Perroton, and G. Bertrand.

A new thinning algorithm and its application to extraction of blood vessels, 1999.

 B. Efron, T. Hastie, I. Johnstone, and R. Tibshirani.

Least angle regression.

Annals of statistics, 32(2) :407–451, 2004.

 T. Hastie, R. Tibshirani, and J. Friedman.

The elements of statistical learning : data mining, inference, and prediction. volume2.
Springer Verlag, 2009.

 C. Lantuejoul and S. Beucher.

Geodesic distance and image analysis.

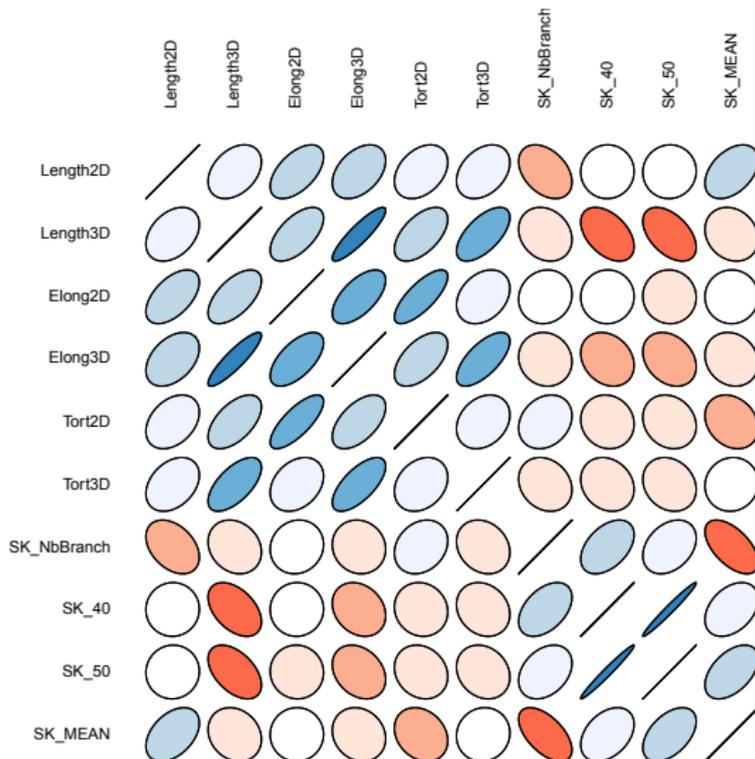
pages 138–142, Salzburg, Australia, 1980. *Mikroskopie*.

 R. Tibshirani.

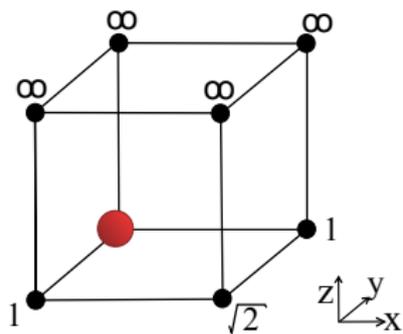
Regression shrinkage and selection via the lasso.

Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), pages 267–288, 1996.

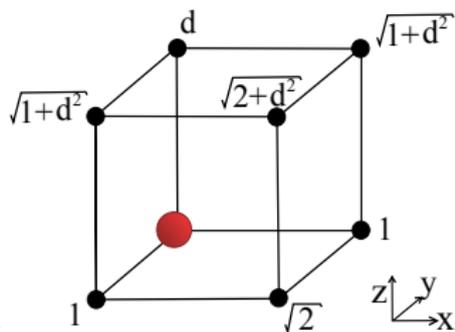
Annexes 1 : Matrice de corrélation



Annexes 2 : Gestion de l'anisotropie

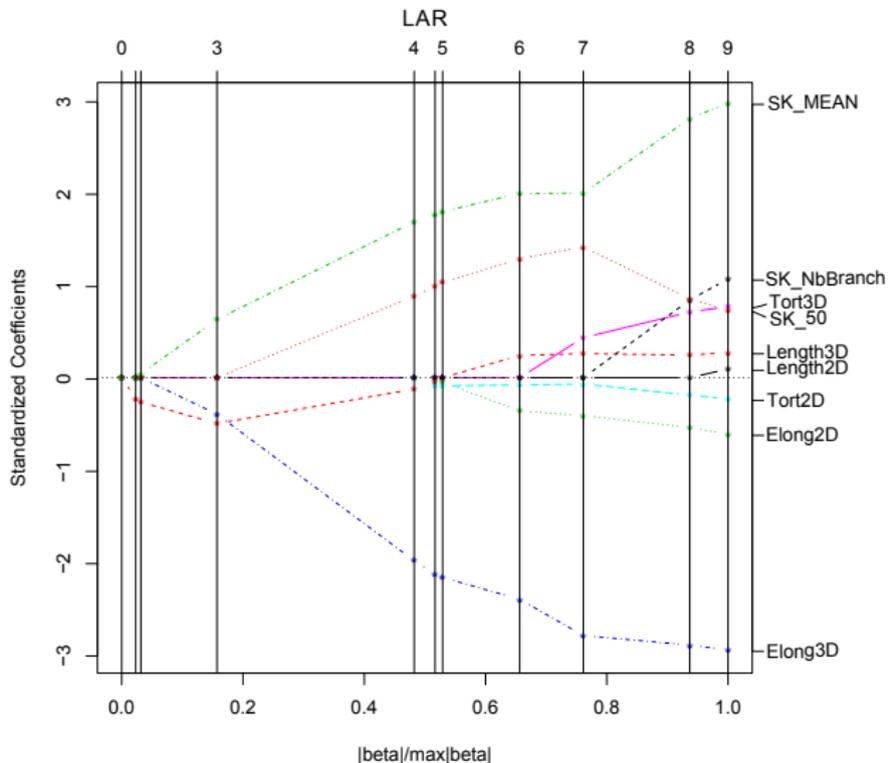


(o) C8

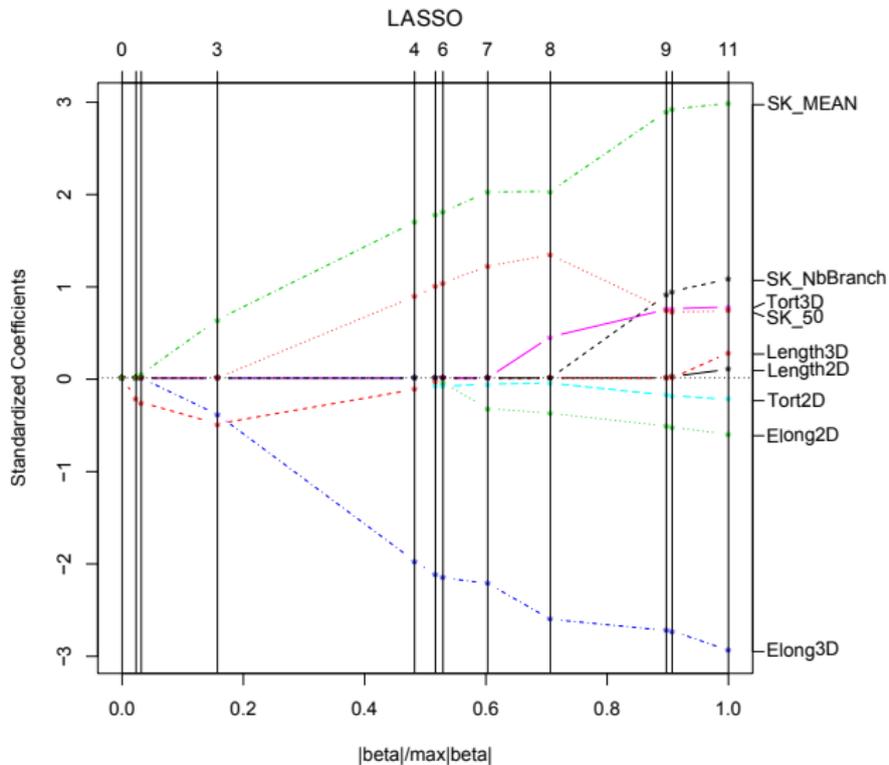


(p) C26

Annexes 3 : Chemin de regularisation LARS



Annexes 4 : Chemin de regularisation LASSO



Annexes 5 : Chemin de regularisation Forward stagewise selection

