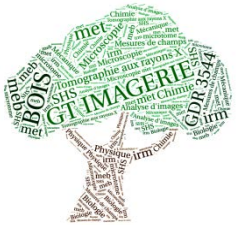


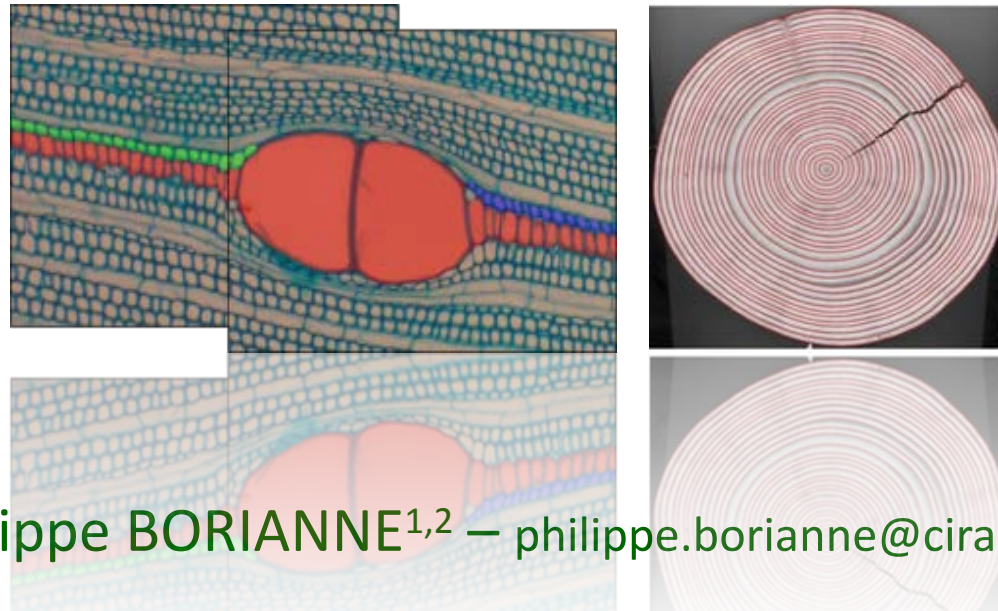


Traitement et analyse d'images optiques de bois : des cellules aux cernes



LABEX MMCD

CENTRE DE
RECHERCHE
ET DE
RESTAURATION
DES MUSÉES
DE FRANCE



Philippe BORIANNE^{1,2} — philippe.borianne@cirad.fr

(1) Groupe I2P, AMAP, Université de Montpellier / CIRAD, France

(2) Equipe-projet ICAR, LIRMM, Université de Montpellier / CNRS, France

AMAP :

*bioinformAtique et Modélisation de
l'Architecture des Plantes et des végétations*



<http://amap.cirad.fr>

→ *les tutelles*



→ *les labex*



→ *les axes de recherche*

*Biodiversité végétale,
actuelle et passée*



*Biomasse et
développement des
plantes et végétations*



*Modélisation du monde
végétal*



AMAP : Imagerie pour les Plantes et les Paysages

<http://amap-collaboratif.cirad.fr/ecipp/>
Traitement d'images



Objectifs

Partager expériences et connaissances autour de l'image

Transposer les méthodes entre échelles et contextes applicatifs

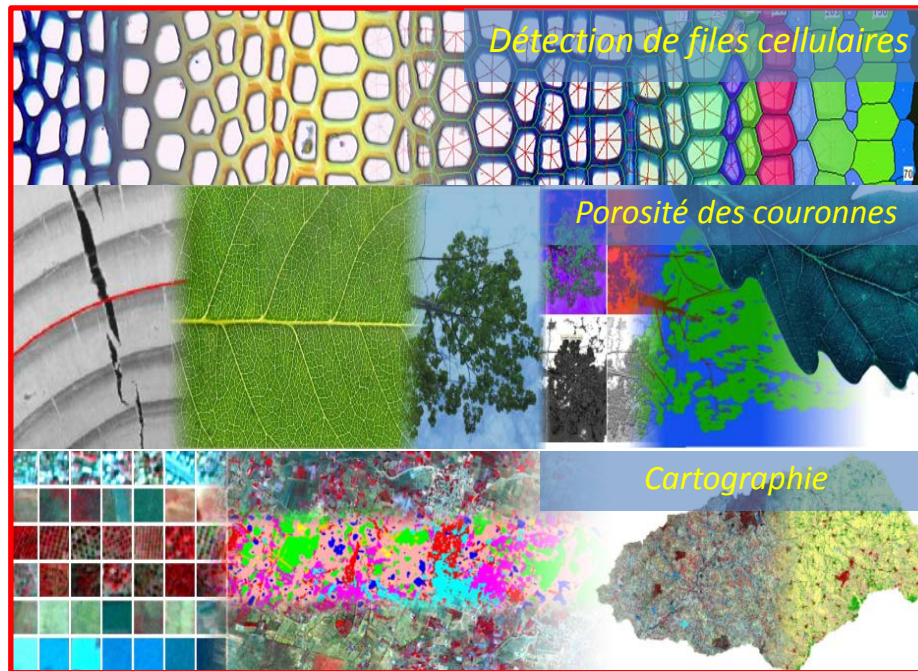
Mutualiser les ressources techniques et les développements algorithmiques

Différentes échelles

- Cellules
- Organes
- Individus
- Parcelles
- Paysages

Différents supports

- Optique
- Rayon X
- Lidar
- Modèles



Synthèse d'images

membres

P. Borianne, F. Borne, M. Jaeger, G. Viennois, G. Brunel, P. Kennel

partenaires



Traitement et Analyse d'images optiques

1. De la théorie à la pratique

1. Les grands principes
 - les différentes étapes : limites et dépendances
2. Les vœux pieux
 - les spécificités recherchées, validation & limitation, 2D vs 3D

2. Des files cellulaires aux cernes de bois

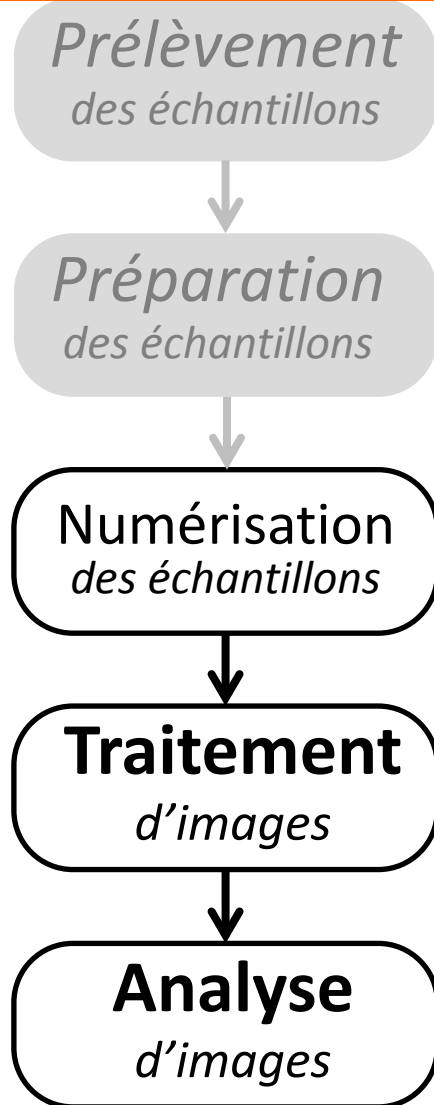
1. Échelle cellulaire : **individualisation des files**
 - principe général, limite des méthodes, exemples
2. Échelle tissulaire : **délimitation des cernes**
 - principe général, limite des méthodes, exemples

3. Outils et solutions

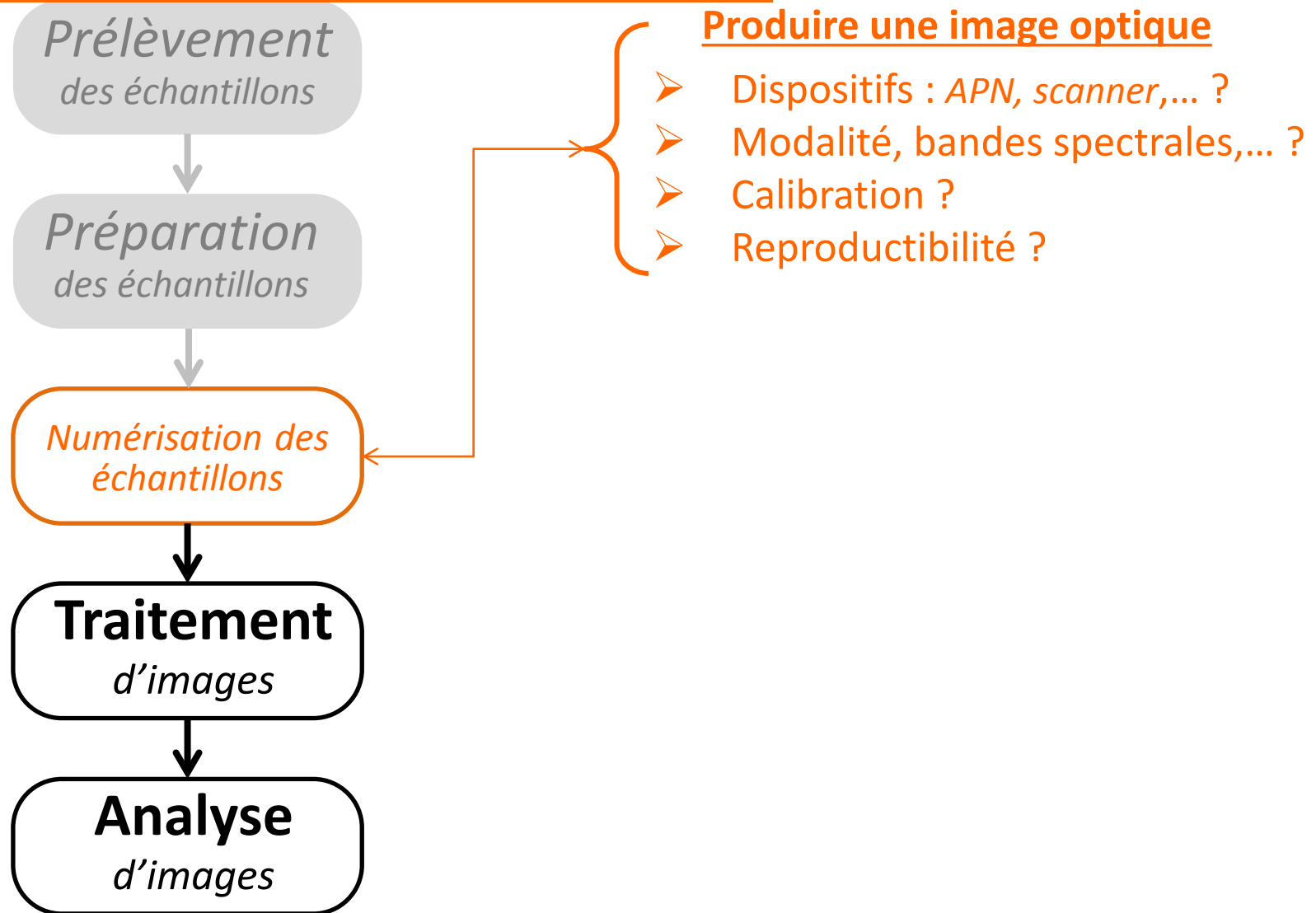
1. Les solutions **génériques**
 - avantages / inconvénients
2. Les solutions **dédiées**
 - pour qui, pour quoi ?

De la théorie à la pratique

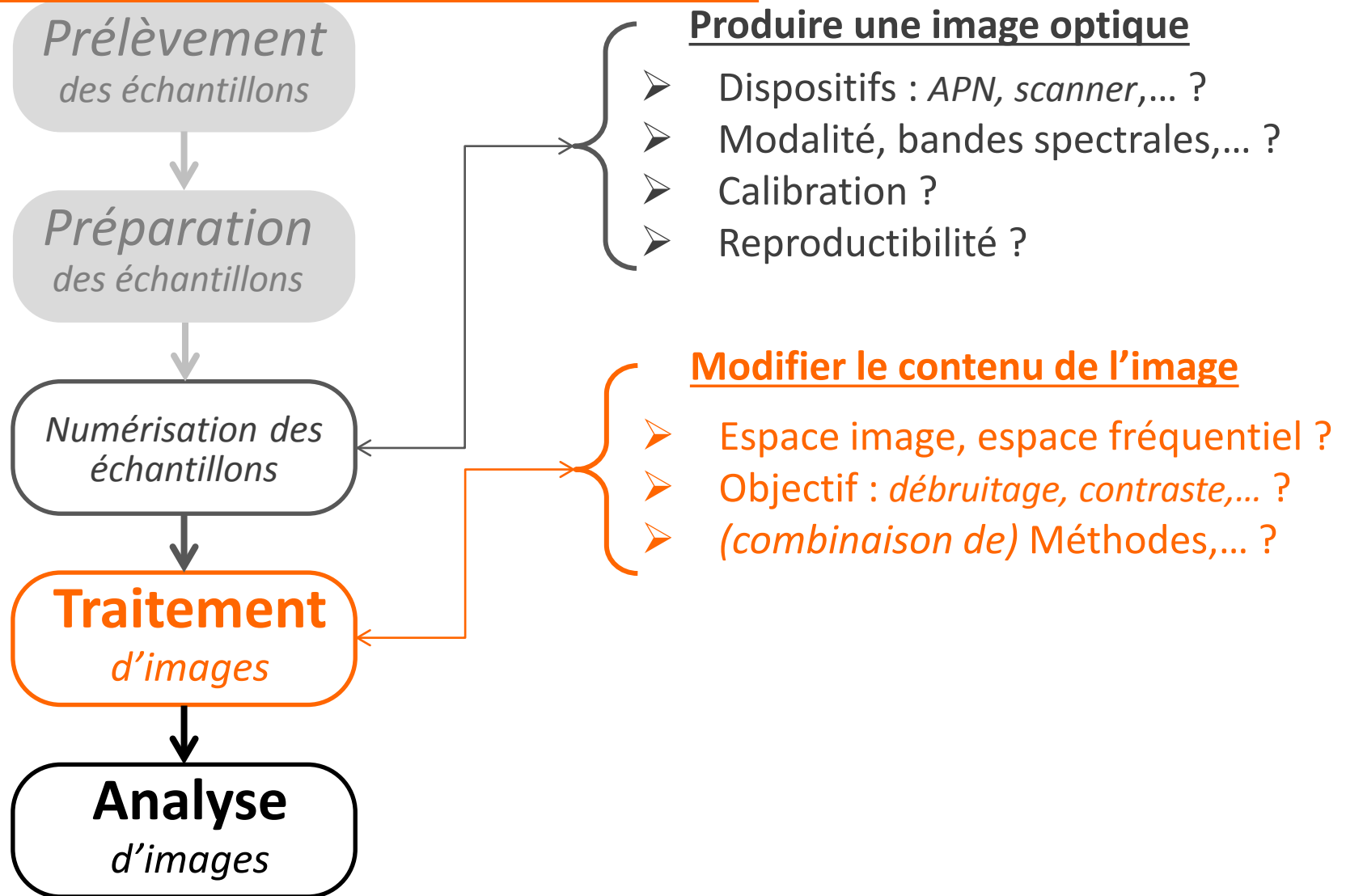
Les grands principes



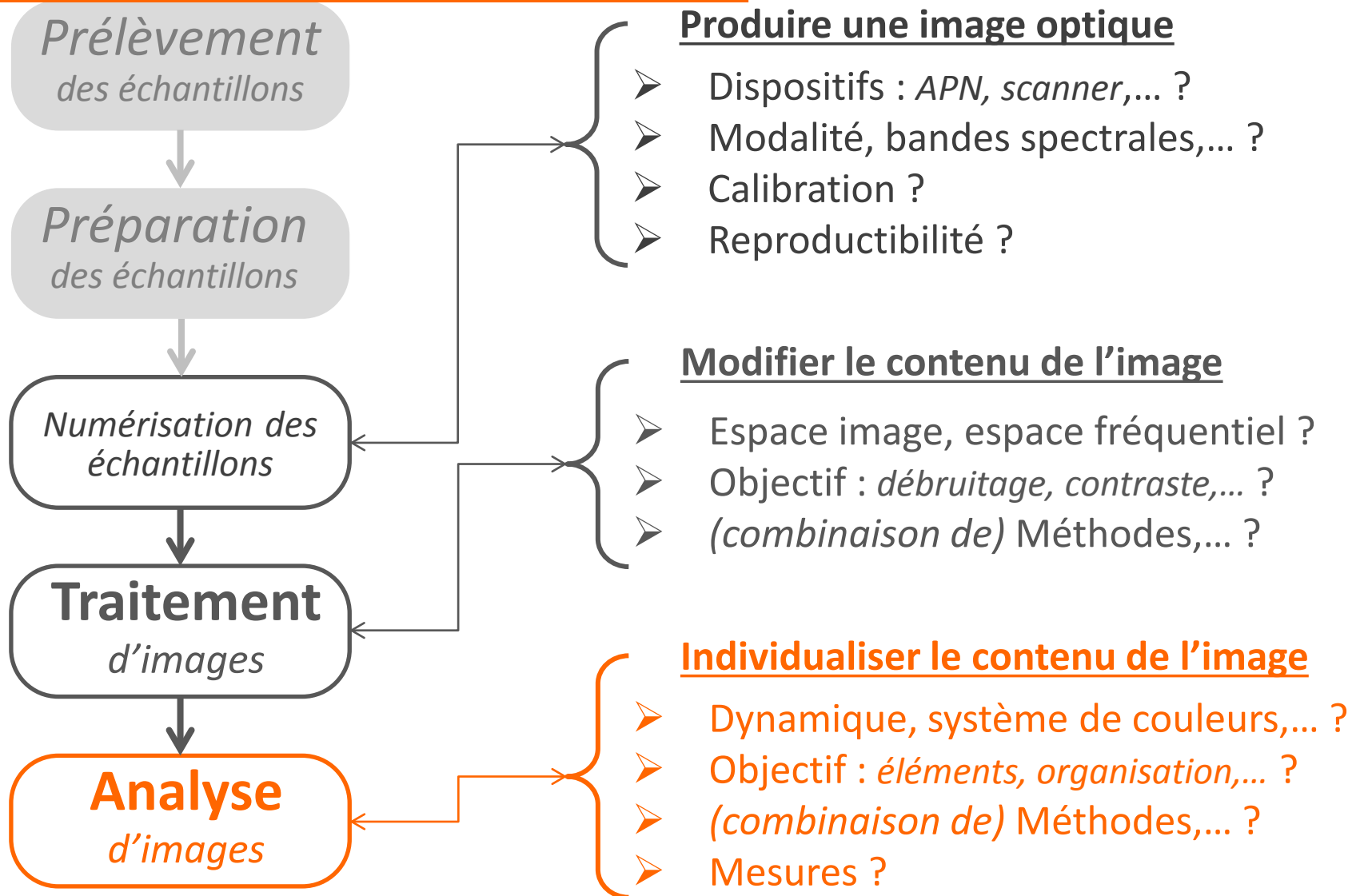
De la théorie à la pratique



De la théorie à la pratique



De la théorie à la pratique



De la théorie à la pratique

Les vœux pieux

Robuste et fiable

- Utiliser des traitements simples et **auto-paramétrables**
- Evaluer les **limites algorithmiques**
- **Standardiser** les entrées

→ **Limiter** l'intervention **Opérateur-Humain**

De la théorie à la pratique

Les vœux pieux

Robuste et fiable

- Utiliser des traitements simples et **auto-paramétrables**
- Evaluer les **limites algorithmiques**
- **Standardiser** les entrées

→ **Limiter** l'intervention **Opérateur-Humain**

Pertinent

- **Comprendre / Négocier** la demande
- Transposer **les notions usuelles** à l'image
→ *formalisation, consensus*
- Evaluer la **pertinence** de la solution
→ *évaluation des résultats*

→ **Répondre** à l'attente **des utilisateurs**

De la théorie à la pratique

Les vœux pieux

Ne pas oublier la **Validation** « terrain » :

1. Etude de la variabilité **intra-opérateur**
→ *répétabilité*
2. Etude de la variabilité **inter-opérateurs**
→ *convergence*

→ en 1^{ère} approximation, ***loi de Poisson*** et ***intervalle de confiance***

$$\left[\bar{x} - \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}, \bar{x} + \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \right]$$

3. Positions des résultats issus du traitement / analyse d'images ?!

→ **difficile** : *pool d'experts, données annotées, conclusion parfois compliquée*

De la théorie à la pratique

Des questions récurrentes

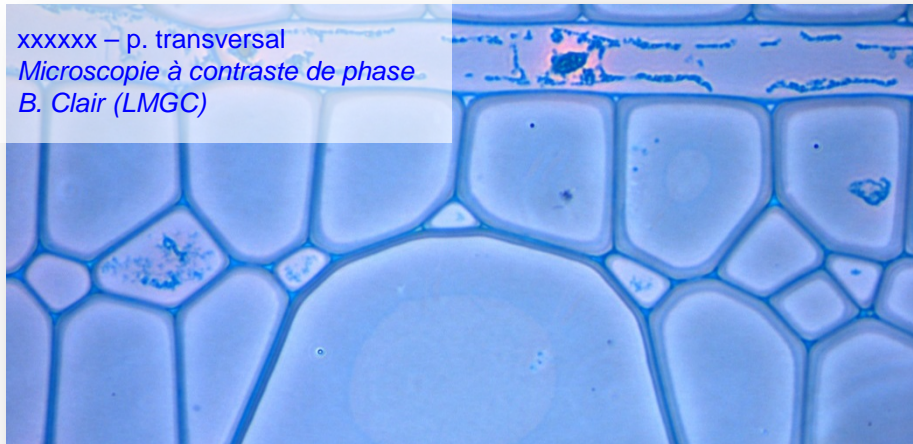
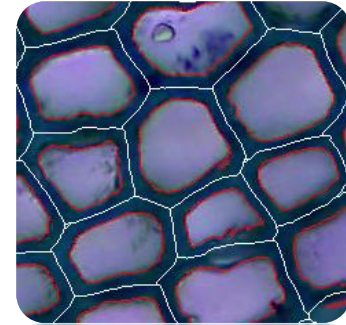
- Dénombrer, mesurer, typer, spatialiser
- Éléments, Structures, Organisations

Membrane,
Noyau,
Vacuoles

paroi,
lumen

rayons,
files,
fuseaux
cernes

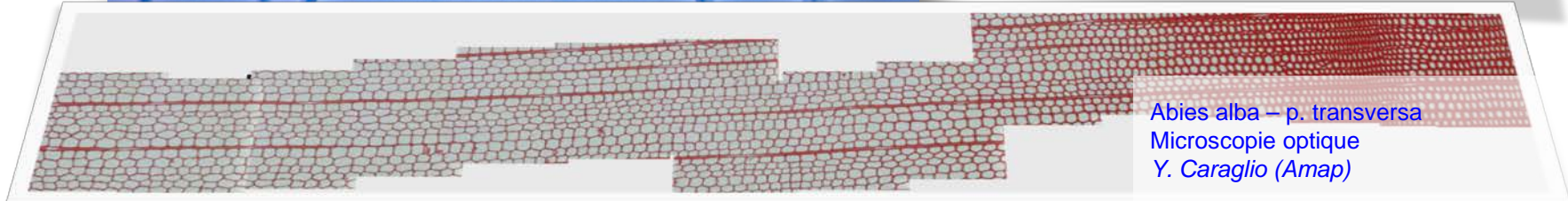
→ *Plan anatomique*



xxxxxx – p. transversal
Microscopie à contraste de phase
B. Clair (LMGC)



Maloideae sylvestris – p. tangential
microscopie électronique à balayage
A. Dufraisse (MNH)



Abies alba – p. transversa
Microscopie optique
Y. Caraglio (Amap)

De la théorie à la pratique

2D vs 3D

- des objectifs différents
- une complémentarité avérée

3D - Recherche



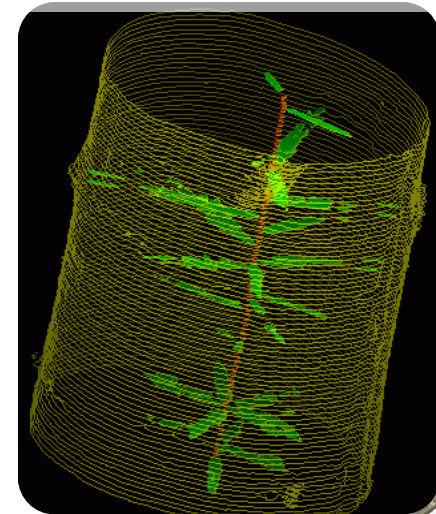
- Visualisation
- Traitement + Mesures 3D
- MPR + Mesure 2D
- Modélisation



- Traitement + Mesures 2D
- Modélisation

2D – Recherche, Production

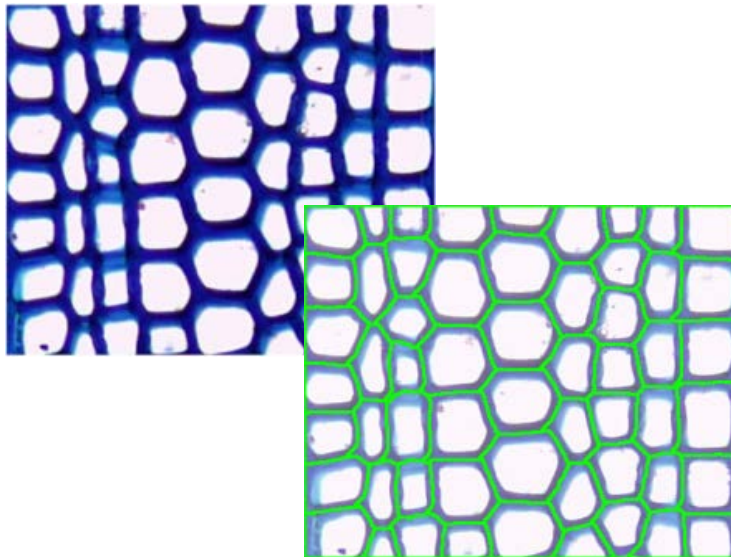
Épicéa de Norvège – segmentation
Scan RX 3D
P. Borianne (Amap 1998)



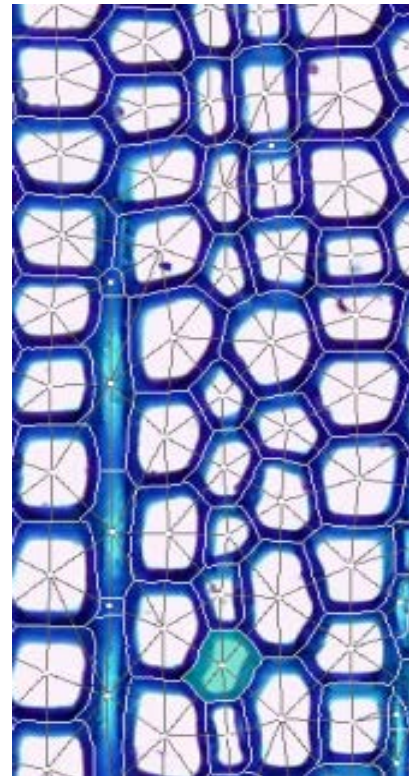
Épicéa de Norvège – visu 3D
Scan RX 3D
M. Jaeger (Amap 1998)

Echelle cellulaire : *individualisation des files*

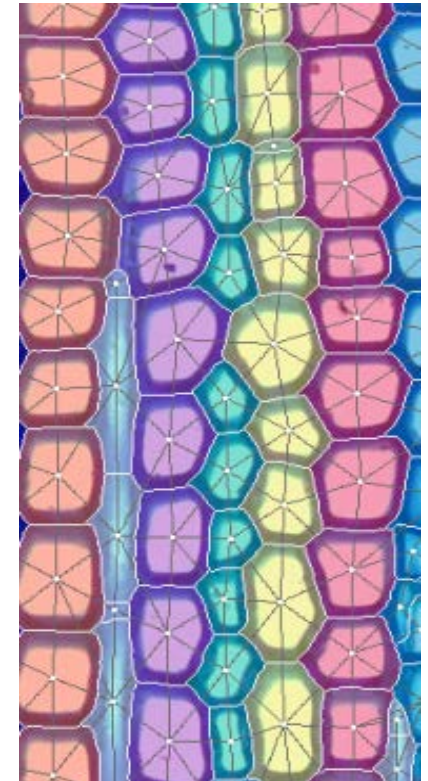
→ un enchainement d'opérateurs *simples et naturels*



Watershed



graphe d'adjacence



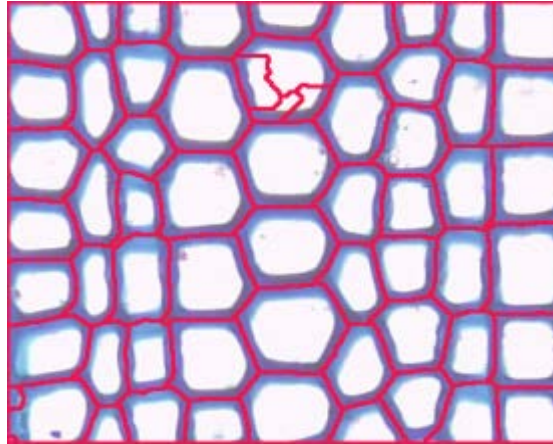
alignements

→ les difficultés : variation des propriétés optiques, **flou** et déformation **local**(e)

→ la solution : *des méthodes « connues et robustes »*

Echelle cellulaire : *individualisation des files*

→ Comment supprimer la *sur-segmentation* du *Watershed* ?



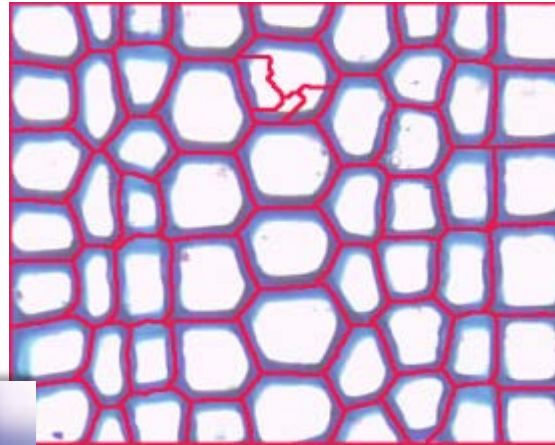
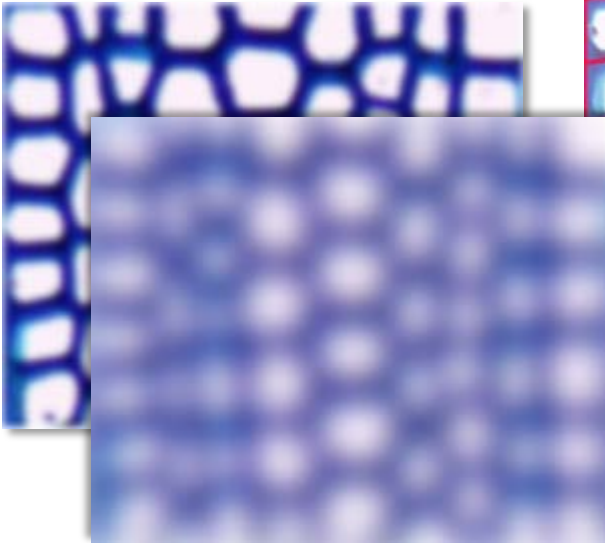
Echelle cellulaire : *individualisation des files*

→ Comment supprimer la *sur-segmentation* du *Watershed* ?

Avant

Différence de Gaussiennes

- ↘ *les maxima locaux*
- ↗ *le contraste Lumen / Paroi*



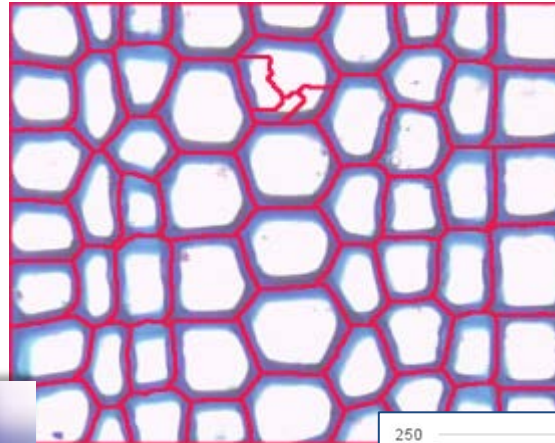
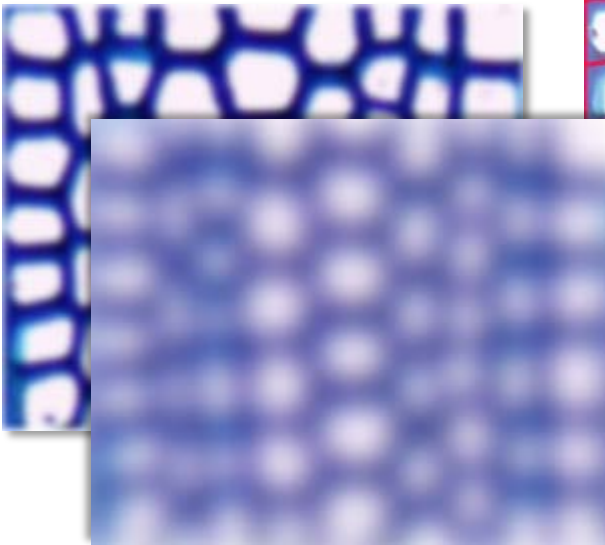
Echelle cellulaire : *individualisation des files*

→ Comment supprimer la *sur-segmentation du Watershed* ?

Avant

Différence de Gaussiennes

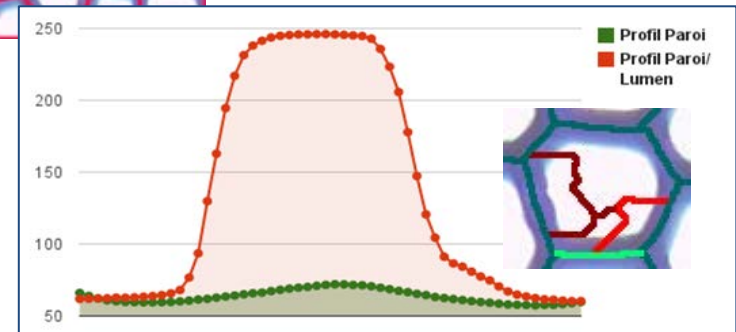
- ↘ *les minima locaux*
- ↗ *le contraste Lumen / paroi*



Après

Profil des arêtes

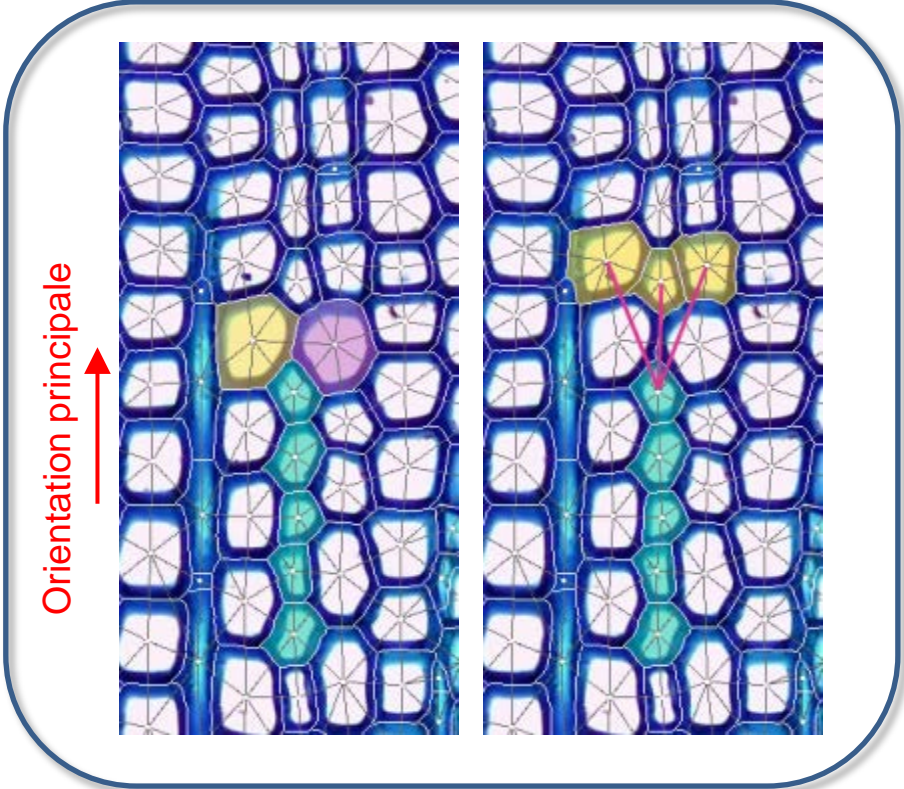
- *Seuil par hystérésis*
→ *nœuds et arêtes curvilignes*



→ *autres stratégies : filtrage multi-échelle, Waterfall,...*

Echelle cellulaire : *individualisation des files*

→ Comment construire *les files* ?

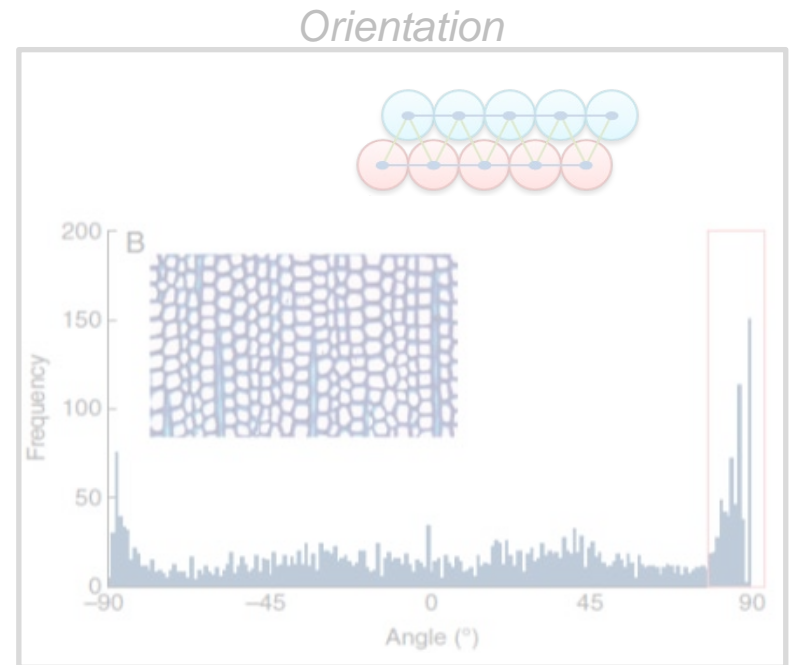


La construction de la file

→ la cellule suivante est cherchée dans un **voisinage** donné selon une **orientation** calculée

- Similarité de taille
- Déviation angulaire

→ moyenne harmonique pour *le meilleur compromis*

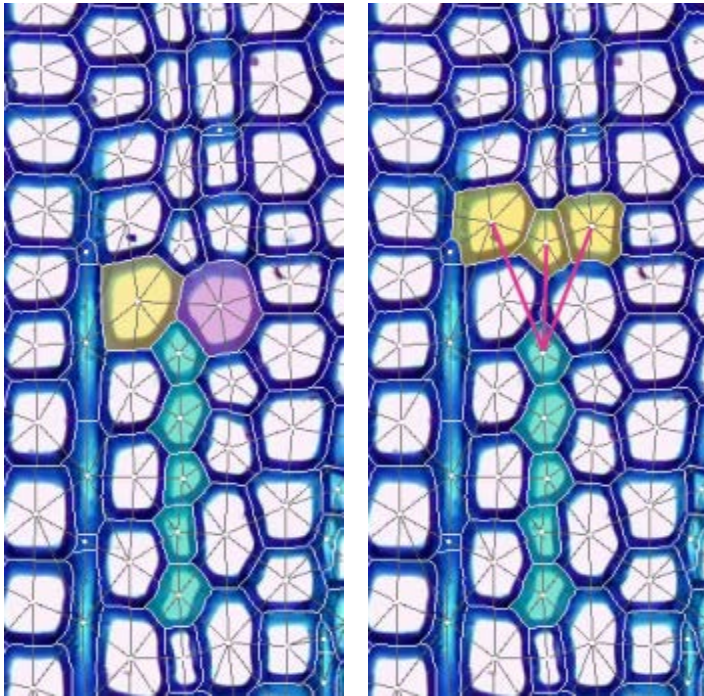


→ ne marche que sur des petites images

Echelle cellulaire : *individualisation des files*

→ Comment construire *les files* ?

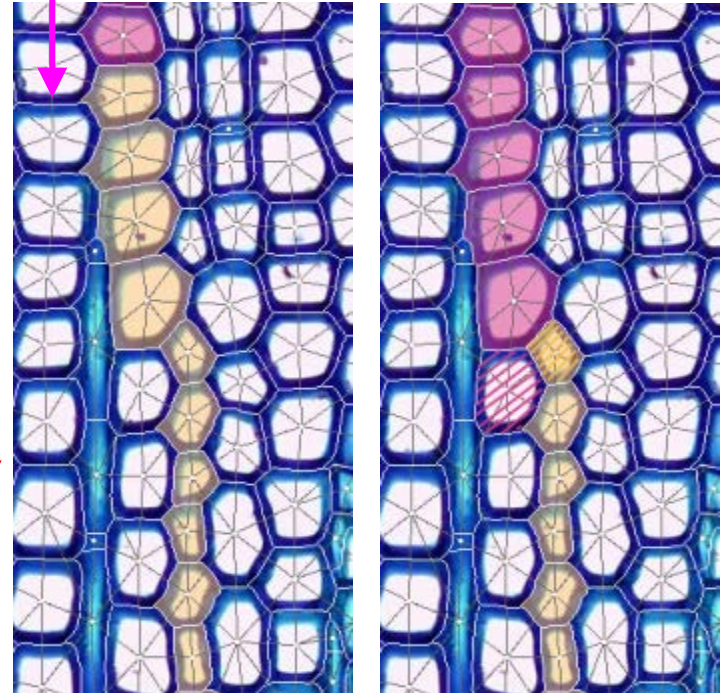
Orientation principale ↑



La construction de la file

→ la cellule suivante est cherchée dans un voisinage donné selon une orientation calculée

Orientation inverse ↓



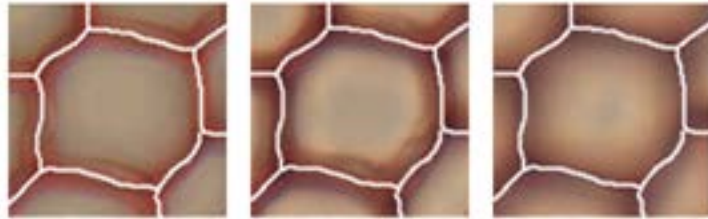
Le rétrocontrôle

→ la file est indépendante du sens de parcours de l'image

Echelle cellulaire : *individualisation des files*

→ *Quid du flou?*

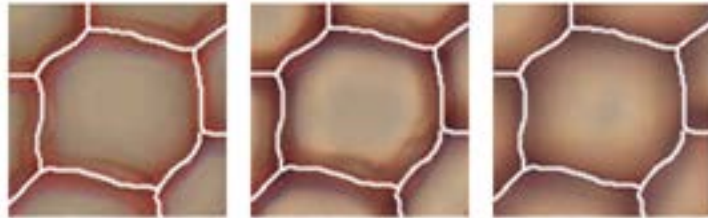
→ la délimitation des cellules (*watershed*) est **insensible** au flou



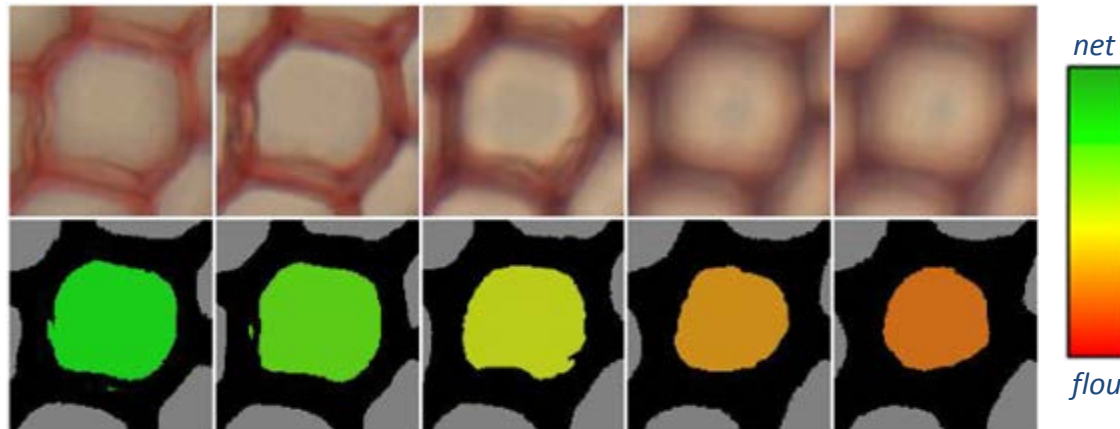
Echelle cellulaire : *individualisation des files*

→ *Quid du flou?*

- la **délimitation des cellules** (*watershed*) est **insensible** au flou



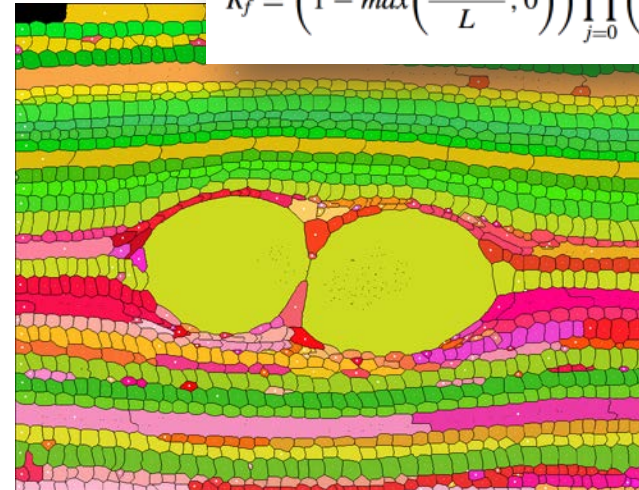
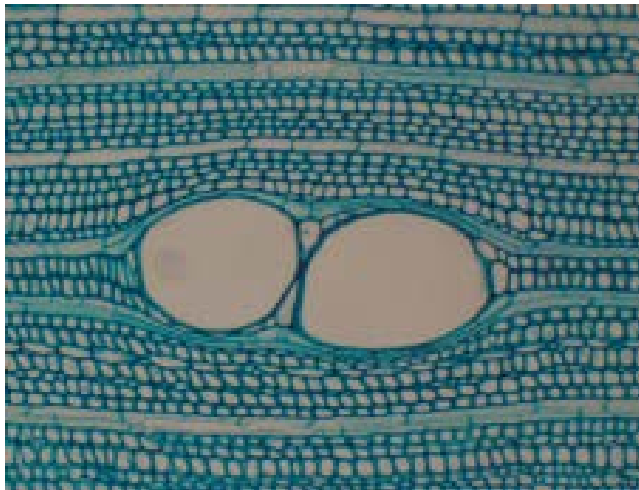
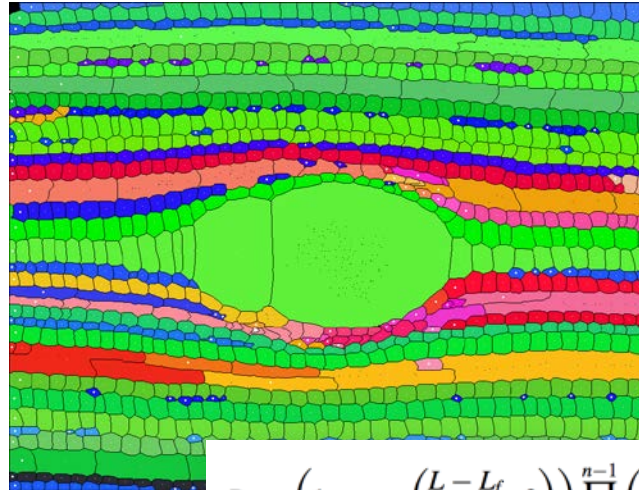
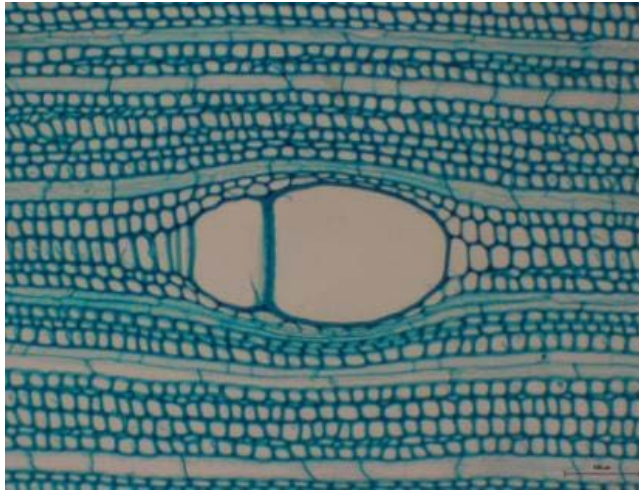
- la **séparation lumen / paroi** (*2-means*) est **sensible** au flou



→ mesurer le flou local pour **pondérer / corriger** les estimations de surfaces

Echelle cellulaire : *individualisation des files*

→ Résultats – Acajou (angiosperme) – coloration au bleu de méthylène

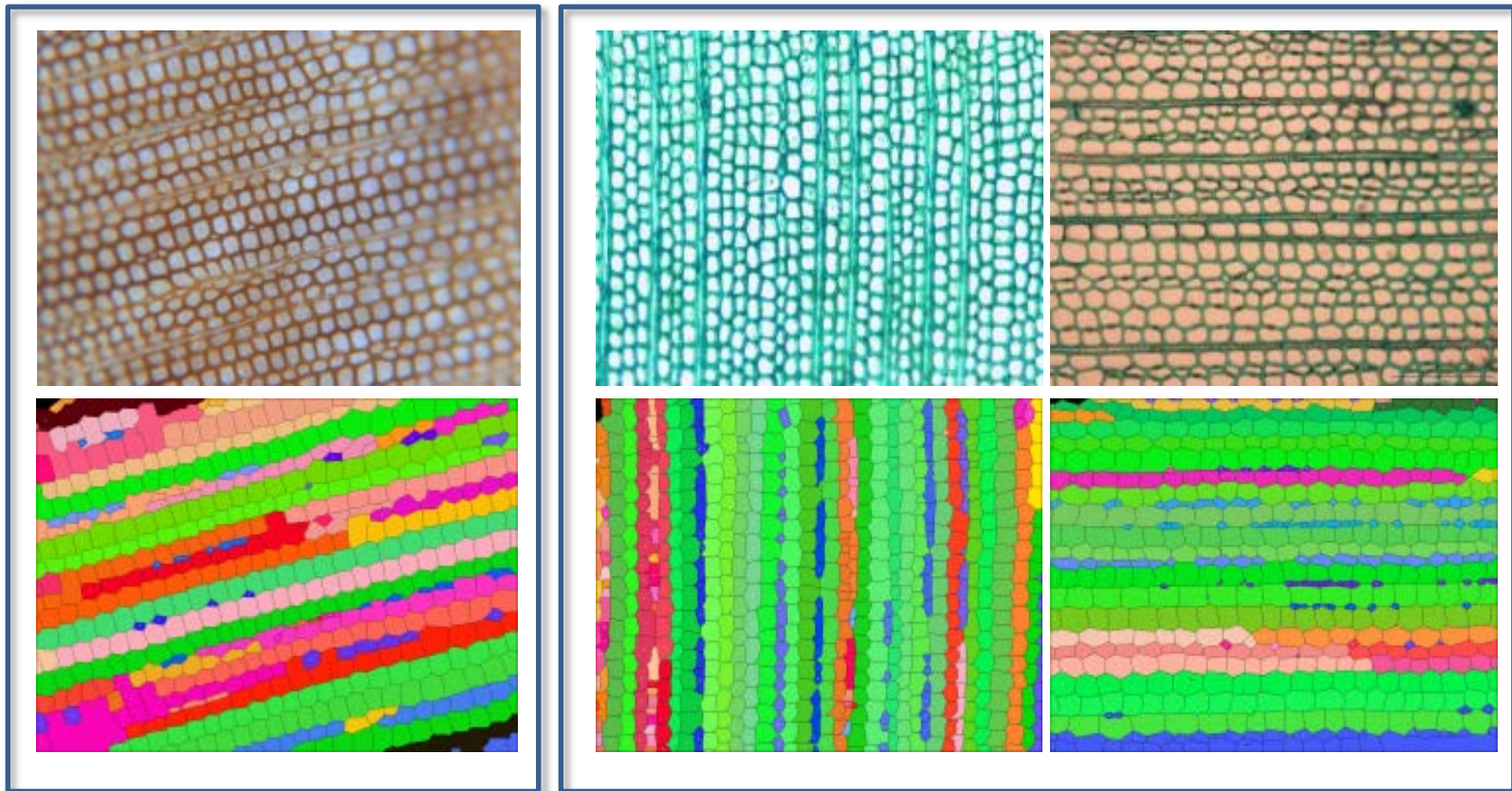


$$R_f = \left(1 - \max\left(\frac{L - L_f}{L}, 0\right)\right) \prod_{j=0}^{n-1} \left(1 - \frac{|H_j - H_{j+1}|}{H_j + H_{j+1}}\right) \quad (2)$$

→ indice de pertinence (à revoir)

Echelle cellulaire : *individualisation des files*

→ Résultats – *Epicea, Abies Alba* (gymnosperme)



Ponçage sans coloration

Coloration sans ponçage

→ conclusion : *des résultats mitigés*

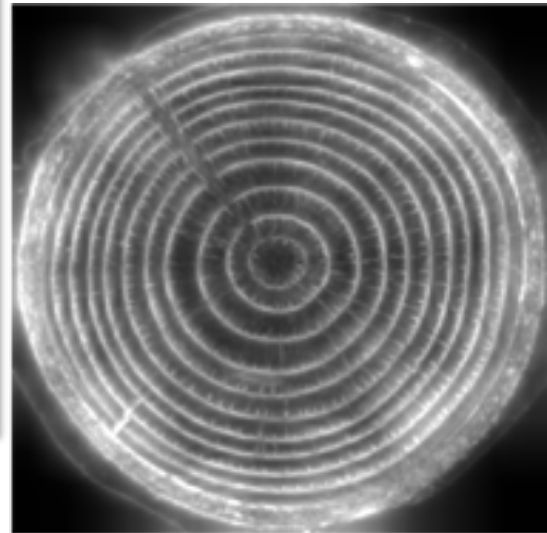


Echelle cellulaire : *délimitation des cernes*

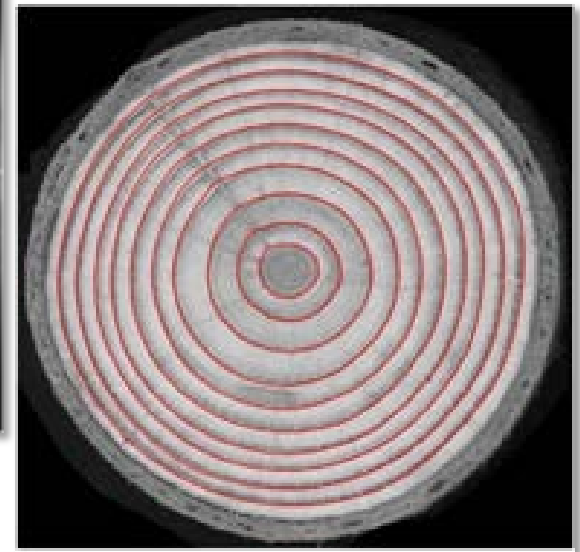
→ un enchainement d'opérateurs complexes



Abies Alba



Filtrage par *ondelettes*



Détection par *contour actif*

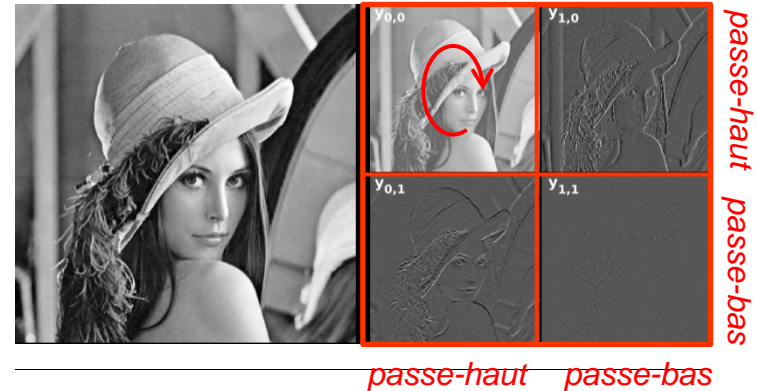
→ les difficultés : *nœuds, rayons ligneux, moisissures* , *dimensions / formes variables*

→ la solution : *des méthodes « massue », coûteuses en temps*

Echelle cellulaire : *délimitation des cernes*

→ préparer l'image au *contour actif*

- L'image est définie par la somme de différentes fréquences



- La **DT-CWT** décompose l'image en fréquences selon
 - 6 directions
 - n niveaux $n=3,4,5,\dots$

Focus : ondelette complexe discrète (DT-CWT)

- Recomposition d'image : *les fréquences faiblement représentées sont ignorées*
 - une image de **magnitudes**
 - une image de **directions**

→ *contraste rehaussé, direction du contour le plus proche*

Echelle cellulaire : *délimitation des cernes*

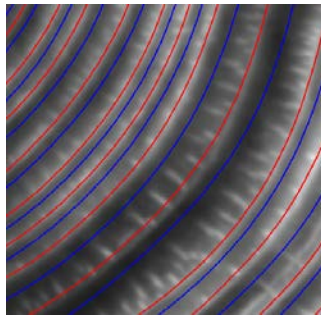
→ préparer l'image au *contour actif*

➤ un modèle paramétrique → pondération, élasticité, attraction / répulsion

$$P_i^{t+1} = P_i^t + (1 - \gamma)(P_i^t - P_i^{t-1}) + \alpha_i F_{int_i}^t + \beta_i F_{ext_i}^t$$

$$\forall i \in \{1, \dots, n\} F_{ext_i} = \frac{1}{2} \left(\Delta v_i + \frac{|d_i|}{d_{max}} \right) w_i$$

➤ maxima et minima locaux



- les limites inter-cernes (= maxima)
- Les initiales (= minima)

$$w_i = (1 - v_i) n_i + v_i o_i$$

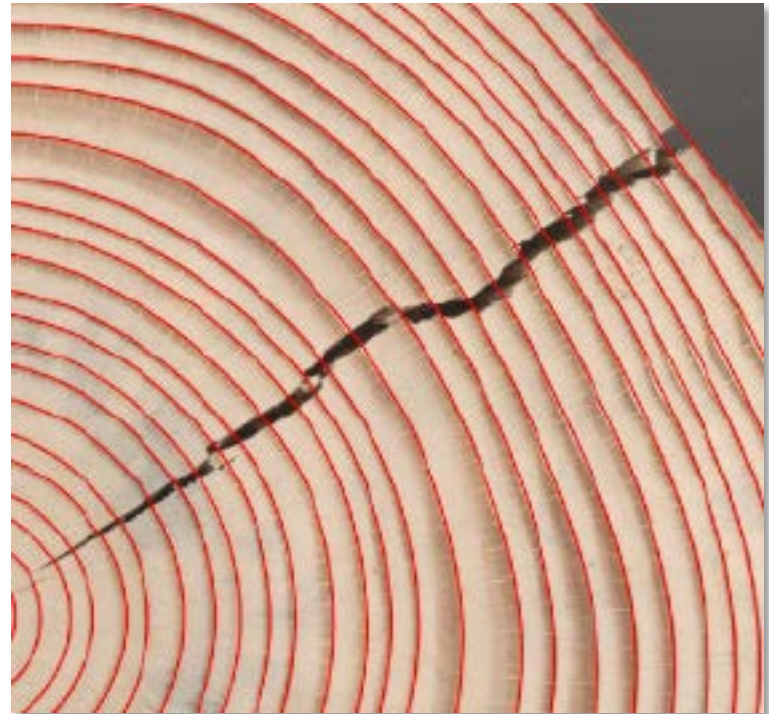
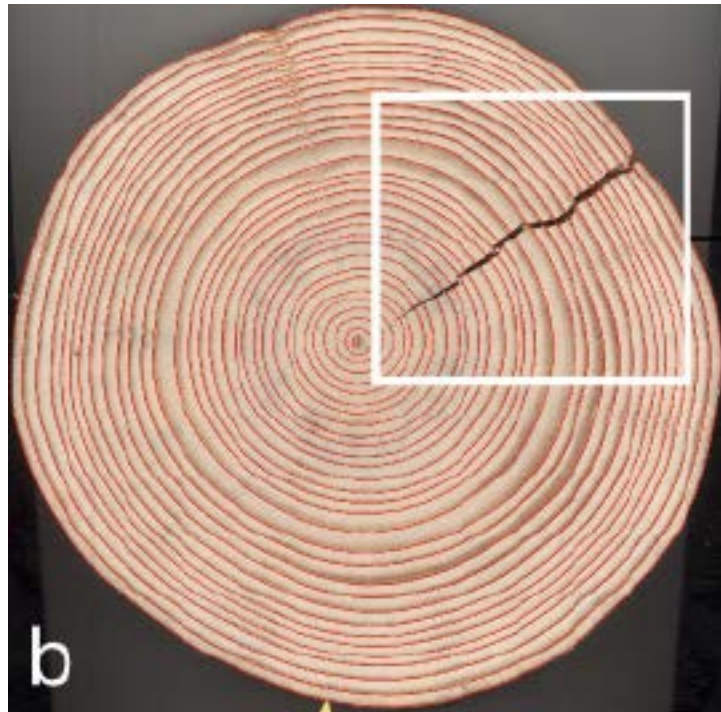
magnitude de l'ondelette

orientation de l'ondelette

→ une solution difficile à calibrer

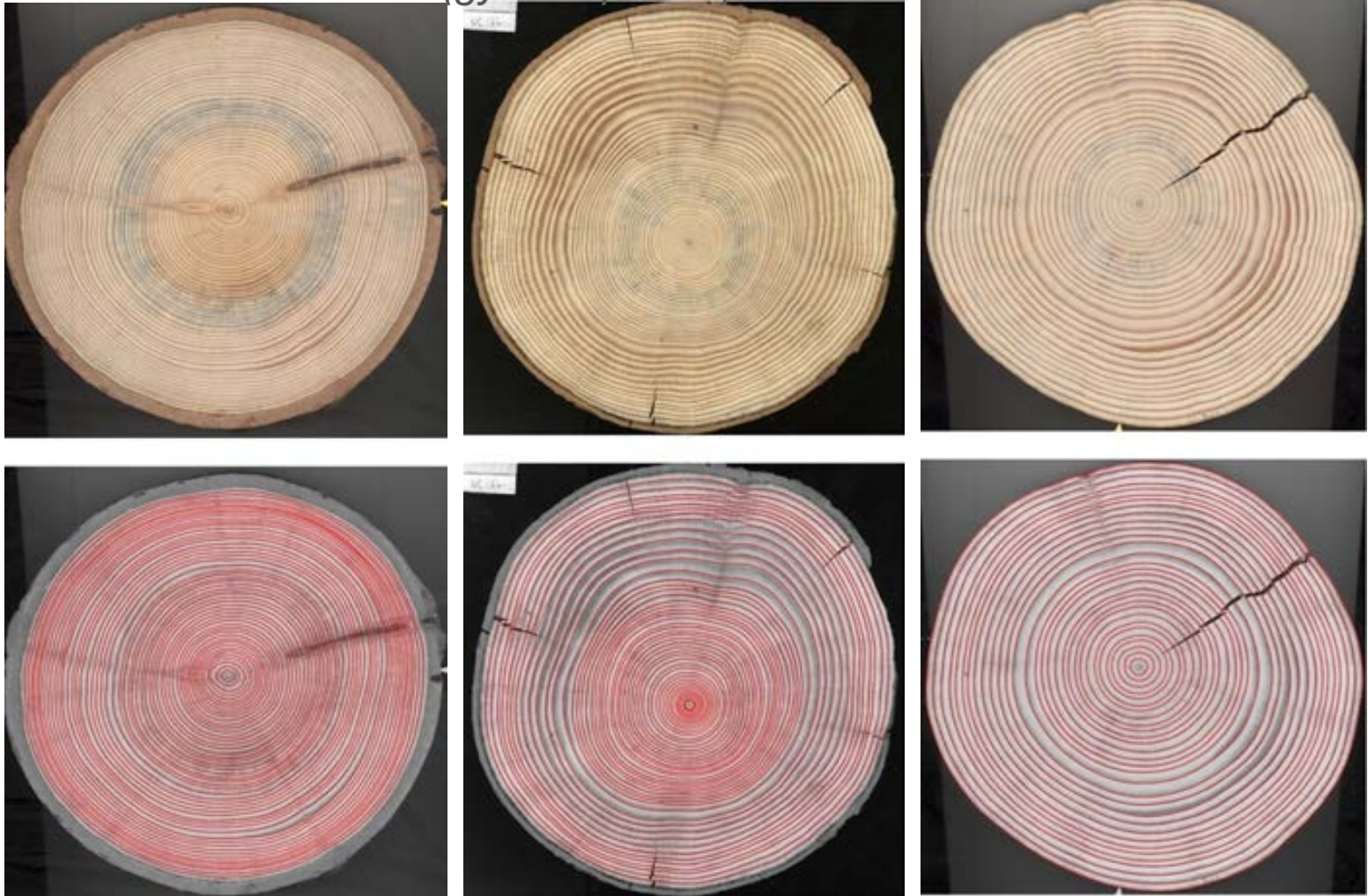
Echelle cellulaire : *délimitation des cernes*

→ Résultats – *Abies Alba* (gymnosperme) – 31 ans



Echelle cellulaire : *délimitation des cernes*

→ Résultats – *Abies Alba* (gymnosperme)



→ conclusion : *une méthode encore instable, trop longue*

Echelle cellulaire : *délimitation des cernes*

Conclusion

- des processus complexes *pour traiter des configuration complexes*
- des résultats plus ou moins probants
- plus l'entrée est standardisée, plus le traitement est efficace
- prélèvement et préparation des échantillons sont au cœur de l'efficacité et de la répétabilité du processus de traitement / analyse de l'image.

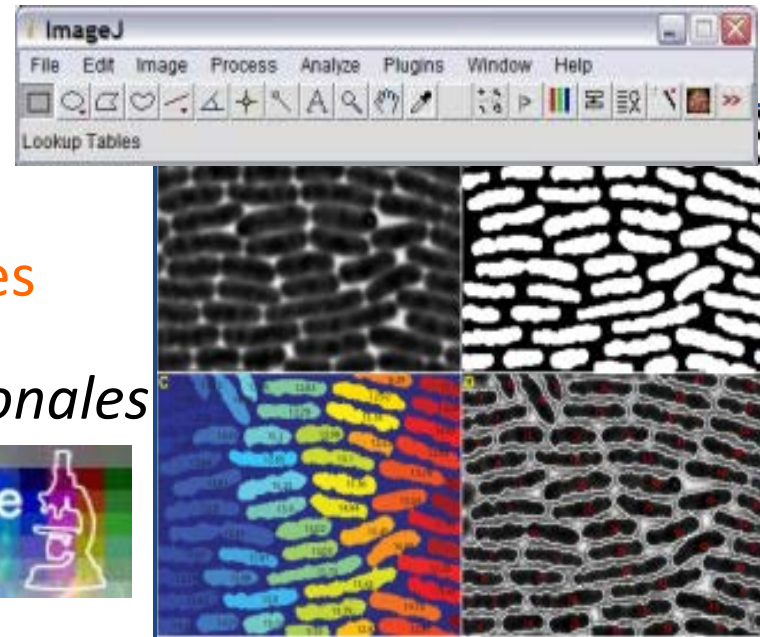
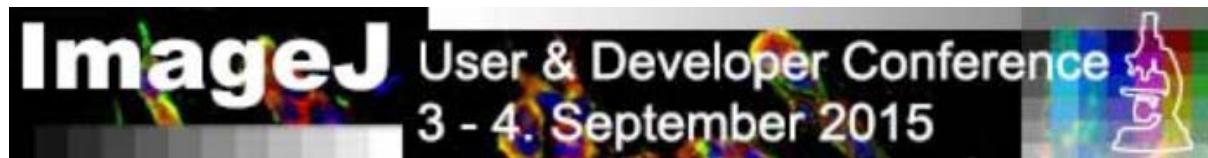
Outils logiciels génériques

<https://imagej.nih.gov/ij/>

→ dédié à l'analyse des images cellulaires



- Facile à déployer, largement utilisé
- Un guide d'utilisation
- **Des tutoriaux spécialisés**
- **Un forum en ligne**
- De nombreux plugins téléchargeables
- *Des journées de formation internationales*

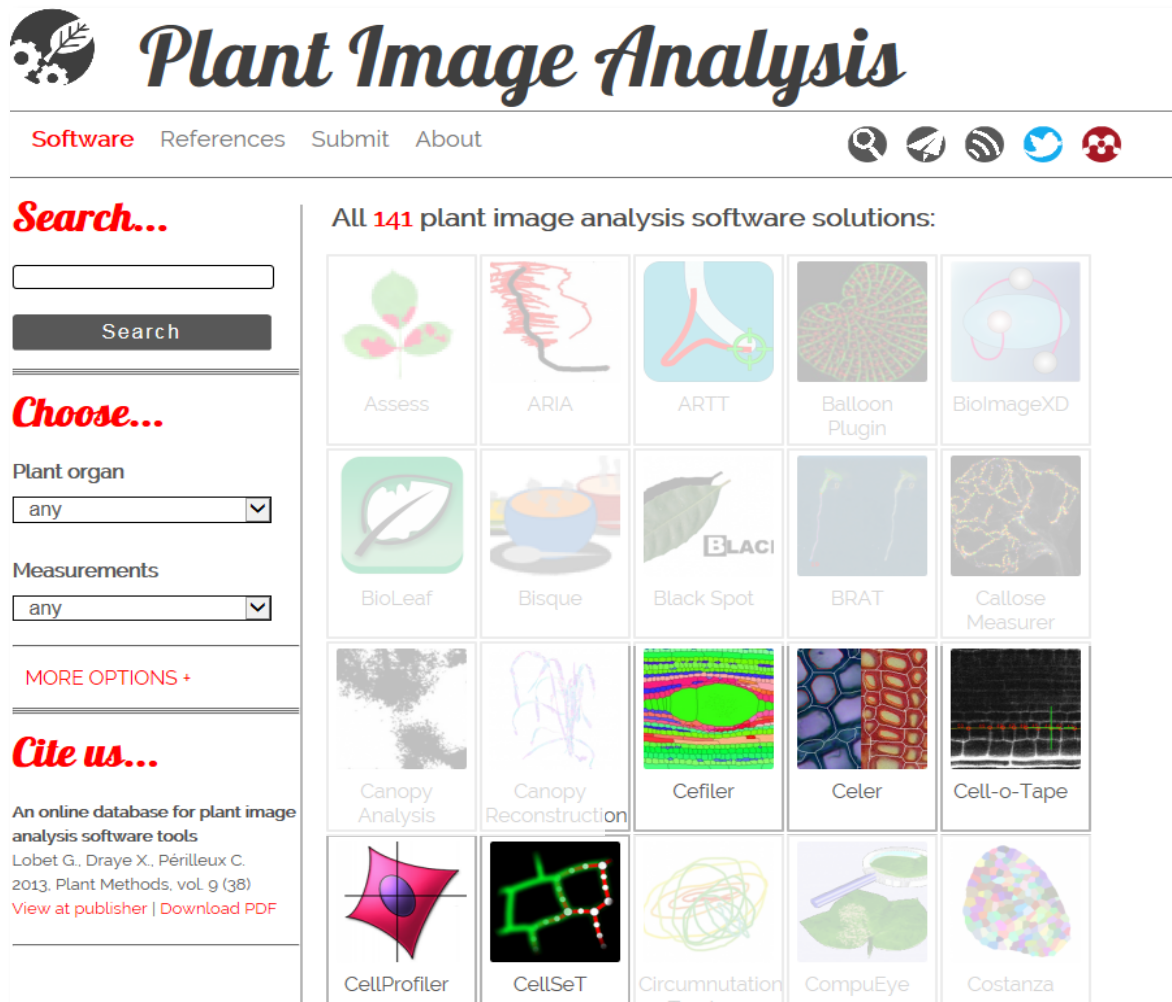


Cell counter plugin

- *Des journées de formation « locales »*
→ formation MRI à Montpellier

Outils logiciels spécialisés

<http://www.plant-image-analysis.org/>



The screenshot shows the homepage of the Plant Image Analysis website. At the top left is a logo with a gear and a leaf, followed by the title "Plant Image Analysis" in a large, stylized font. Below the title is a navigation bar with links for "Software", "References", "Submit", and "About". To the right of the navigation bar are icons for search, a magnifying glass, RSS, Twitter, and a social media icon. On the left side, there is a "Search..." section with a text input field and a "Search" button. Below that is a "Choose..." section with two dropdown menus: "Plant organ" (set to "any") and "Measurements" (set to "any"). A "MORE OPTIONS +" link is also present. At the bottom left, there is a "Cite us..." section with the text: "An online database for plant image analysis software tools", "Lobet G., Draye X., Périlleux C. 2013. Plant Methods, vol. 9 (38)", and "View at publisher | Download PDF". The main content area is titled "All 141 plant image analysis software solutions:" and displays a grid of 25 software tool icons, each with a small thumbnail image and the tool's name: Assess, ARIA, ARTT, Balloon Plugin, BioImageXD, BioLeaf, Bisque, Black Spot, BRAT, Callose Measurer, Canopy Analysis, Canopy Reconstruction, Cefiler, Celer, Cell-o-Tape, CellProfiler, CellSeT, Circumnutation Tracker, CompuEye, and Costanza.

Lobet, G., Draye, X., & Périlleux, C. (2013). An online database for plant image analysis software tools. *Plant methods*, 9(1), 1.

Outils logiciels spécialisés

Plant Image Analysis

The screenshot shows the website for 'Plant Image Analysis'. The main header includes the site name and navigation links: 'Software', 'References', 'Submit', and 'About'. There are also social media icons for search, RSS, Twitter, and GitHub. The featured software is 'Cefiler', developed by 'Amap @ CIRAD'. It has a 4-star rating and buttons for 'Download' and 'Developer'. The page is divided into several sections: 'Scientific article' with a title 'Automatic characterization of the cell organization in light microscopic images of wood: Application to the identification of the cell file' and authors 'Brunel, Guilhem; Borianne, Philippe; Subsol, Gerard; Jaeger, Marc; Caraglio, Yves'; 'Description' explaining that Cefiler is a fully-automated plugin for identifying cell files from light microscopic images; 'Overview' detailing the operating system (windows, mac, linux), licence (freeware), measured variables (surface, perimeter, width, shape, localisation), automation level (automated), plant requirements (any), image requirements (any), and export formats (csv, xml); and a 'Gallery' section with two small images showing cell analysis results. At the bottom, there are social sharing icons for Facebook, Twitter, Google+, and LinkedIn.

- Article de référence
- Description
- Lien de téléchargement
- Galerie d'images
- Licence
- Avis

Outils logiciels spécialisés

Plugins, Application, Web-Application...

→ mise en œuvre, portée, coûts différents

Plugin ImageJ

The collage features the following tools and their associated images:

- Cefiler**: A cross-section of a plant stem with colored layers.
- Celer**: A microscopic view of plant cells.
- Costanza**: A 3D visualization of a cell cluster with multi-colored cells.
- PHIV-RootCell**: A blue, circular, textured image of a root cross-section.
- CellProfiler**: A pink, irregular cell shape with a purple nucleus.
- Cell-o-Tape**: A grayscale image of a plant stem cross-section with colored lines overlaid.
- RootScan**: A circular image of a root cross-section with colored cells.
- noesis**: A red infinity symbol logo on a blue background.
- WinCELL**: A red and white image of plant cells.
- CellSeT**: A green and red network graph.
- ROXAS**: A grid of small, colored rectangular elements.

freeware

propriétaires

Outils logiciels spécialisés*

Caractéristiques *

Application	Input	Licence	Mode	Anatomie	Forme	Couleur	Organisation	Indice de qualité
Celer	RVB	freeware	semi-auto	✓	✓			✓
Cefiler	RVB	freeware	auto	✓	✓		✓	✓
Cell-o-tape	confocal laser	freeware	manuel	✓	✓		✓	
CellProfiler	RVB	freeware	auto	✓	✓			
CellSet	confocal	freeware	semi-auto	✓				
Costanza	confocal	freeware	auto	✓		✓		
PHIV-RootCell	RVB	freeware	semi-auto	✓				
ROXAS	RVB	freeware	auto	✓	✓			
RootScan	RVB	freeware	auto	✓				
WinCell	RVB	commercial	auto	✓			✓	

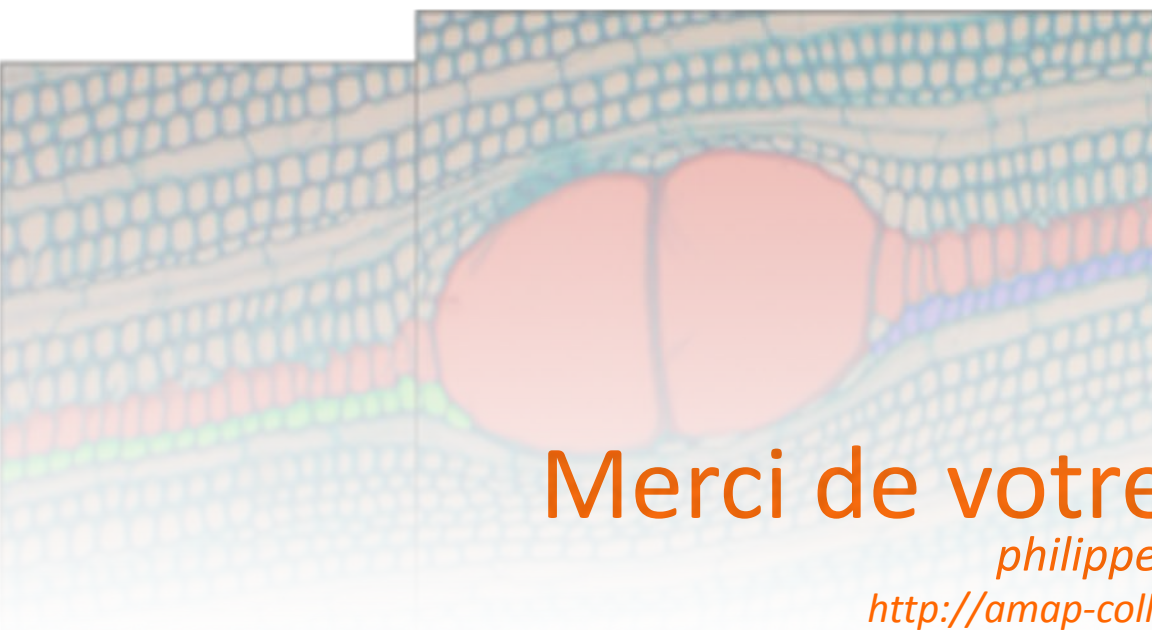
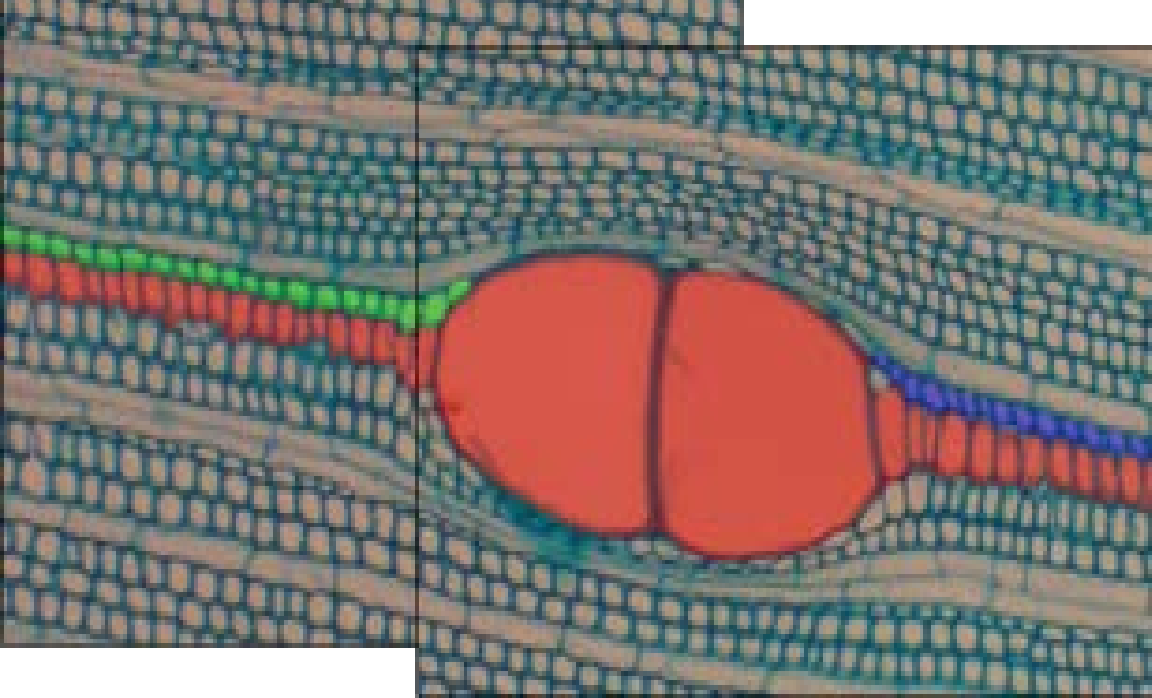
(*) liste non exhaustive, sous réserve

Outils logiciels

Conclusion

- de nombreux outils, de nombreuses stratégies
- *Que veut-on faire, à partir de quoi ?*
- Voir la biblio avant toute chose

Bonne chance !



Merci de votre attention

philippe.borianne@cirad.fr

<http://amap-collaboratif.cirad.fr/ecipp/>

