

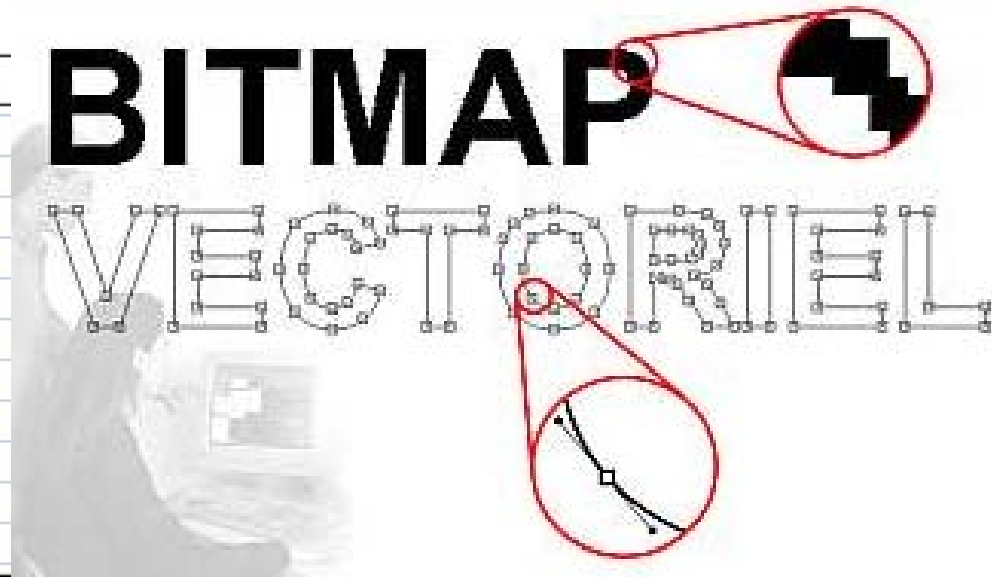
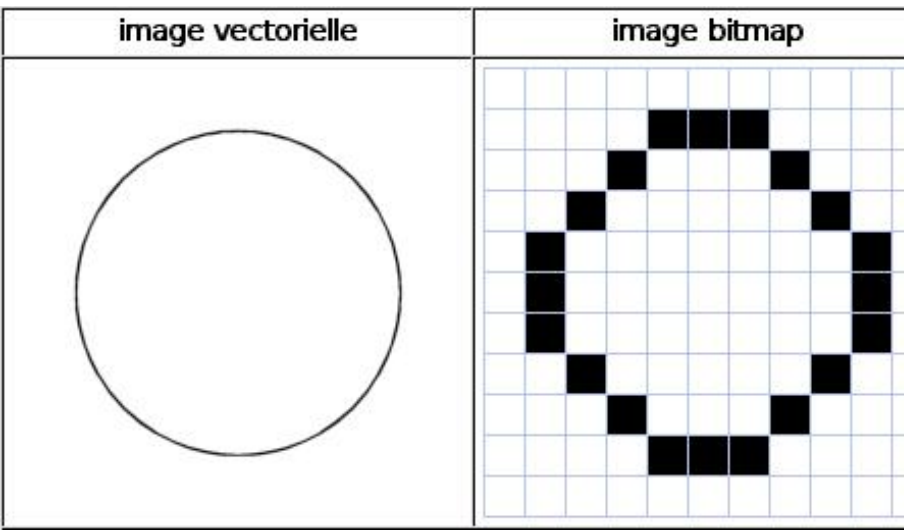
Éléments sur les images numériques, leur traitement et leur analyse

Extrait des supports de cours Imagerie du vivant de Franck Delavoie

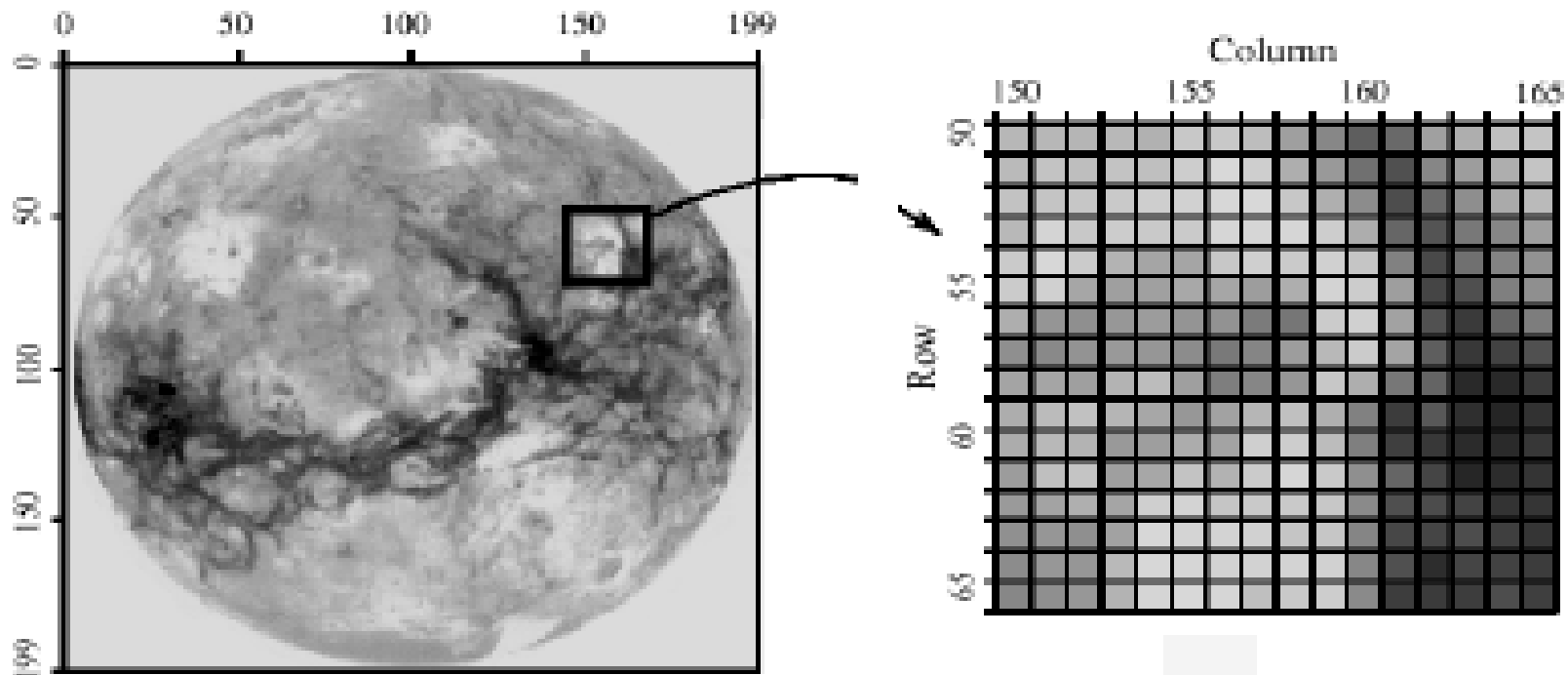
L3 BCP/MABS

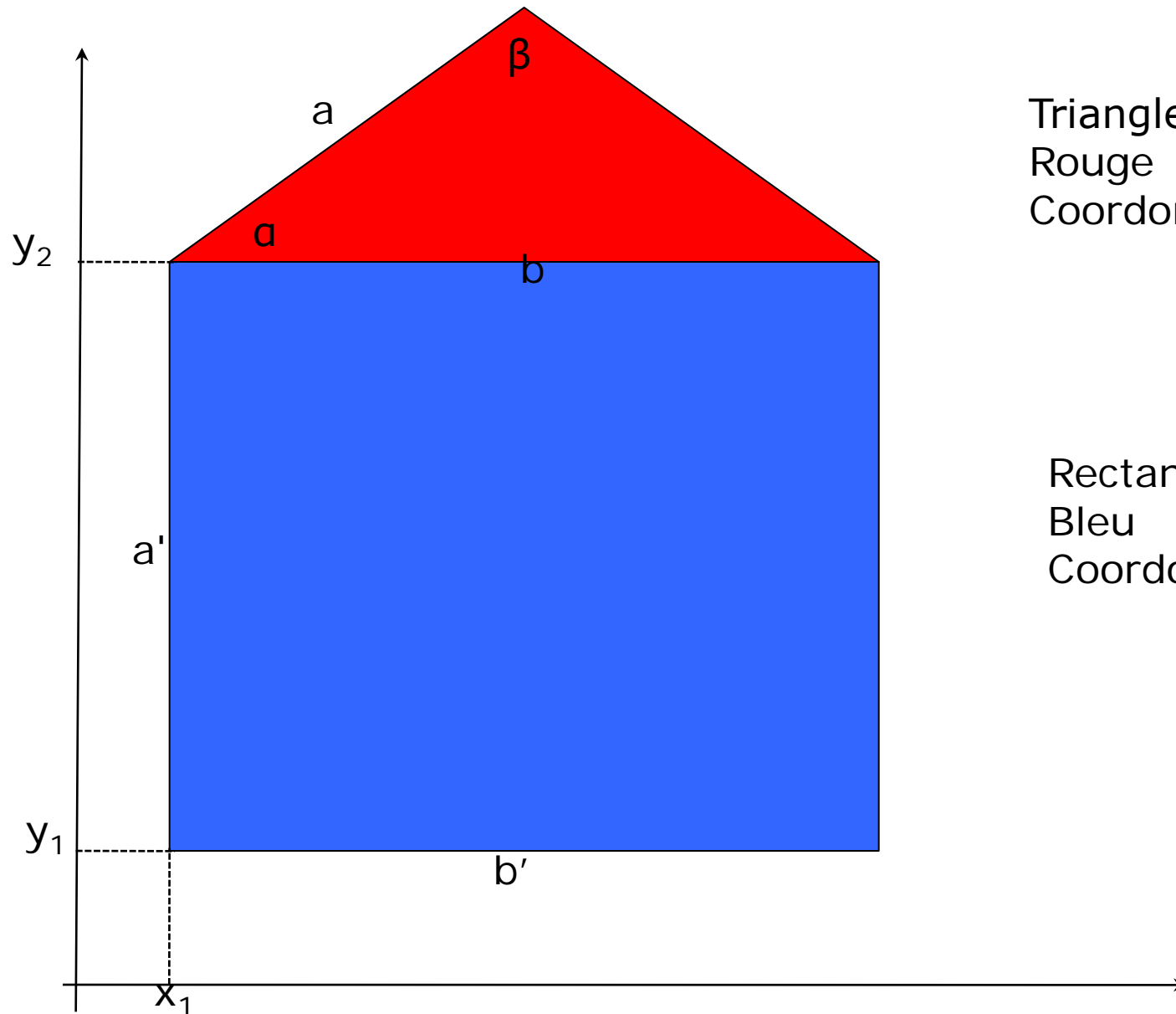
Il existe 2 types d'images numériques :

- Les images **vectérielles** : utilisées principalement dans le monde du graphisme et de la conception assistée par ordinateur (CAO et PAO).
- Les images **bitmap** ou **matricielles** : utilisées dans le domaine du traitement et de l'analyse d'images.



- Une image matricielle est composée de pixel.
- Pixel est la contraction de **P**icture **E**lement.
- Le pixel est la plus petite unité de surface d'une image.

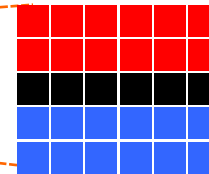
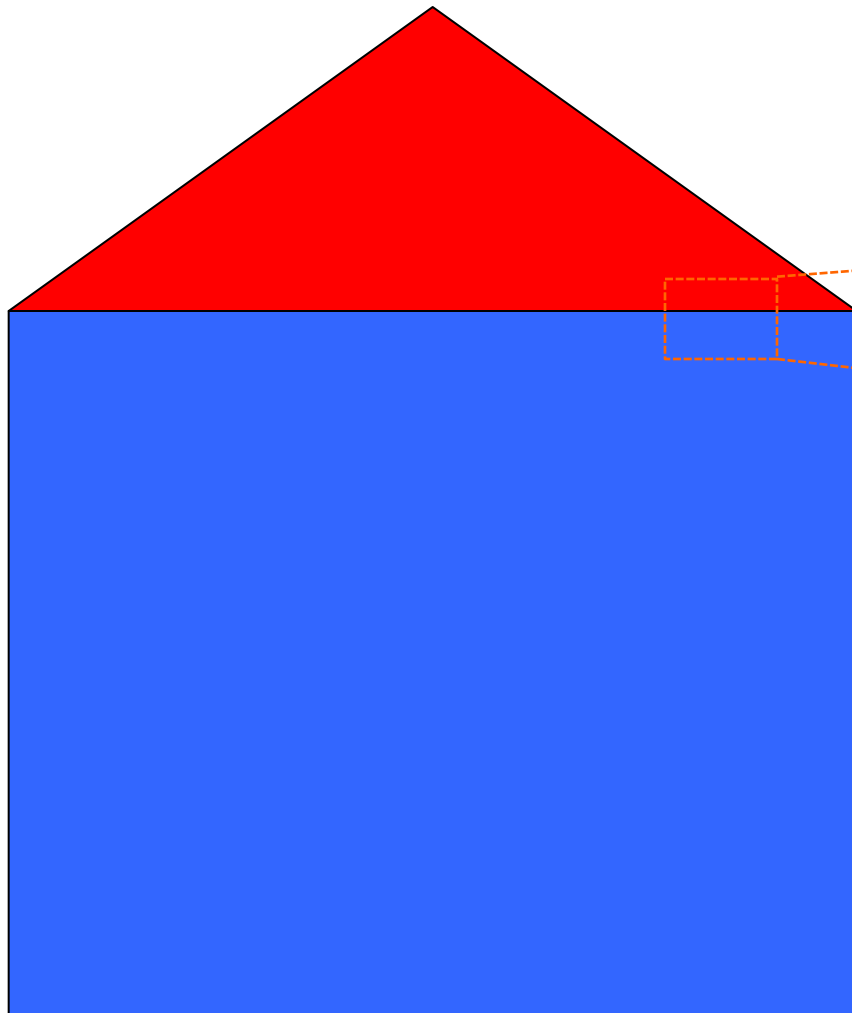




Triangle (α , β , a et b)
Rouge
Coordonnées (X_1 , Y_2)

Rectangle (a' et b')
Bleu
Coordonnées (X_1 , Y_1)

Image matricielle

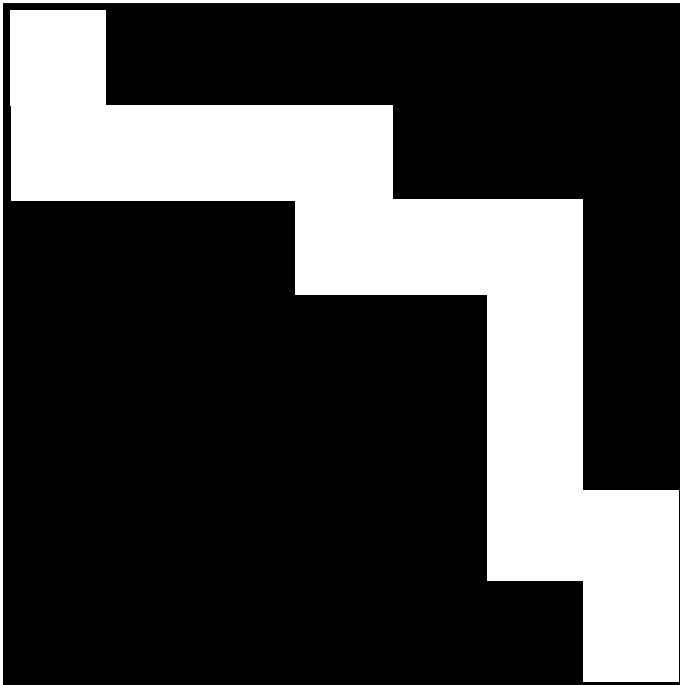


Rouge	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Rouge	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Noir	Noir	Noir	Noir	Noir	Noir
Bleu	Bleu	Bleu	Bleu	Bleu	Bleu
Bleu	Bleu	Bleu	Bleu	Bleu	Bleu

- Un pixel peut être codé par un seul bit (noir = 0 ou blanc = 1) mais le plus souvent par 8, 16, 24 et 32 bits.
- Bit est la contraction de **B**inary **digi**T
 - ◆ 8 bits = 1 octet (Byte en anglais)
- Chaque bit multiplie par 2 le nombre de niveaux pouvant être représentés :
 - ◆ 1 bits : 2 niveaux ou couleurs (0/noir ou 1/blanc)
 - ◆ 2 bits : $2 \times 2 = 4$ niveaux (00, 01, 10, 11)
 - ◆ 3 bits : $2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8$ niveaux (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111)
 - ◆ 4 bits : $2^4 = 16$ niveaux
 - ◆ 8 bits : $2^8 = 256$ niveaux
 - ◆ 16 bits : 65 536 niveaux
 - ◆ 24 bits : 16 777 216 niveaux (aussi appelé *true colors* ou 16 millions de couleurs)
 - ◆ 32 bits : 4 294 967 296 niveaux

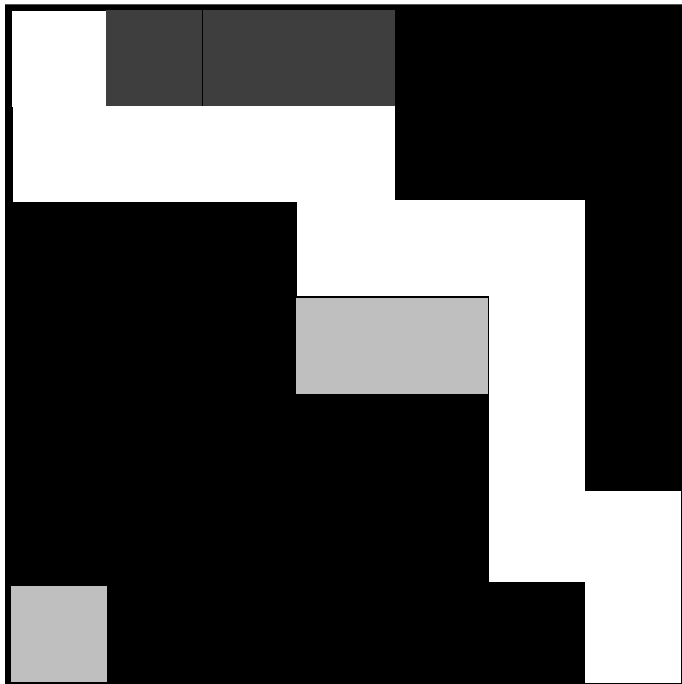
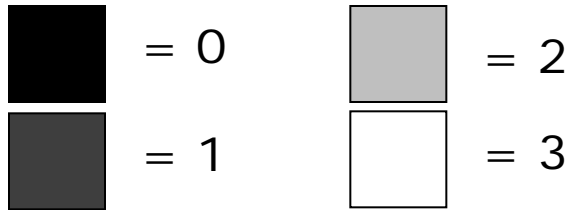
Une image binaire (2 niveaux) avec

- ◆ 0 : noir
- ◆ 1 : blanc



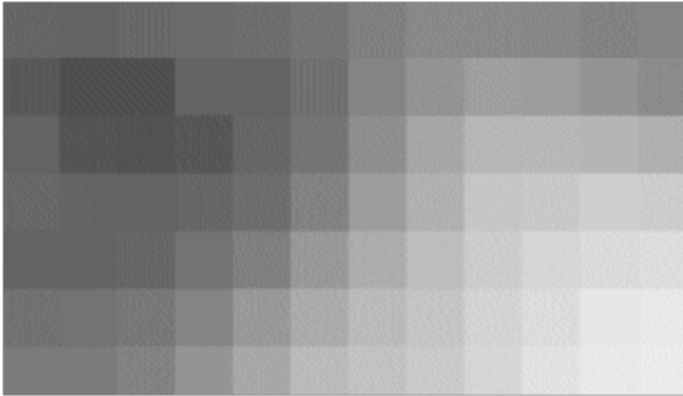
1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	1

- Image codée avec 2 bits/pixel (4 niveaux)



3	1	1	1	0	0	0
3	3	3	3	0	0	0
0	0	0	3	3	3	0
0	0	0	2	2	3	0
0	0	0	0	0	3	0
0	0	0	0	0	3	3
2	0	0	0	0	0	3

- Image en niveaux de gris codée entre 0 et 255 (8 bits = 2^8 valeurs)



107	99	99	107	107	115	132	132	140	140	132
90	82	82	99	99	115	132	148	165	156	148
99	82	90	90	99	115	140	165	181	181	181
99	107	99	99	115	132	156	173	198	198	206
99	99	99	115	123	156	173	189	206	214	222
115	115	123	132	148	173	181	189	206	214	231
123	123	132	148	165	189	198	198	206	222	231

($256^2 = 65536$ pixels)



256x256



128x128

($64^2 = 4096$ pixels)



64x64



32x32



6 bits

4 bits

($2^6 = 64$ niveaux gris)



3 bits

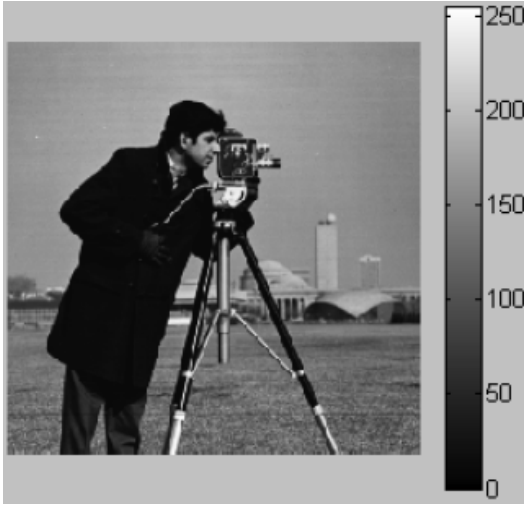
2 bits

1 bit

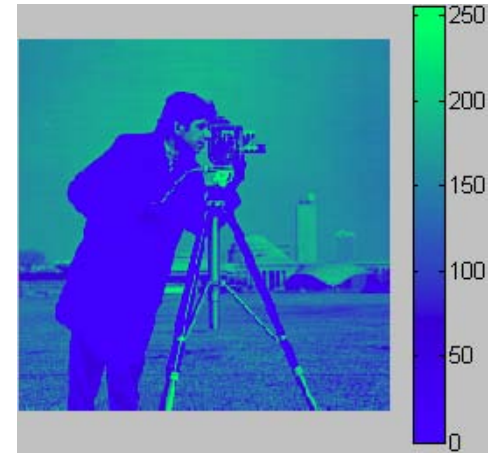
($2^3 = 8$ niveaux gris)

LUT (*Look-Up Table*) ou *color map*

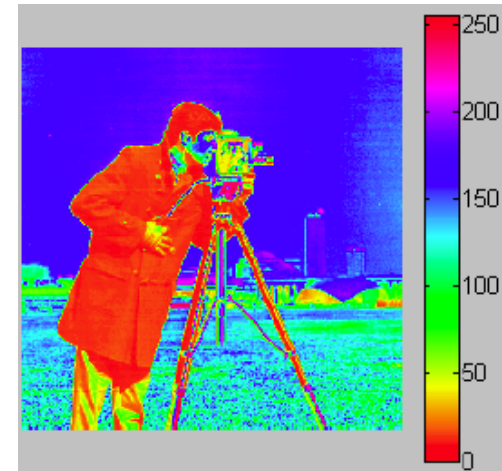
LUT niveau de gris



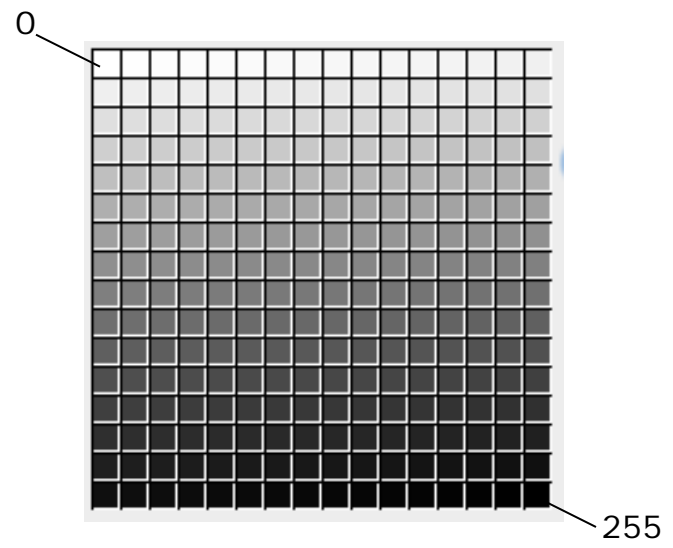
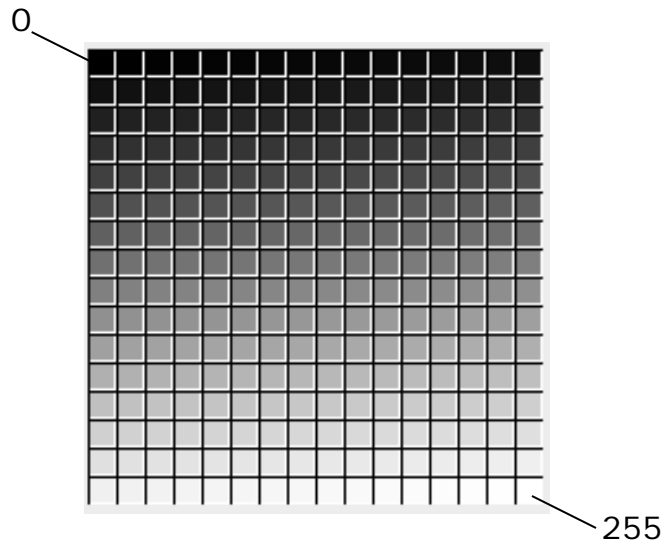
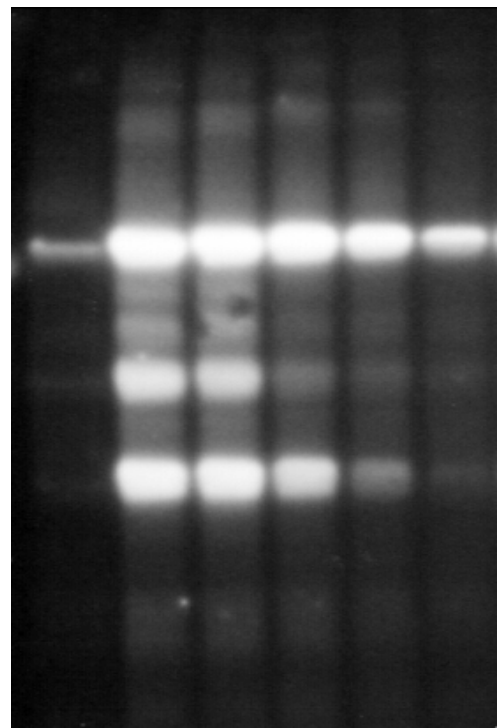
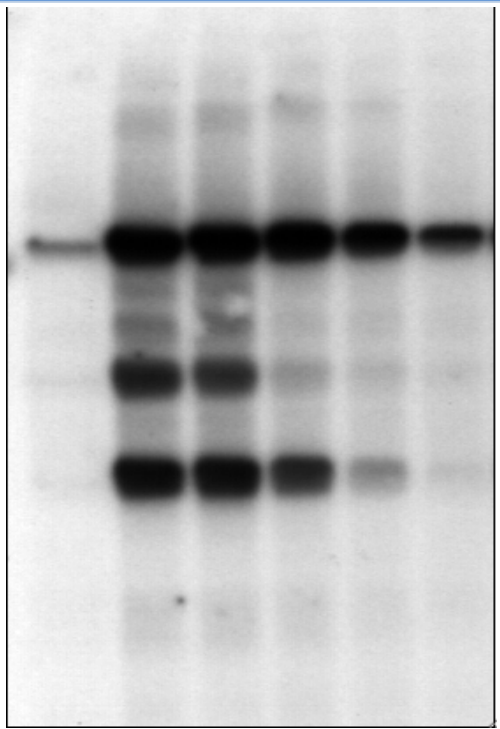
LUT bleu/vert

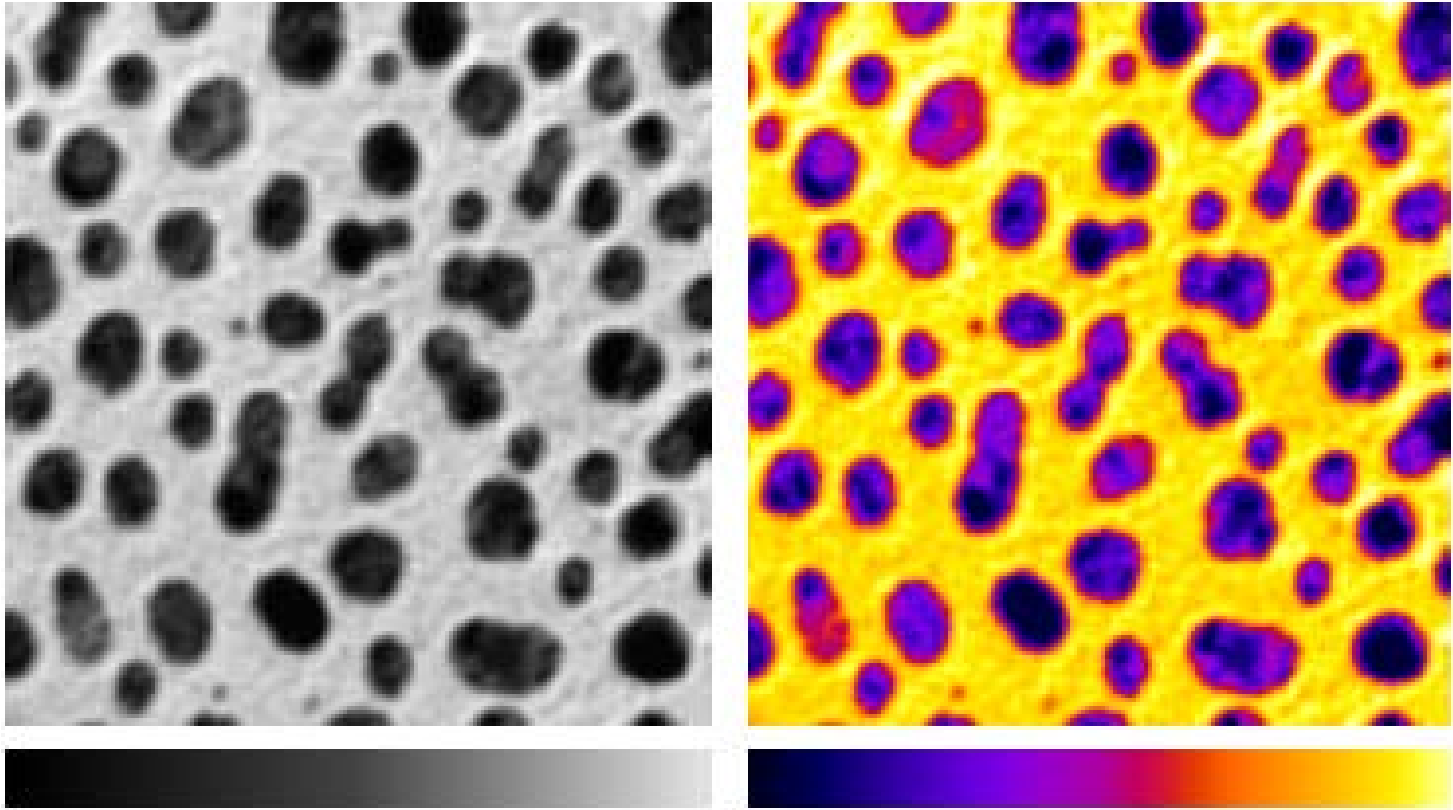


LUT arc en ciel



Exemple de LUT

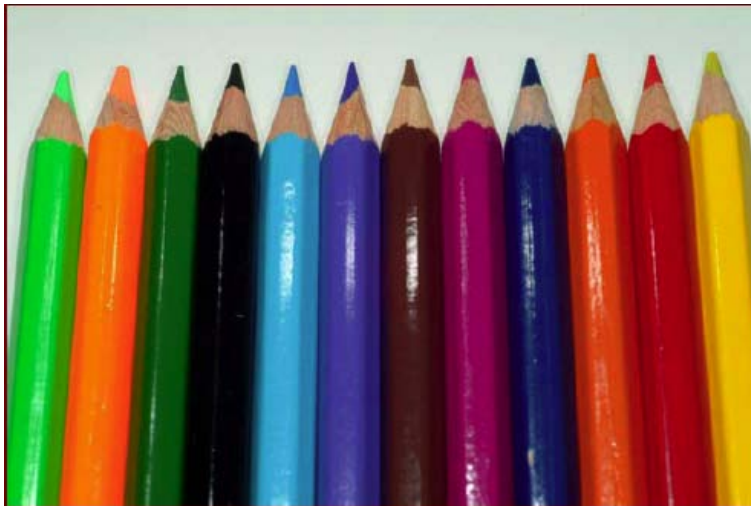




L'œil détecte 30 niveaux de gris et non 256, mais est plus sensible aux changements de couleurs.

- Une image couleur correspond à une superposition de 3 plans :

Rouge / Vert / Bleu (RGB = *Red / Green / Blue*)



=

35	142	139	147	153	28
143	143	134	138	158	84
138	138	131	132	149	144
131	131	133	139	151	165
125	132	129	131	155	173
135	140	137	108	122	155
169	169	164	121	88	125

8bits

+

35	142	139	147	153	28
138	138	131	132	149	144
131	131	133	139	151	165
125	132	129	131	155	173
135	140	137	108	122	155
169	169	164	121	88	125
180	179	177	156	130	151

8bits

+

35	142	139	147	153	28
143	143	134	138	158	84
131	131	133	139	151	165
125	132	129	131	155	173
135	140	137	108	122	155
169	169	164	121	88	125
180	179	177	156	130	151

8bits

= 24bits

Décomposition d'une image RGB en 3 plans



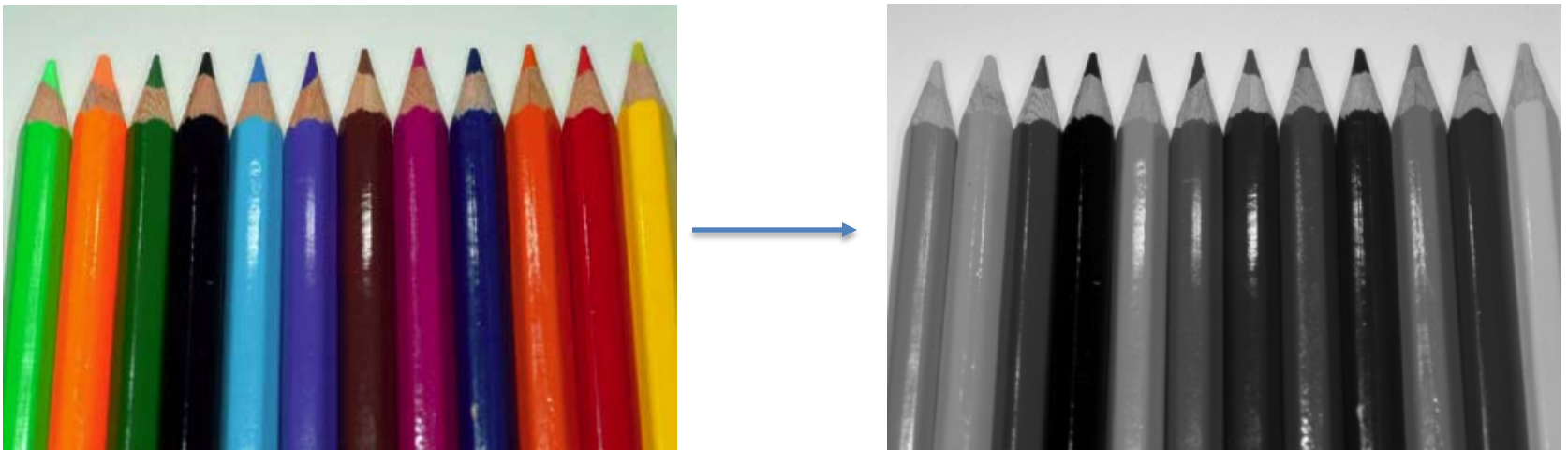
Rouge

Vert

Bleu



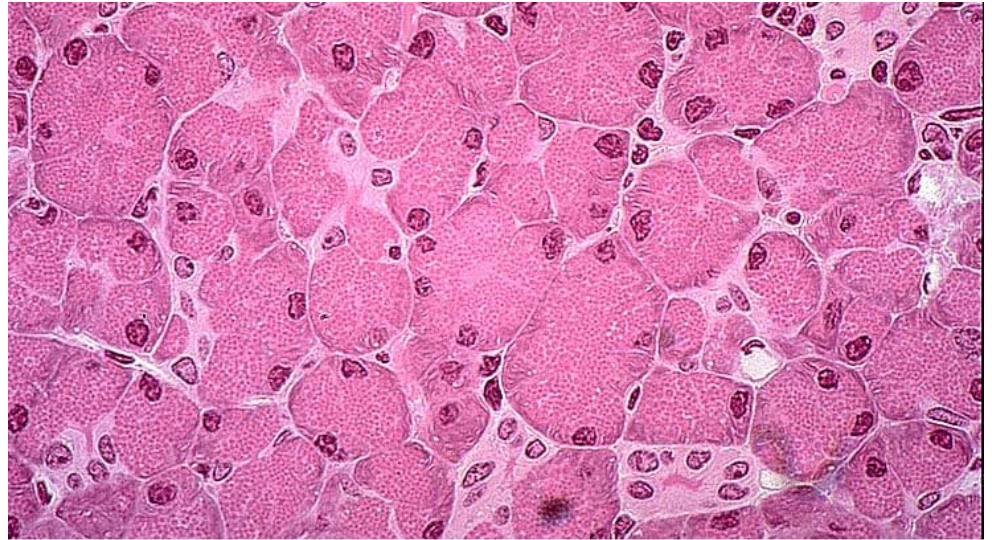
Passer d'une image RGB en niveaux de gris



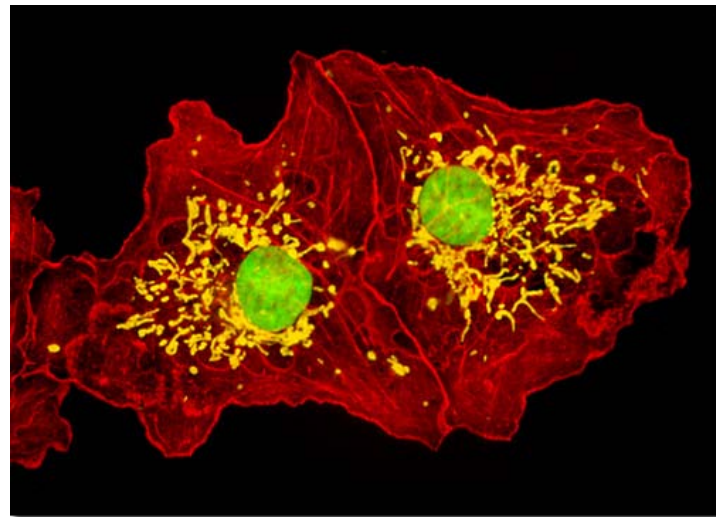
Moyenne des 3 couleurs Rouge, Vert, Bleu



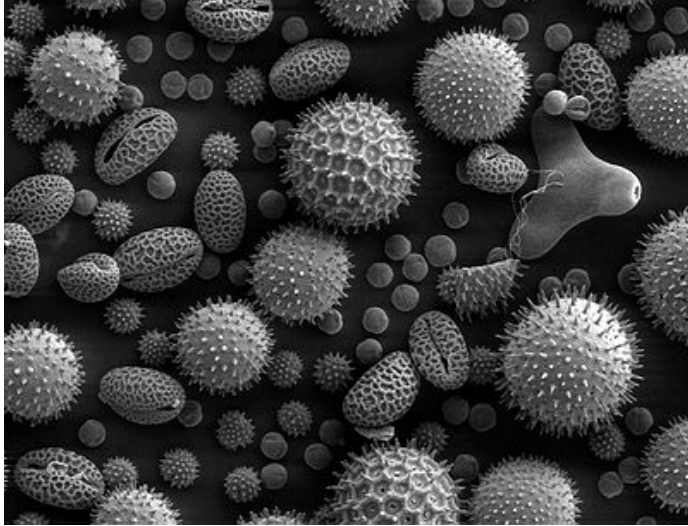
Cellules / contraste de phase



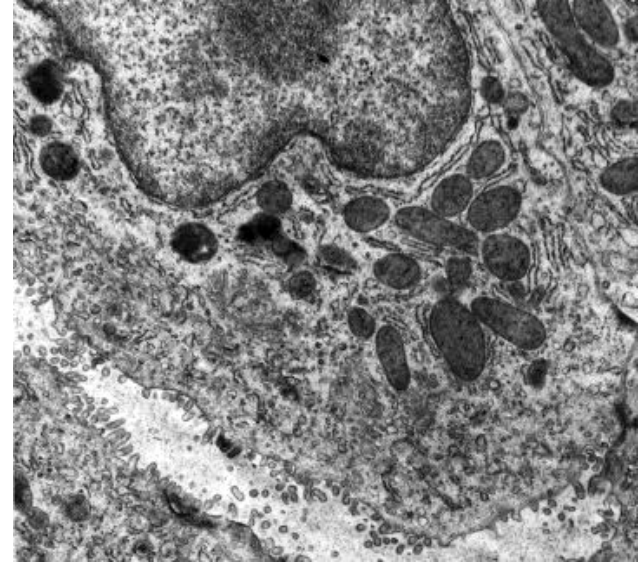
Coupe tissu / coloration



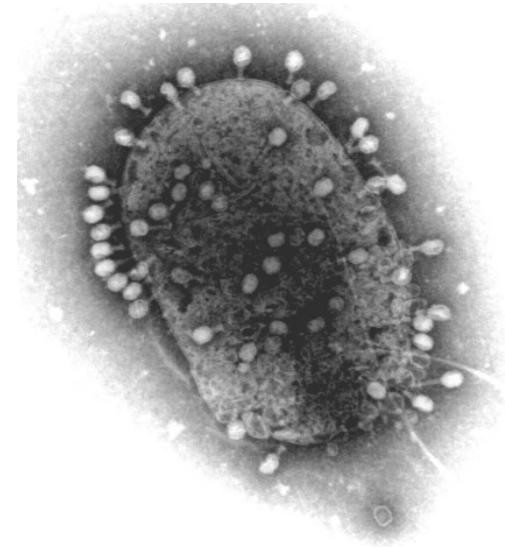
Cellules / Fluorescence



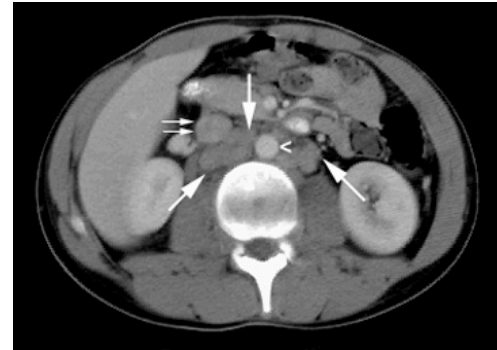
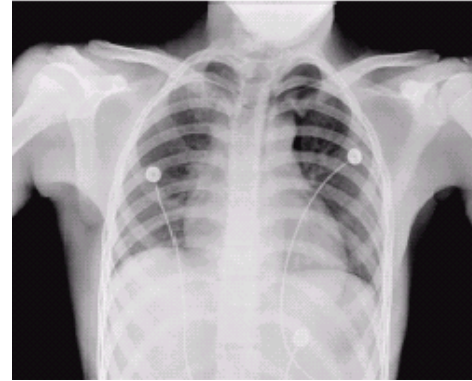
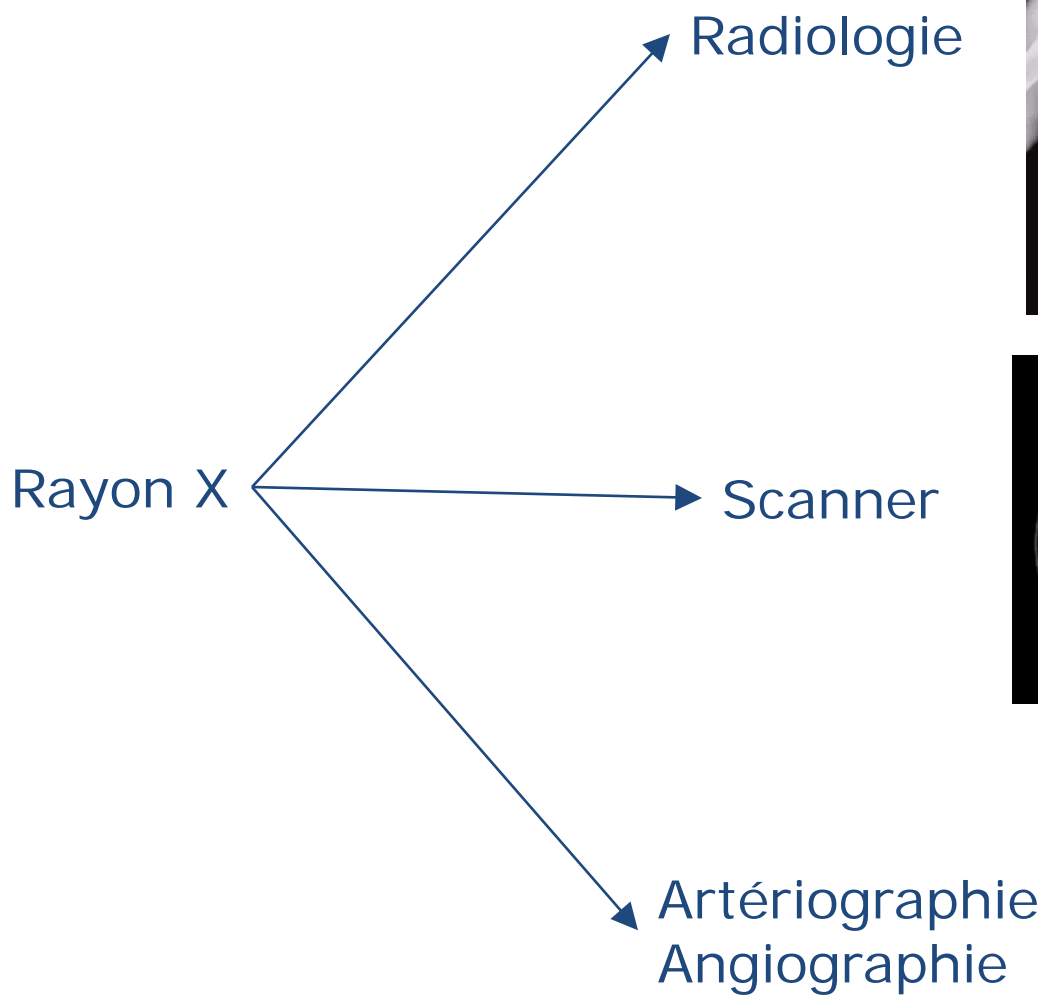
MEB / pollen



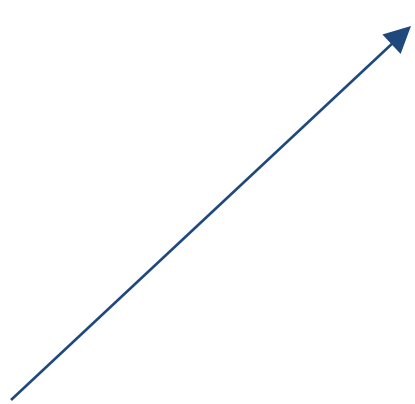
MET / coupe cellule fixée + coloration



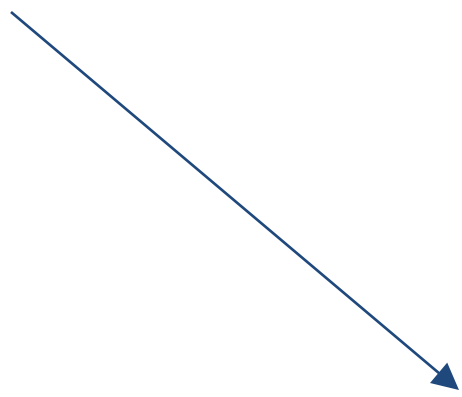
MET / coloration négative



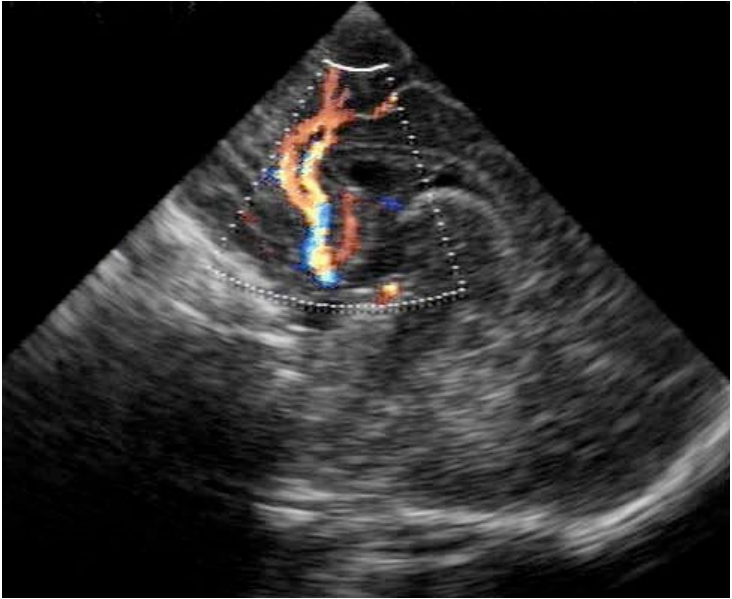
Ultrasons
(Ultrasonographie)



Echographie



Döppler



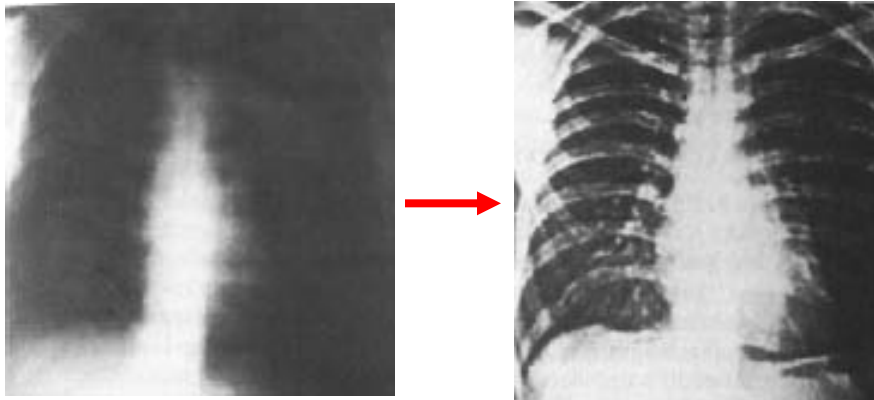
Imagerie par résonance
magnétique (IRM)



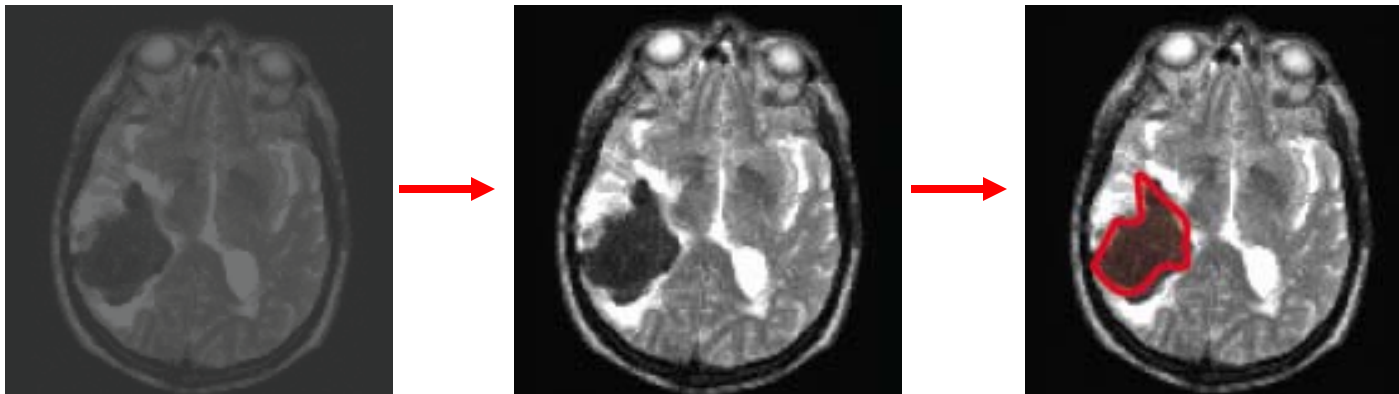
Tomographie par émission
de positons (PETscan)
(issus de la désintégration d'un produit radioactif)



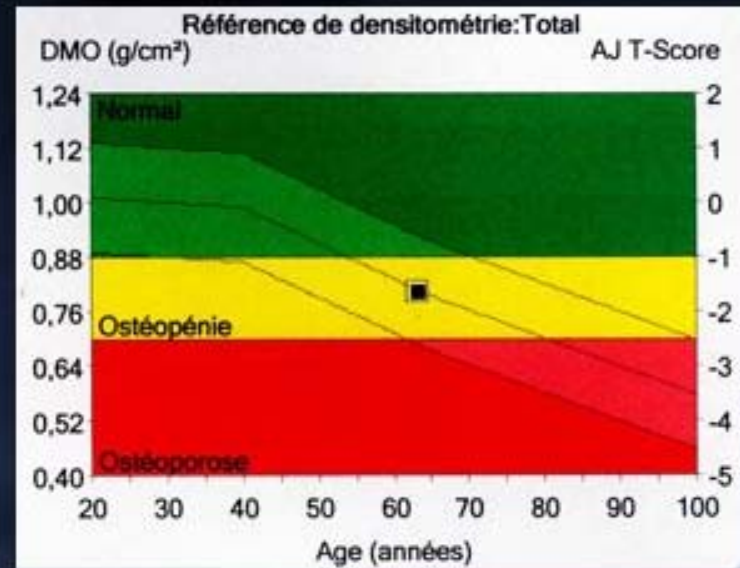
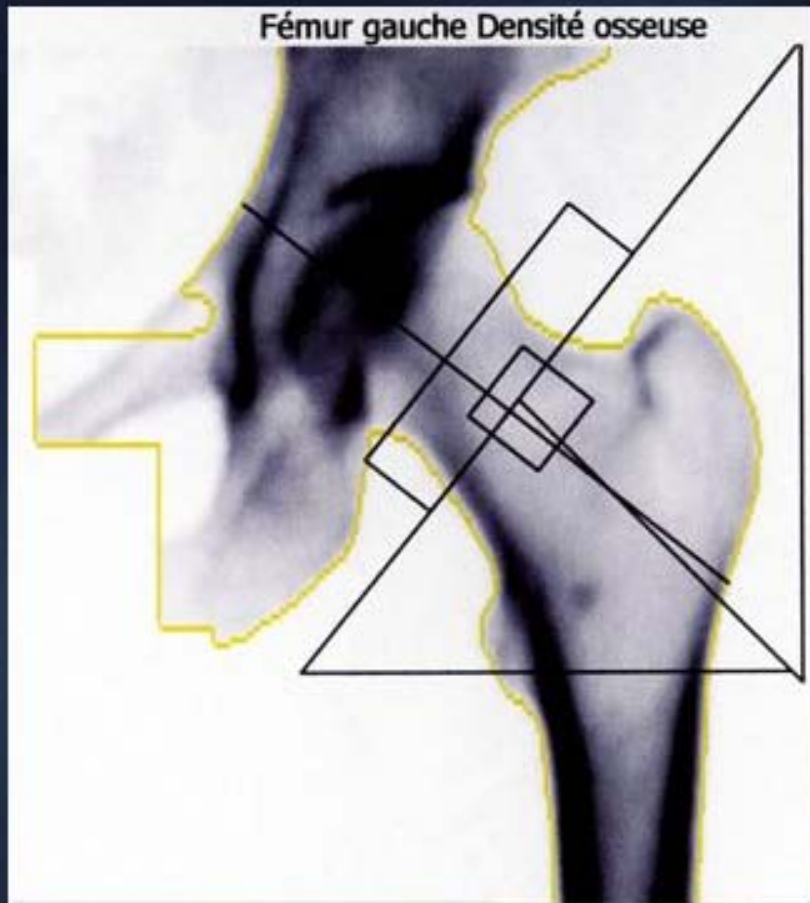
Amélioration



Amélioration et reconnaissance de forme

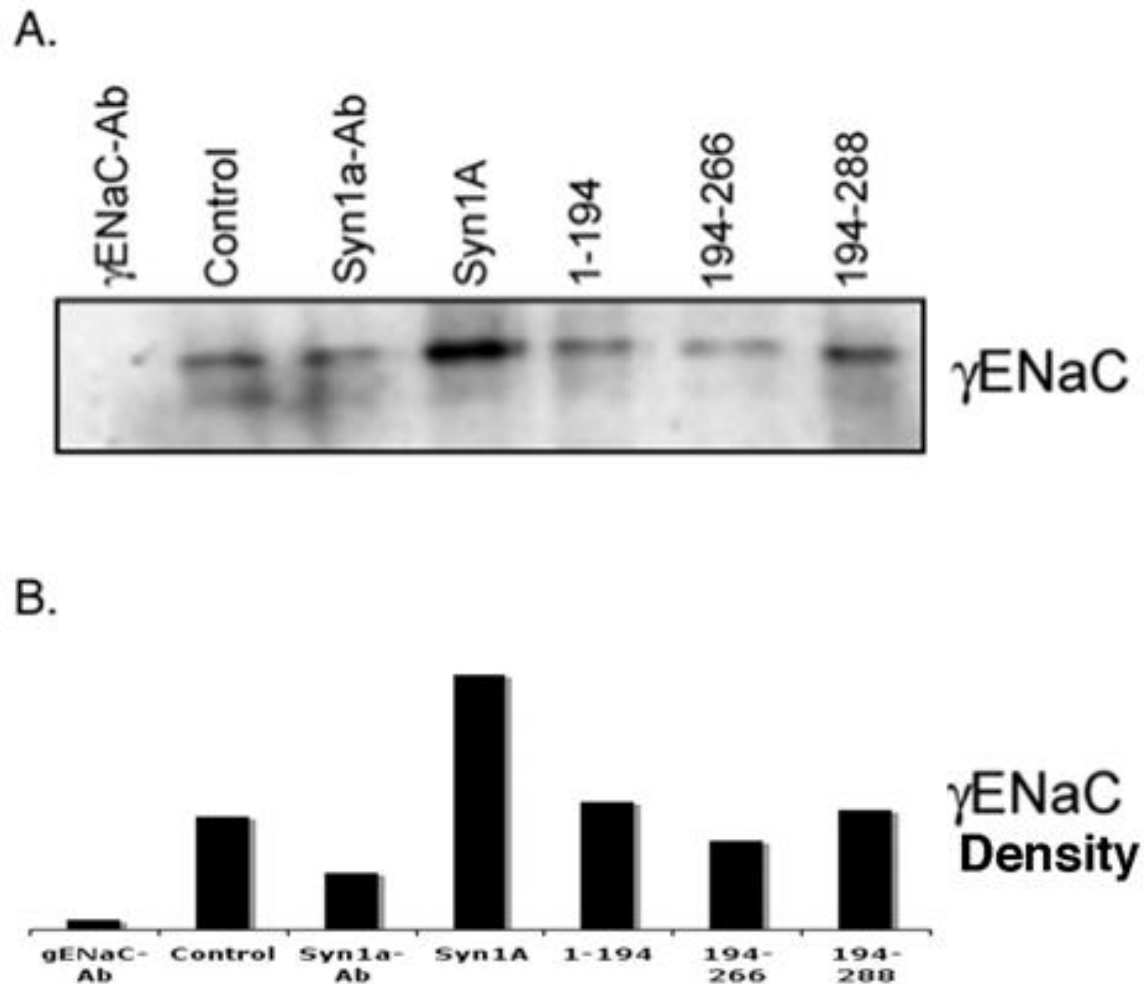


Densitométrie osseuse



Région	¹ DMO (g/cm ²)	² Adulte-Jeune T-Score	³ Age-Egal Z-Score
Col	0,803	-1,5	0,2
Ward	0,575	-2,6	-0,4
Troch.	0,644	-1,3	0,1
Diaph.	0,938	-	-
Total	0,800	-1,7	-0,1

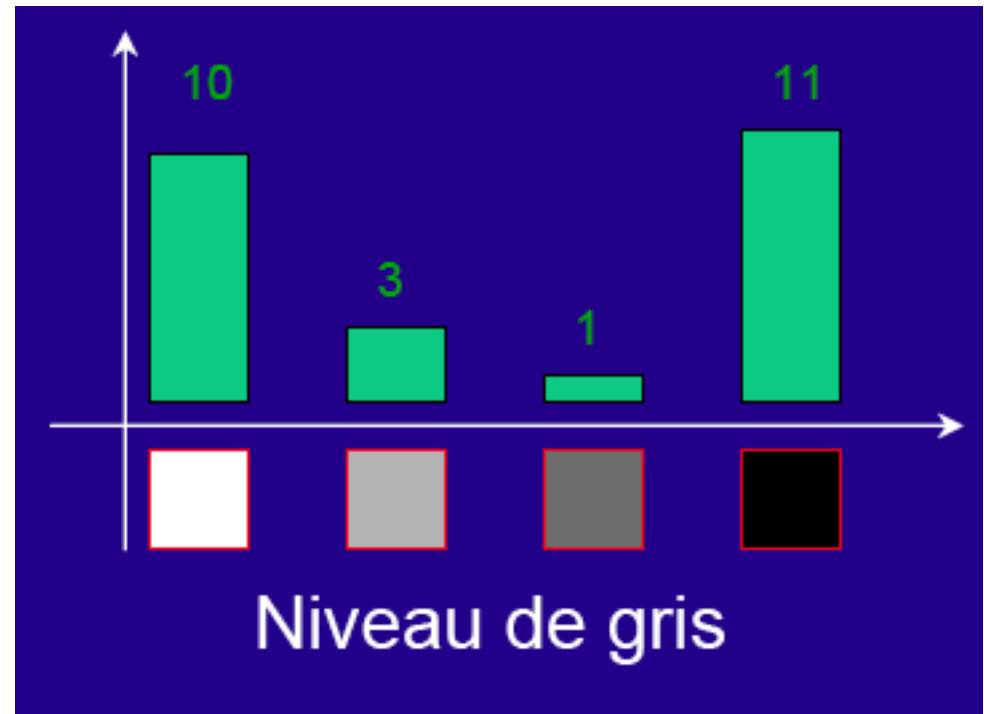
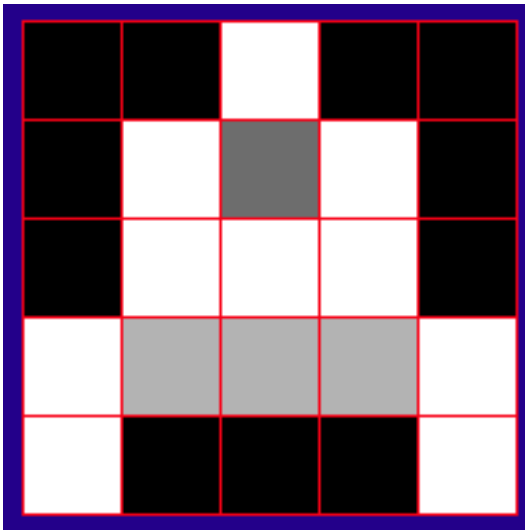
Densitométrie – Gel électrophorèse



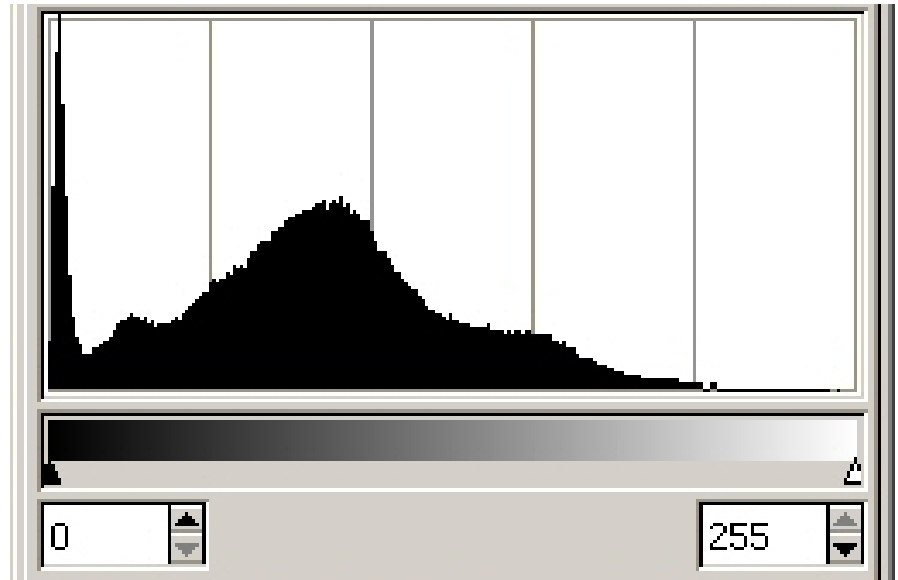
- Une chaîne de traitement classique comprend 3 étapes :
 - ◆ **Pré-traitement** pour corriger les défauts dus à l'acquisition.
 - ◆ **Segmentation** de l'image pour identifier les structures d'intérêt (des particules, des régions homogènes...).
 - ◆ **Analyse des particules** ou des régions pour quantifier la taille, la forme ou la texture des objets d'intérêt.

Distribution des niveaux gris de l'image.

→ Compter le nombre de pixels possédant un même niveau de gris.



Histogramme



Histogramme

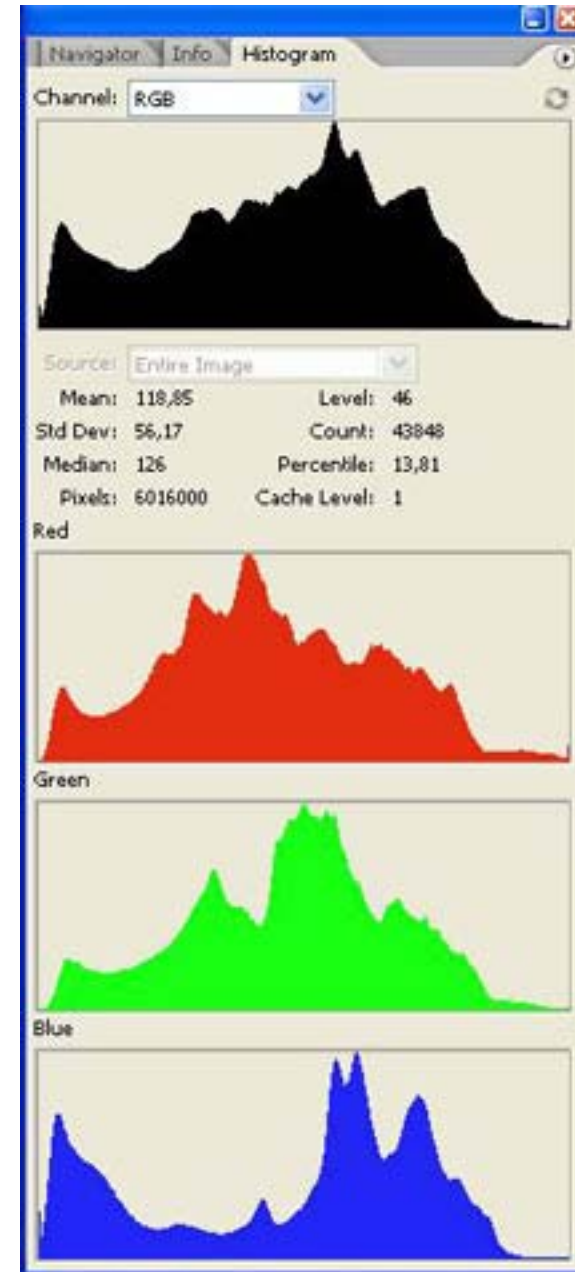
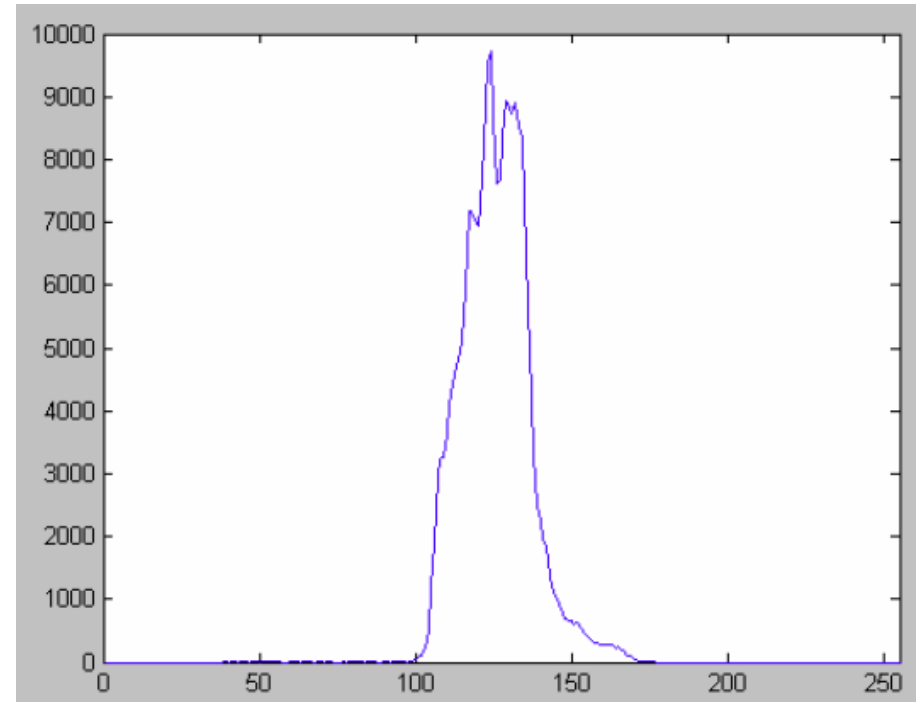


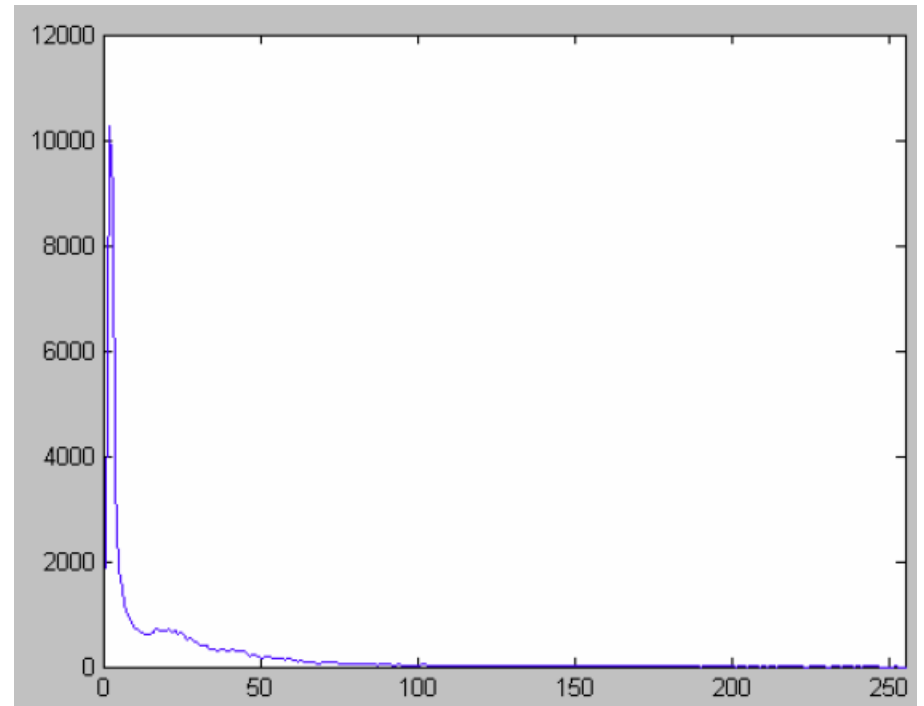


Image peu contrastée



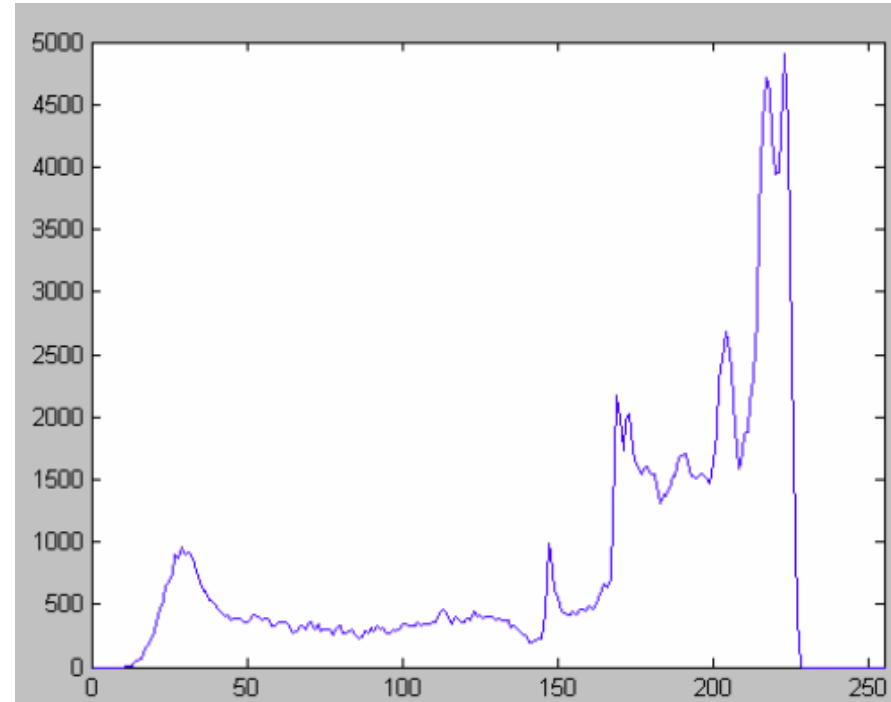


IRM cardiaque sous-exposée

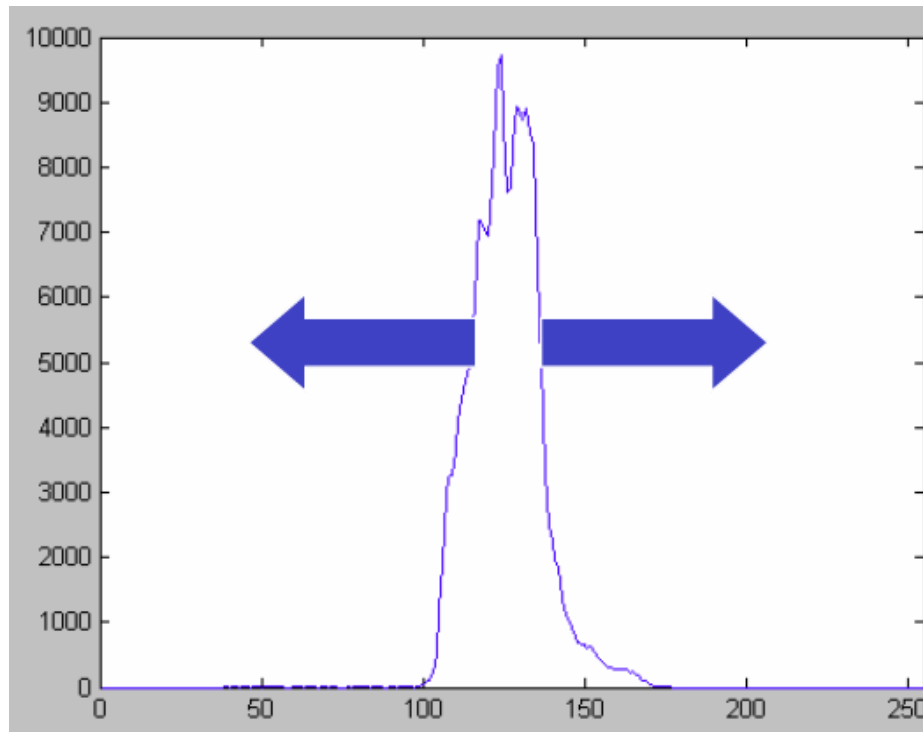




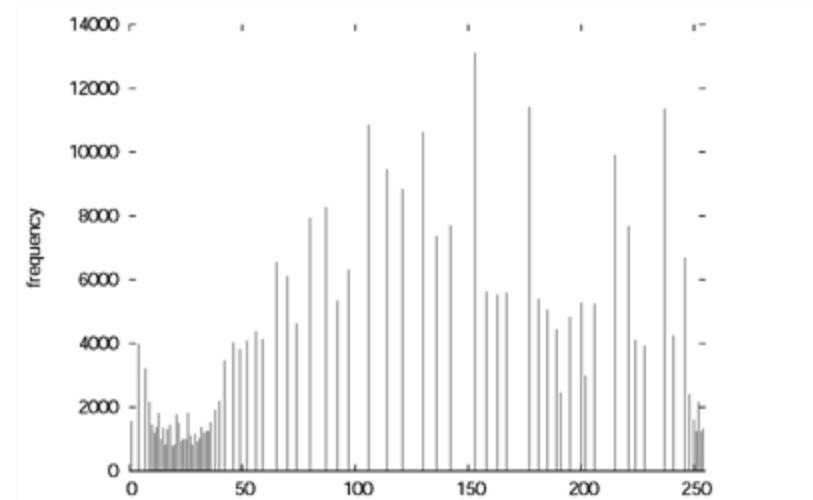
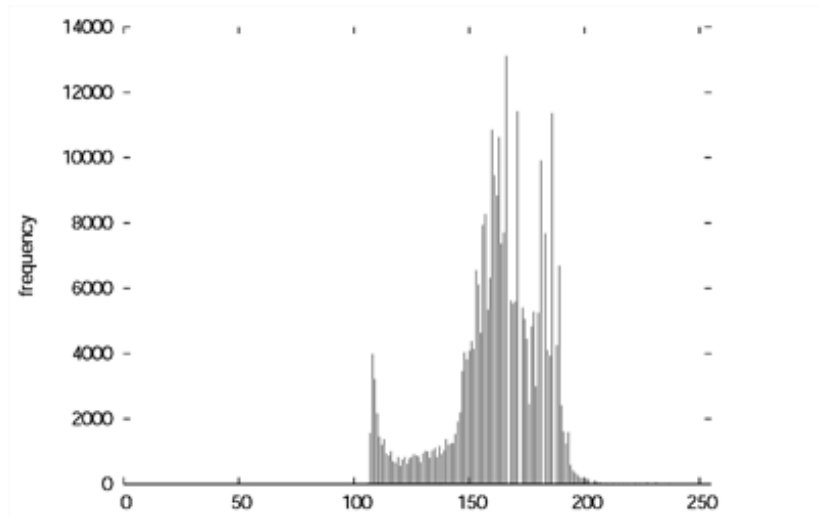
Radiographie sur-exposée



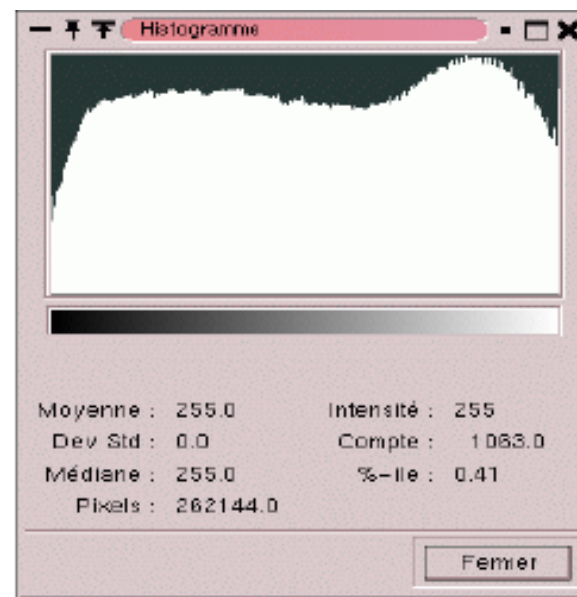
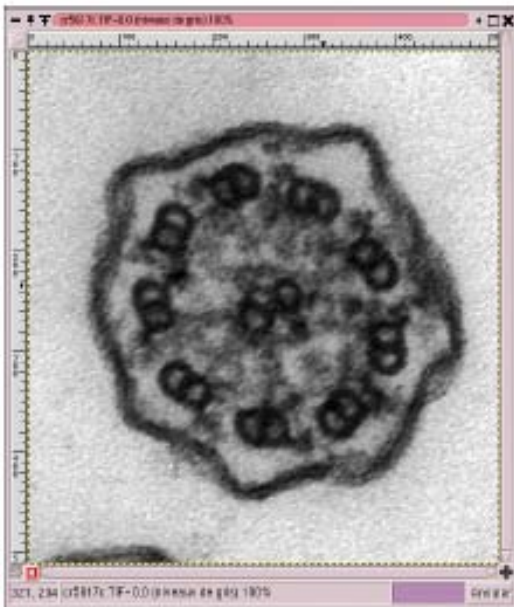
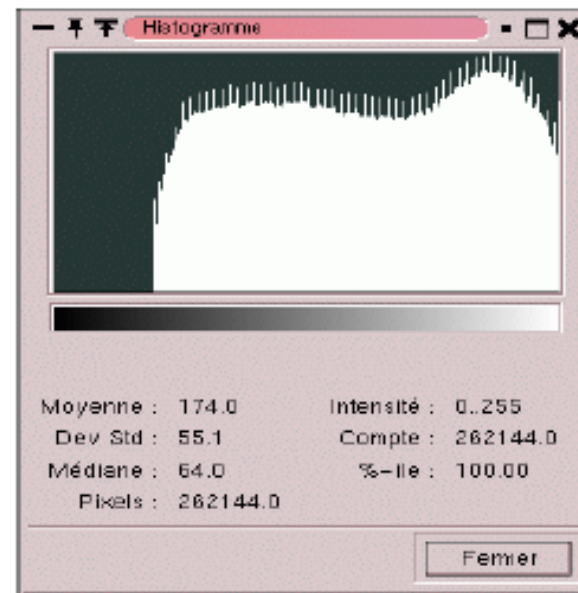
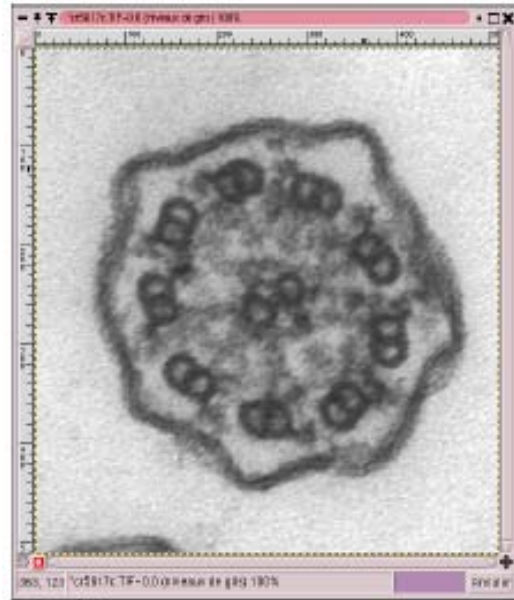
- Pour avoir une image bien contrastée, l'histogramme doit présenter une distribution uniforme des niveaux de gris.
- Pour améliorer le contraste d'une image : étirement de l'histogramme.



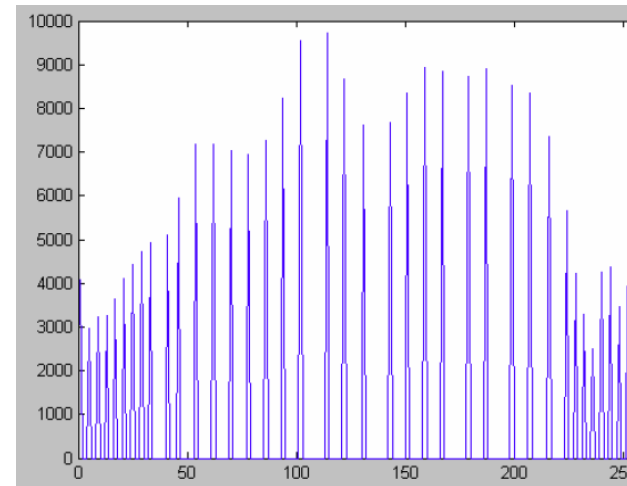
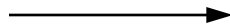
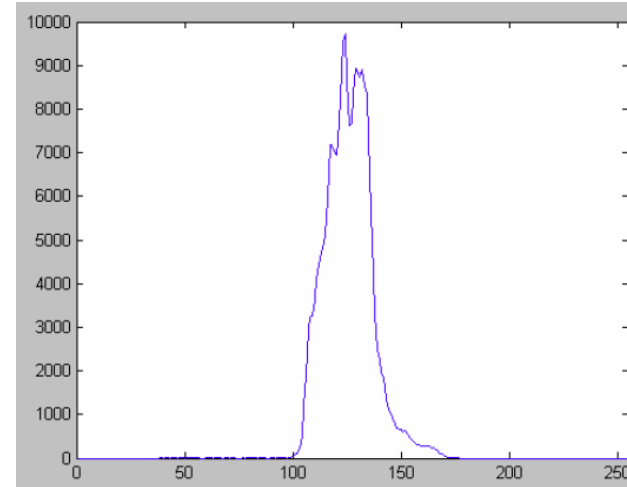
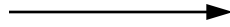
Histogramme : exemple



Histogramme : exemple



L'étirement de l'histogramme ne convient pas systématiquement

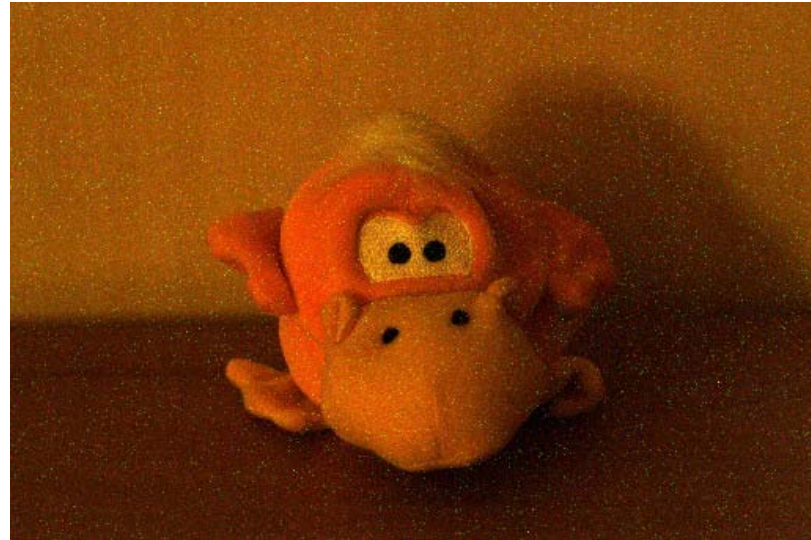


- Les opérations de filtrage vont modifier de façon irréversible le contenu des images. Aussi, il est recommandé de toujours travailler sur des copies d'images.
- Les filtrages modifient le contenu d'un pixel en prenant en compte une information locale, c'est-à-dire par rapport aux pixels voisins.
- Les filtre sont divisés en deux catégories :
 - ◆ **Filtres passe-haut** qui **mettent en évidence les variations** de lumière qui composent les contours des objets ou la texture d'une image.
 - ◆ **Filtres passe-bas** qui **atténuent les variations de lumière**. Ils ont pour effet de lisser le contenu de l'image et de limiter les brusques variations d'intensité.

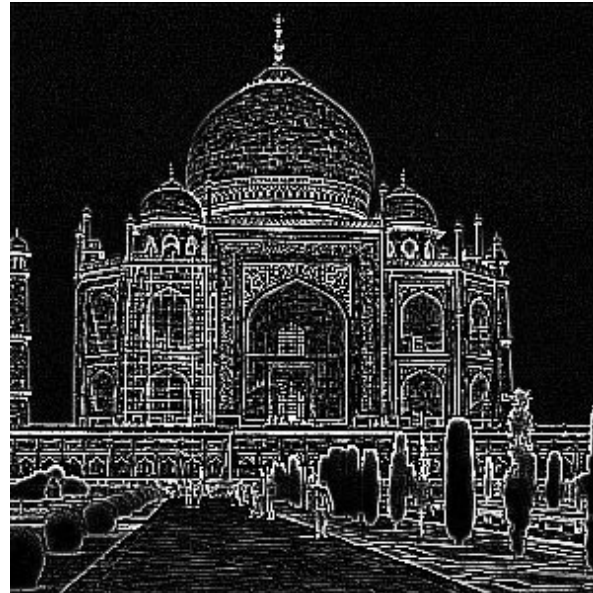
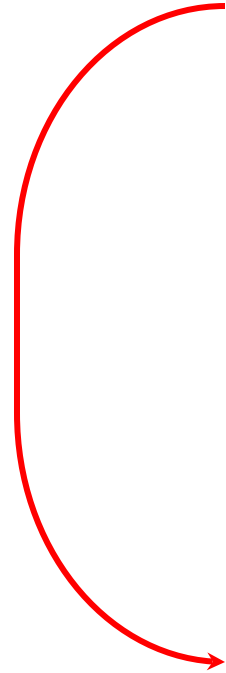
Ajout de flou Effet lissage

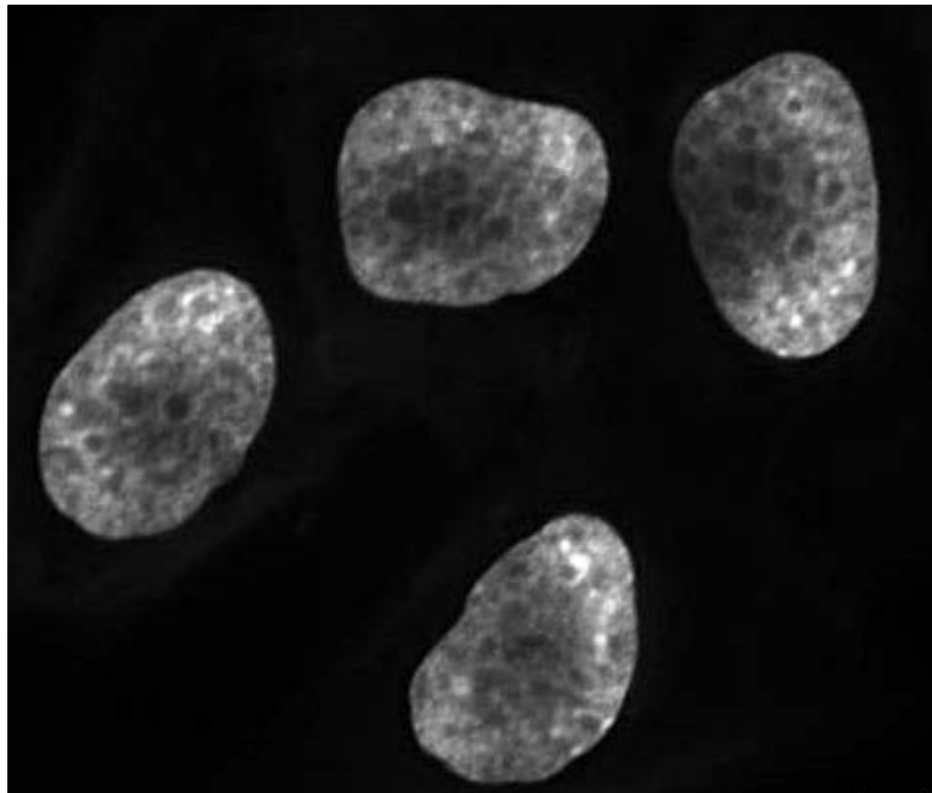
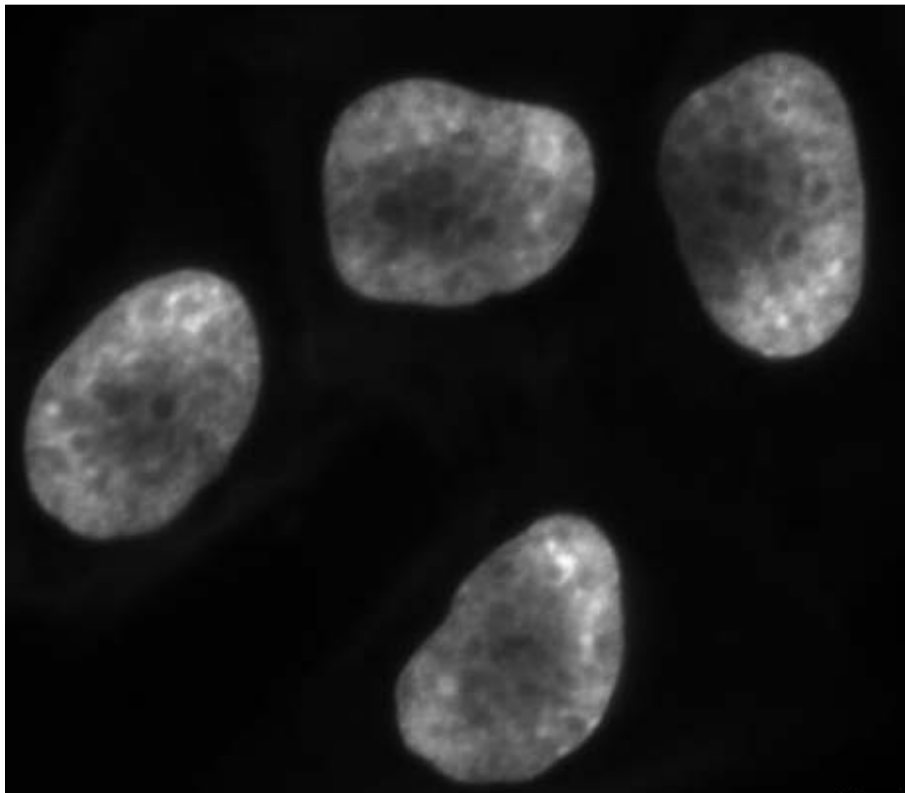


Ajout de flou
Réduction du bruit

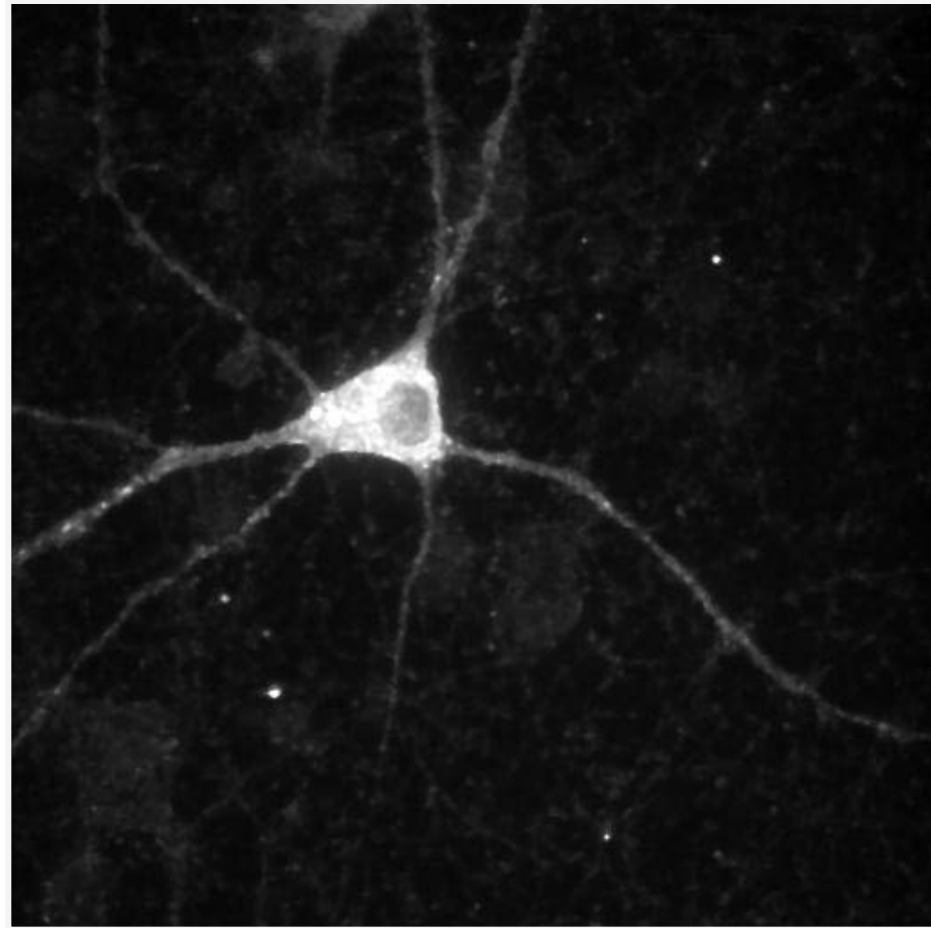
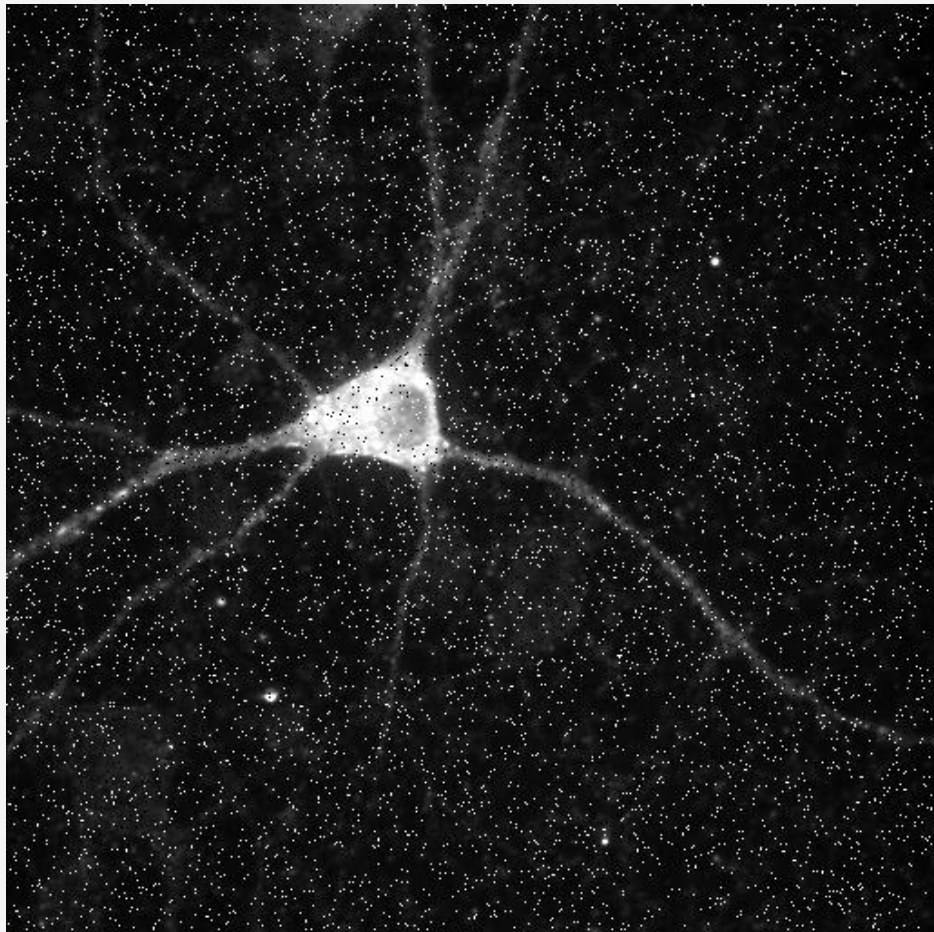


Détection des contours

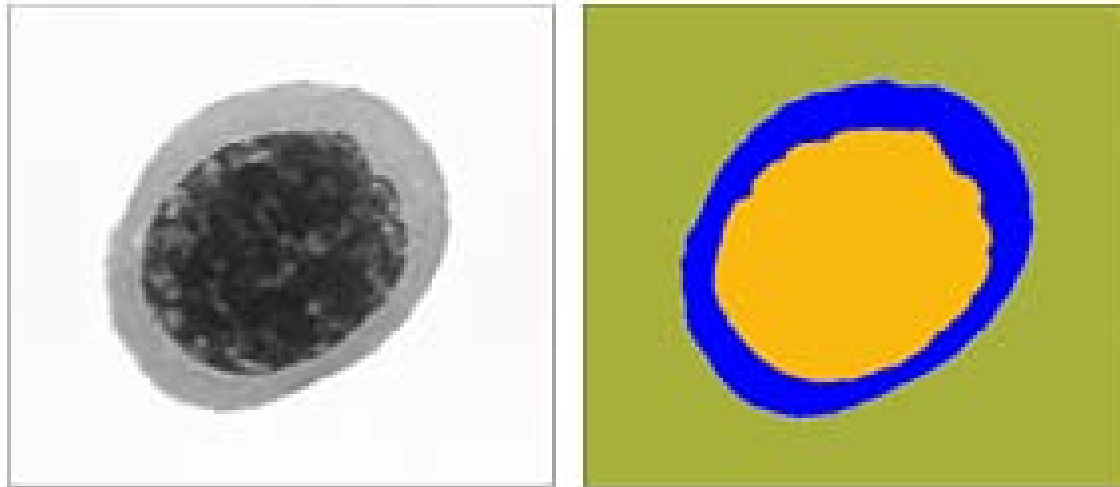




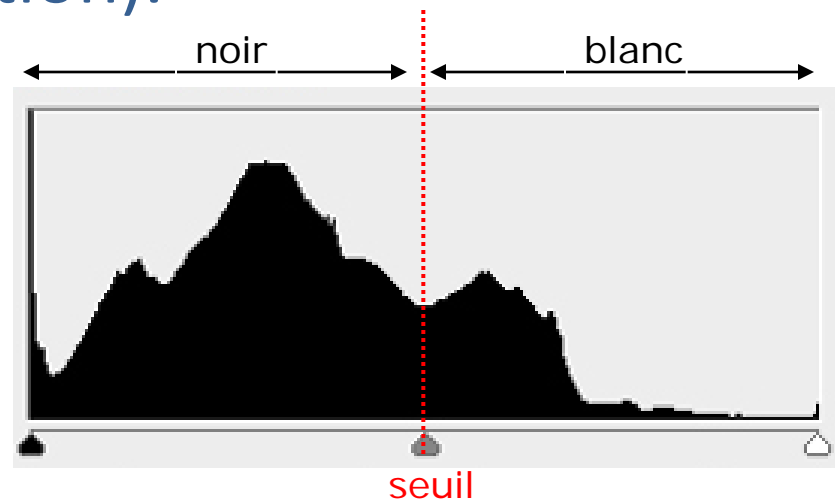
Filtre médian



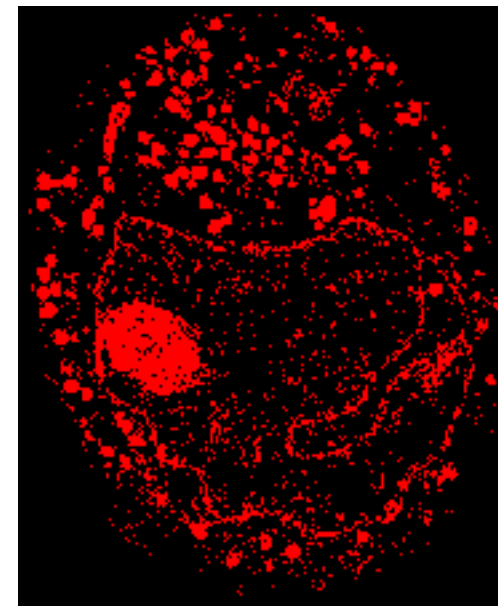
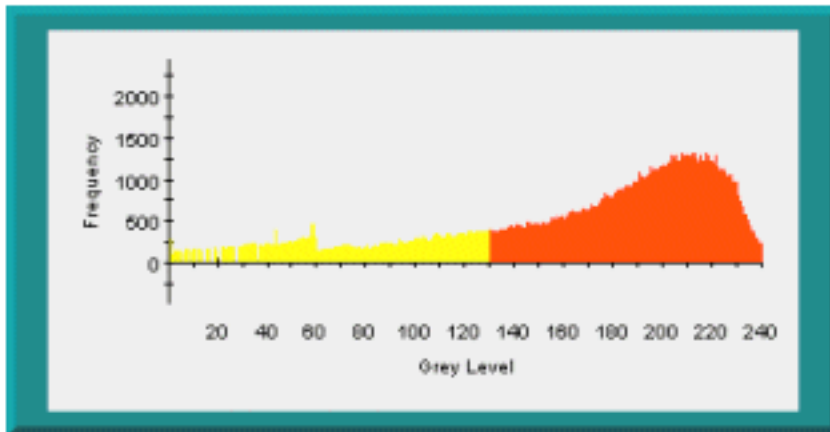
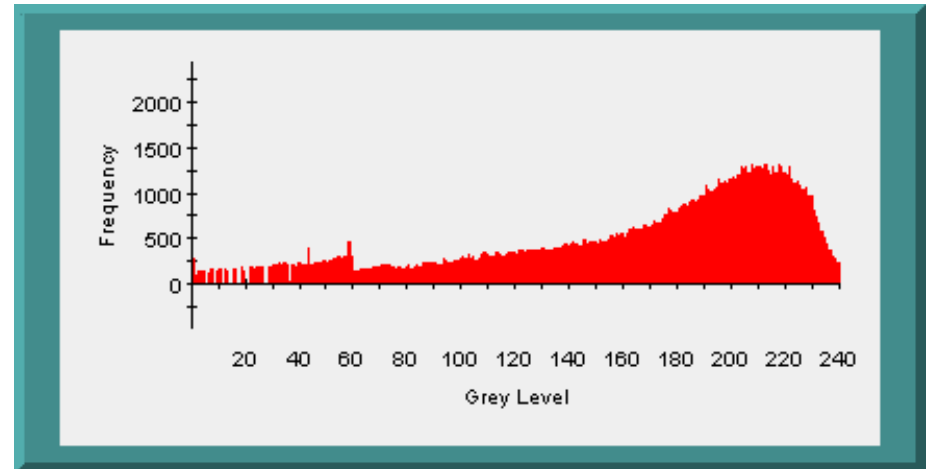
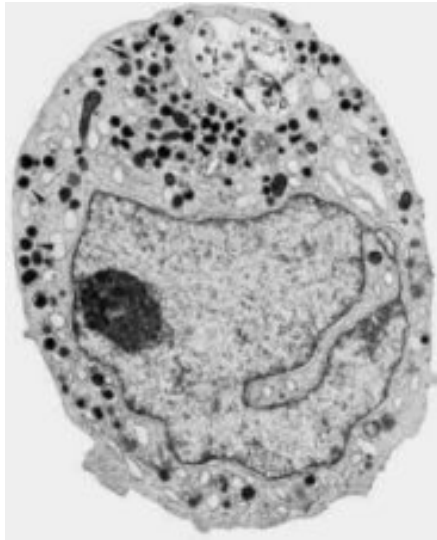
- La segmentation permet de **séparer les régions d'intérêt** du fond, d'isoler les objets sur lesquels doit porter l'analyse.

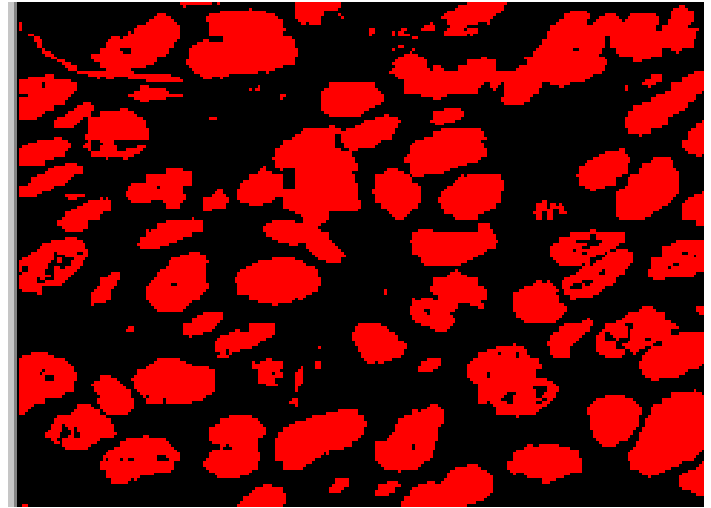
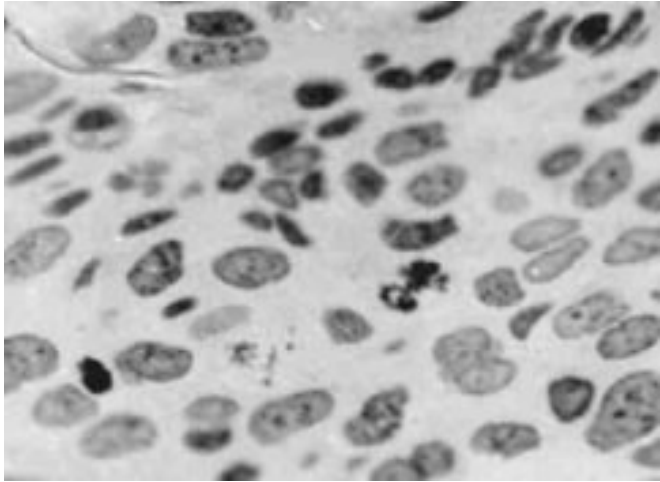


- Plusieurs techniques existent, la plus simple étant le **seuillage des valeurs** de niveaux de gris des images.
- Le seuillage consiste à mettre à zéro tous les pixels ayant un niveau de gris inférieur à une certaine valeur (appelée seuil, en anglais *threshold*) et à la valeur 1 les pixels ayant une valeur supérieure. Le résultat du seuillage est une image binaire contenant des pixels noirs et blancs (binarisation).



Segmentation : exemple

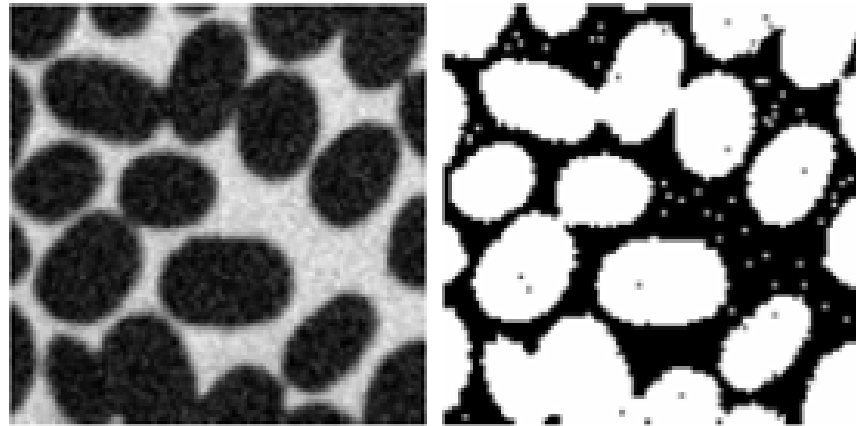




Coupe histologique
d'épithélium oesophagien
humain, sur laquelle les noyaux
cellulaires ont été colorés.

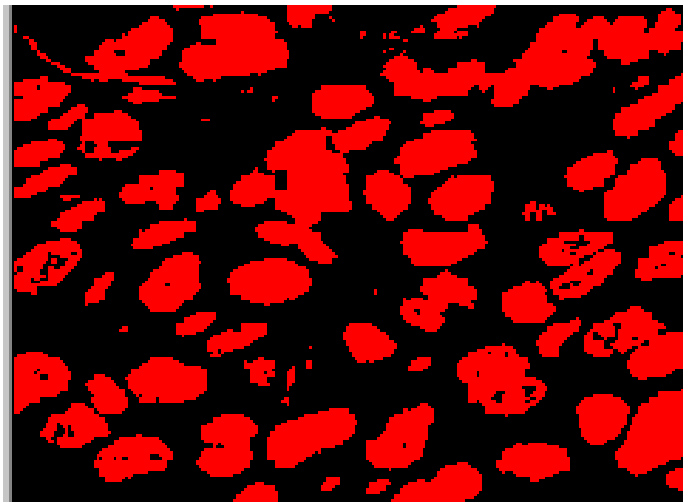
Compromis à effectuer lors du choix de la valeur de seuil car il est difficile de ne sélectionner que les objets d'intérêt dans l'image.

- Irrégularités aux frontières des objets
- Trous dans les objets (faux négatifs)
- Artefacts dans le fond (faux positifs)
- Scissions d'objets
- Fusions entre objets



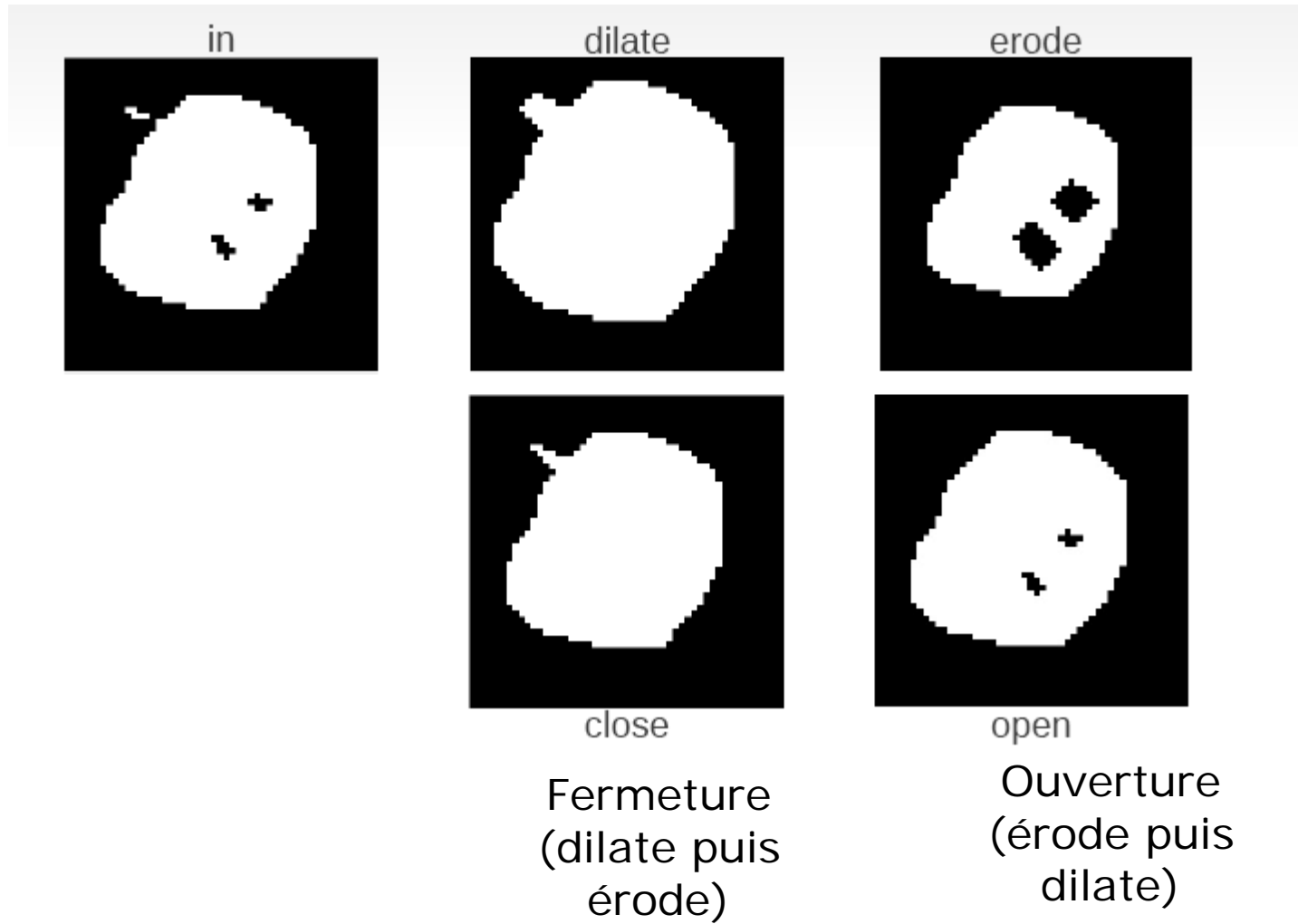
- Nécessité éventuelle de post-traitements

- Le filtrage morphologique repose sur la morphologie mathématique, basée sur une description ensembliste des images. Ce type de filtre privilégie la notion de forme.
- 2 opérations principales : érosion et dilatation
- 2 opérations combinant les deux premières : ouverture et fermeture

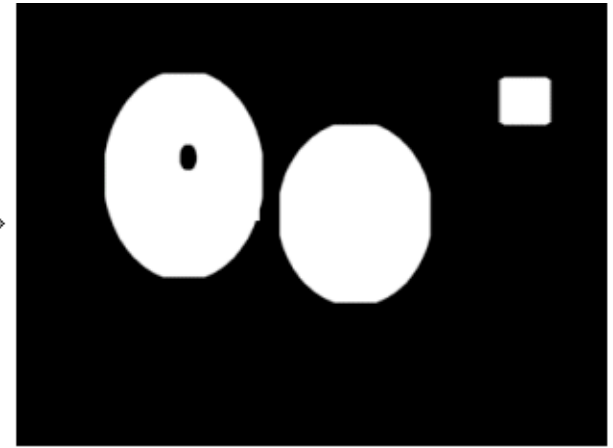
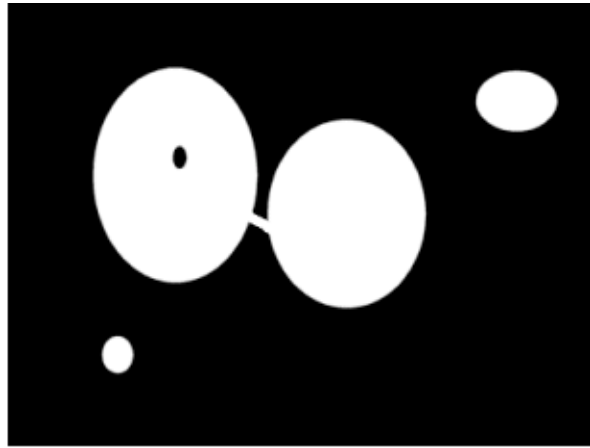


- Erosion
 - ◆ Elimine les pixels isolés et érode les contours des objets
- Dilatation
 - ◆ Elimine les trous isolés dans les objets et dilate les contours des objets

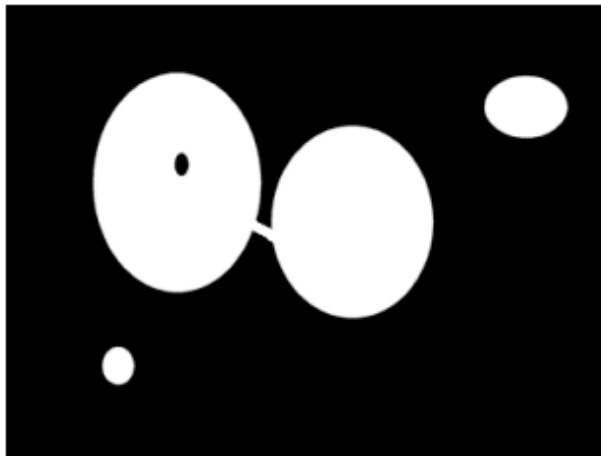
- Ouverture
 - ◆ Erosion suivie de dilatation
(=élimination petits objets)
- Fermeture
 - ◆ Dilatation suivie d'érosion
(=perte des « trous » dans l'image)



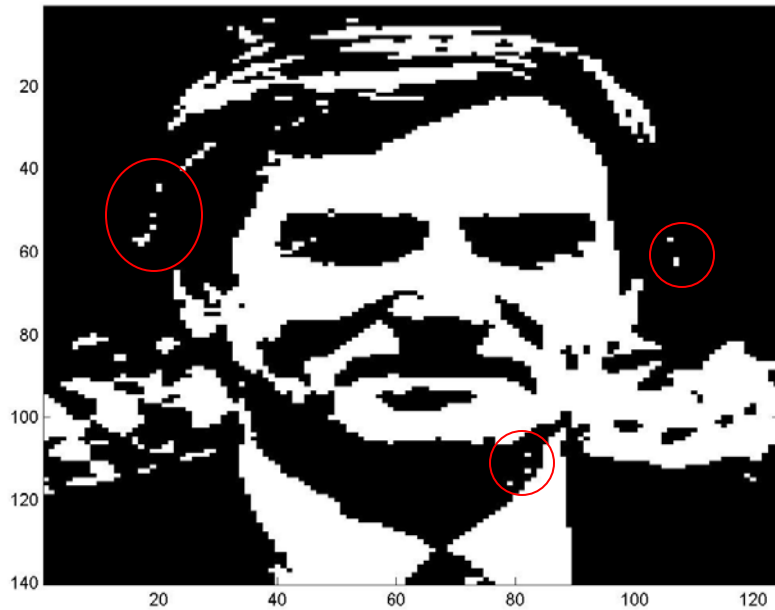
Ouverture



Fermeture

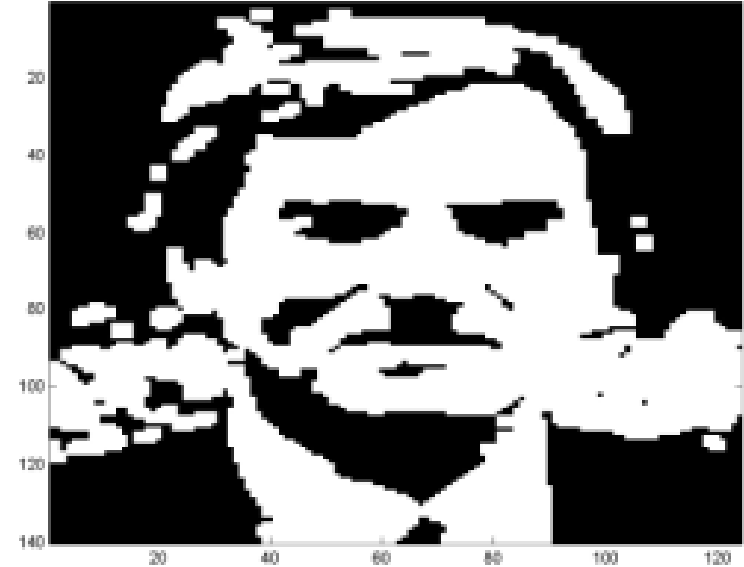
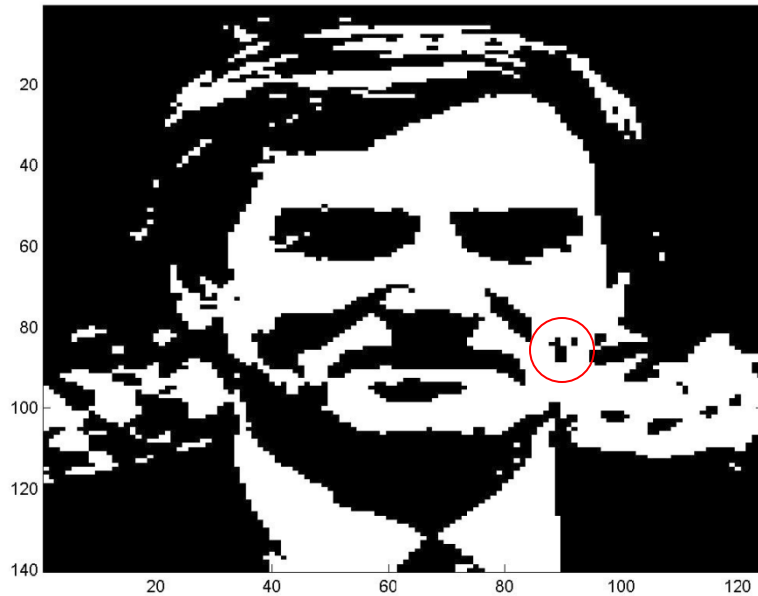


Filtres morphologiques



Erosion

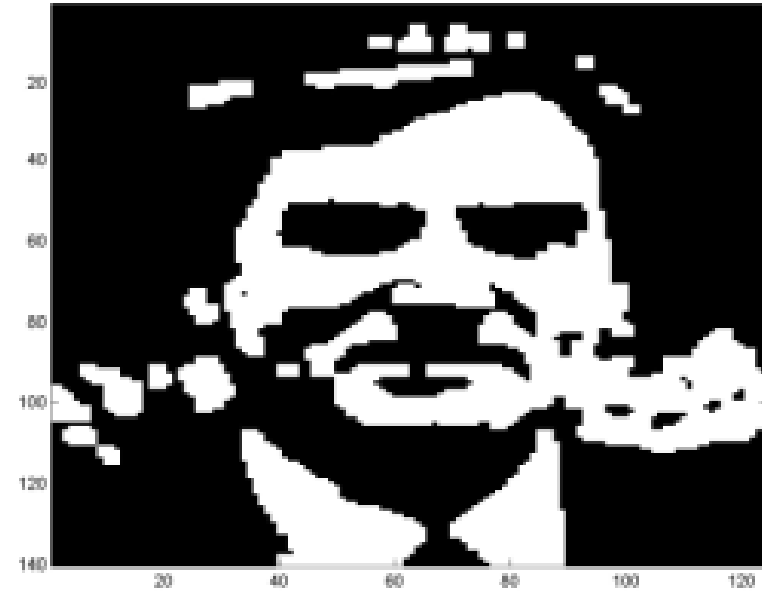
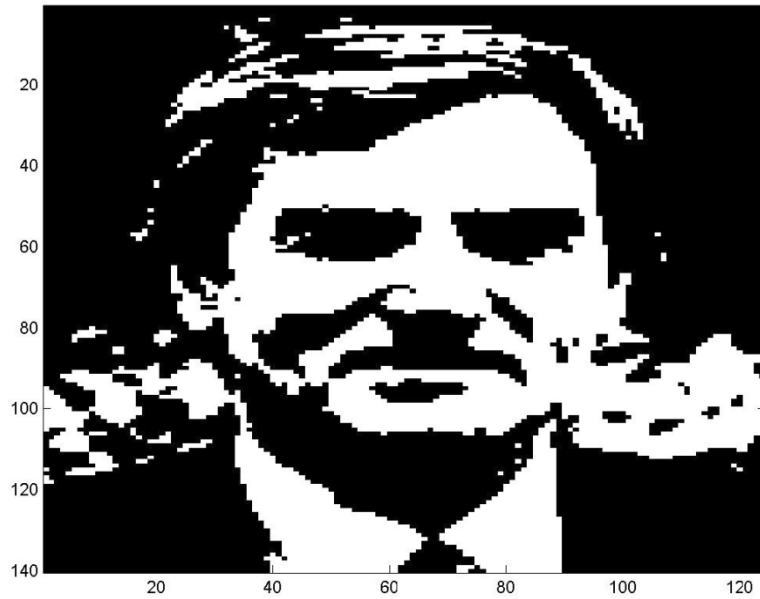
Elimine les pixels isolés et érode les contours des objets.



Dilatation

Elimine les trous
isolés et dilate les
contours des
objets

Filtres morphologiques



Ouverture

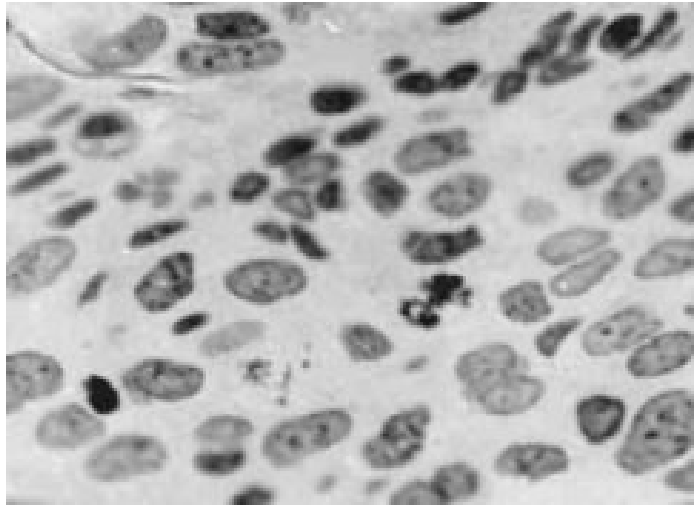
Erosion puis
dilatation

Filtres morphologiques

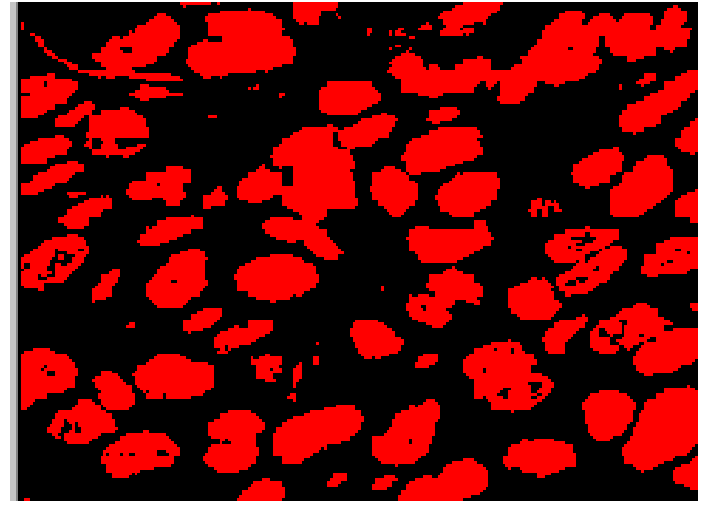


Fermeture

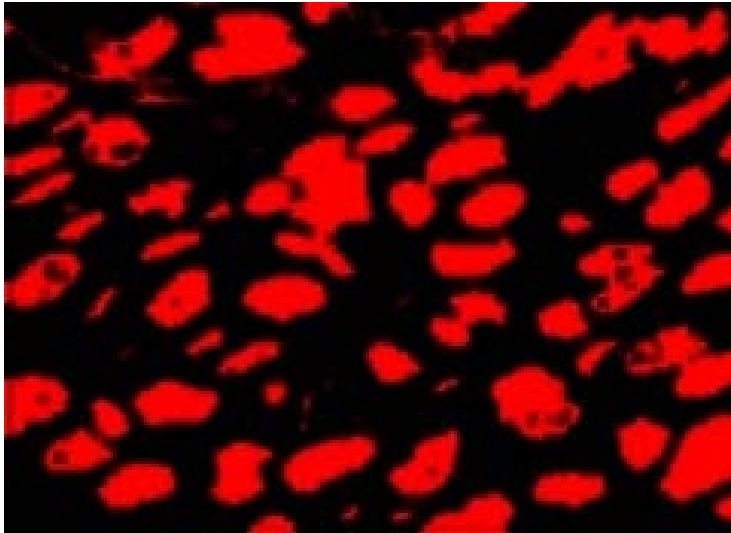
Dilatation puis
érosion

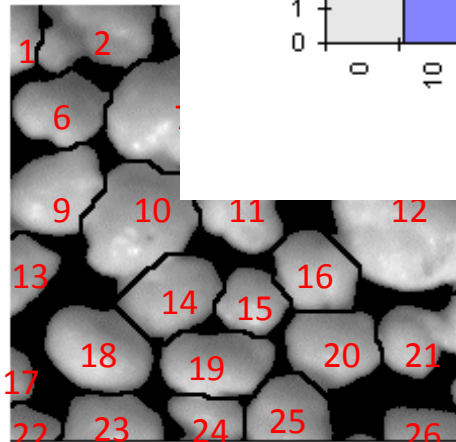
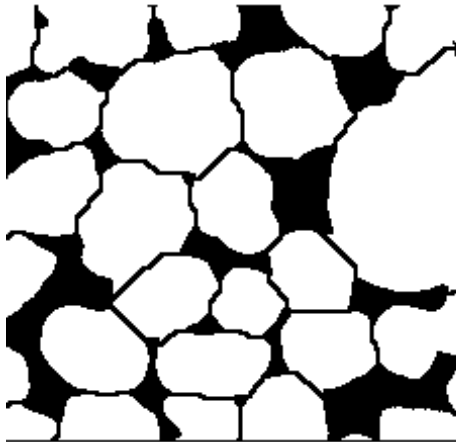
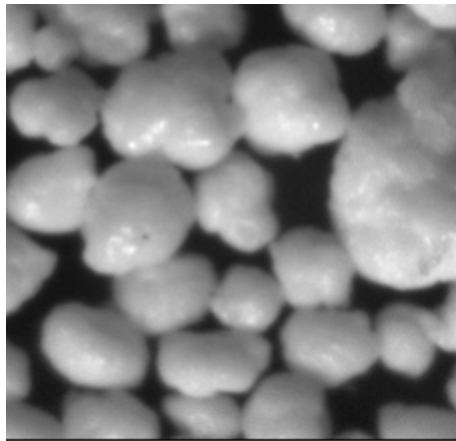


Seuillage

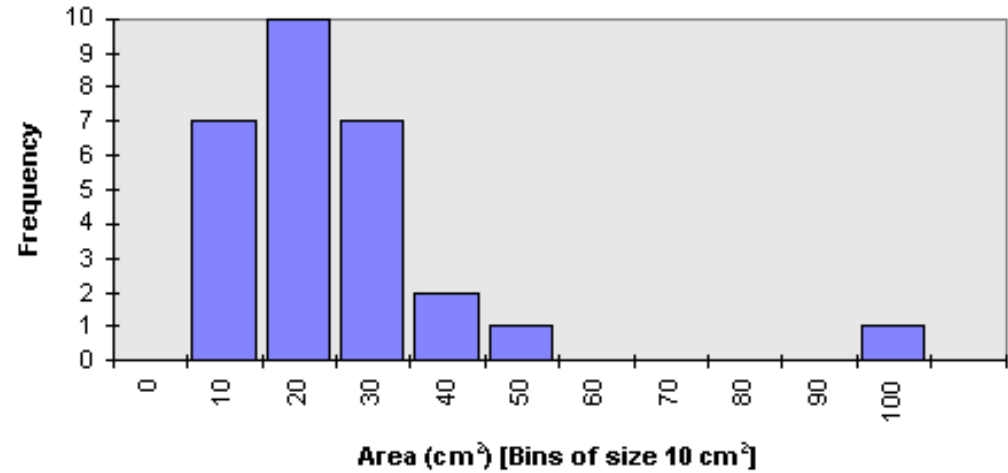


Erosion

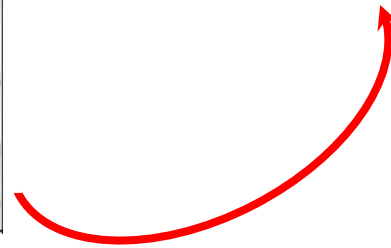




Histogram showing the Area Distribution of the Objects



Filtre Watershed
(Séparation des amas)



ImageJ : logiciel libre de traitement et d'analyse d'images, inspiré du logiciel NIH Image, développé par le NIH et implémenté par la communauté des scientifiques.

fonctionne sous de multiples plates-formes (Windows, Mac, Linux...).

disponible ainsi que toute la documentation associée à l'adresse suivante :

<http://rsbweb.nih.gov/ij/>

ImageJ possède de nombreuses fonctions, entre autres :

- affichage, édition, analyse, et traitement d'images 8, 16 ou 32 bits
- ouverture d'images multiformats : TIFF, GIF, JPEG, BMP, PGM ...
- ouverture de piles d'images, série d'images affichées dans une même fenêtre.
- calculs d'aires et valeurs de pixels de régions définies par l'utilisateur
- mesures de distances, mesures d'angles
- histogrammes, profils d'intensité le long d'une ligne
- modification de contraste, sharpening, smoothing, détection de bords, filtre médian...
- transformations géométriques : rotation, flip...
- automatisation des tâches par création de macros et de plugins.

→ initialement développé pour des applications biomédicales

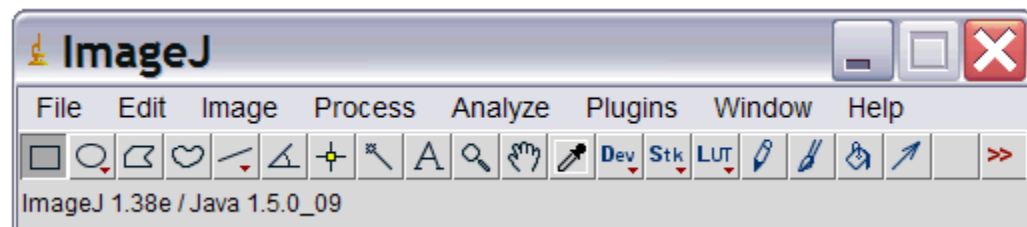
home | news | docs | download | plugins

ImageJ

Image Processing and Analysis in Java

- o Features
- o News
- o Documentation
- o Download
- o Plugins
- o Developer Resources
- o Applets/Web Start
- o Mailing List
- o Links

<http://rsbweb.nih.gov/ij/>



Barre de menu

File Edit Image Process Analyze Plugins Window Help

Barre d'outils

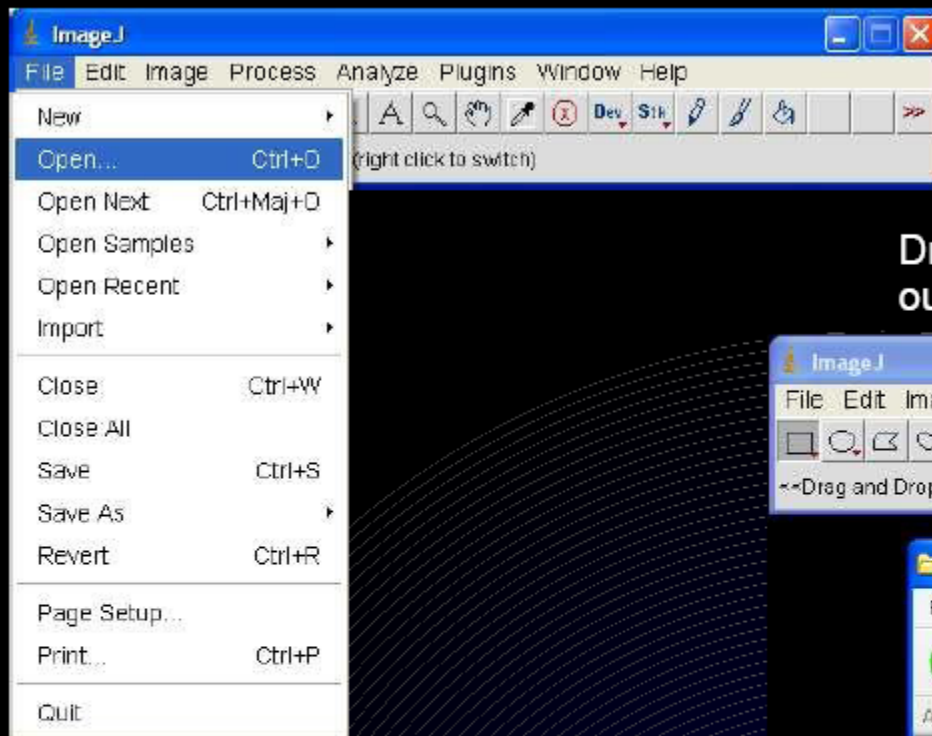


Barre d'état

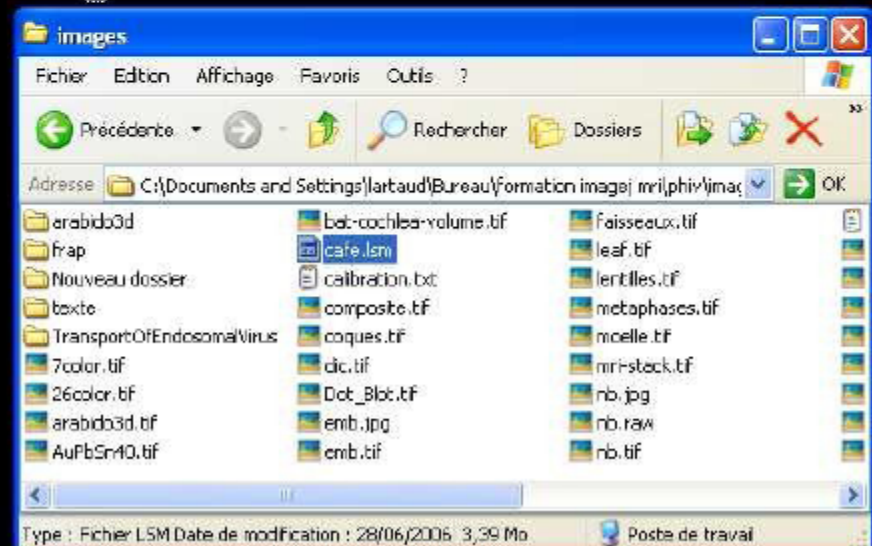
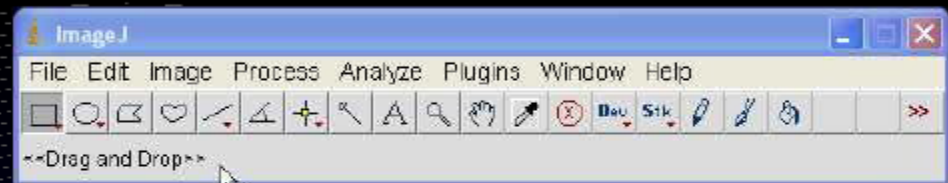
ImageJ 1.45c / Java 1.6.0_20 (32-bit)

Ouvrir une image dans ImageJ

File → Open...



Drag and Drop sur la fenêtre
ou l'icône



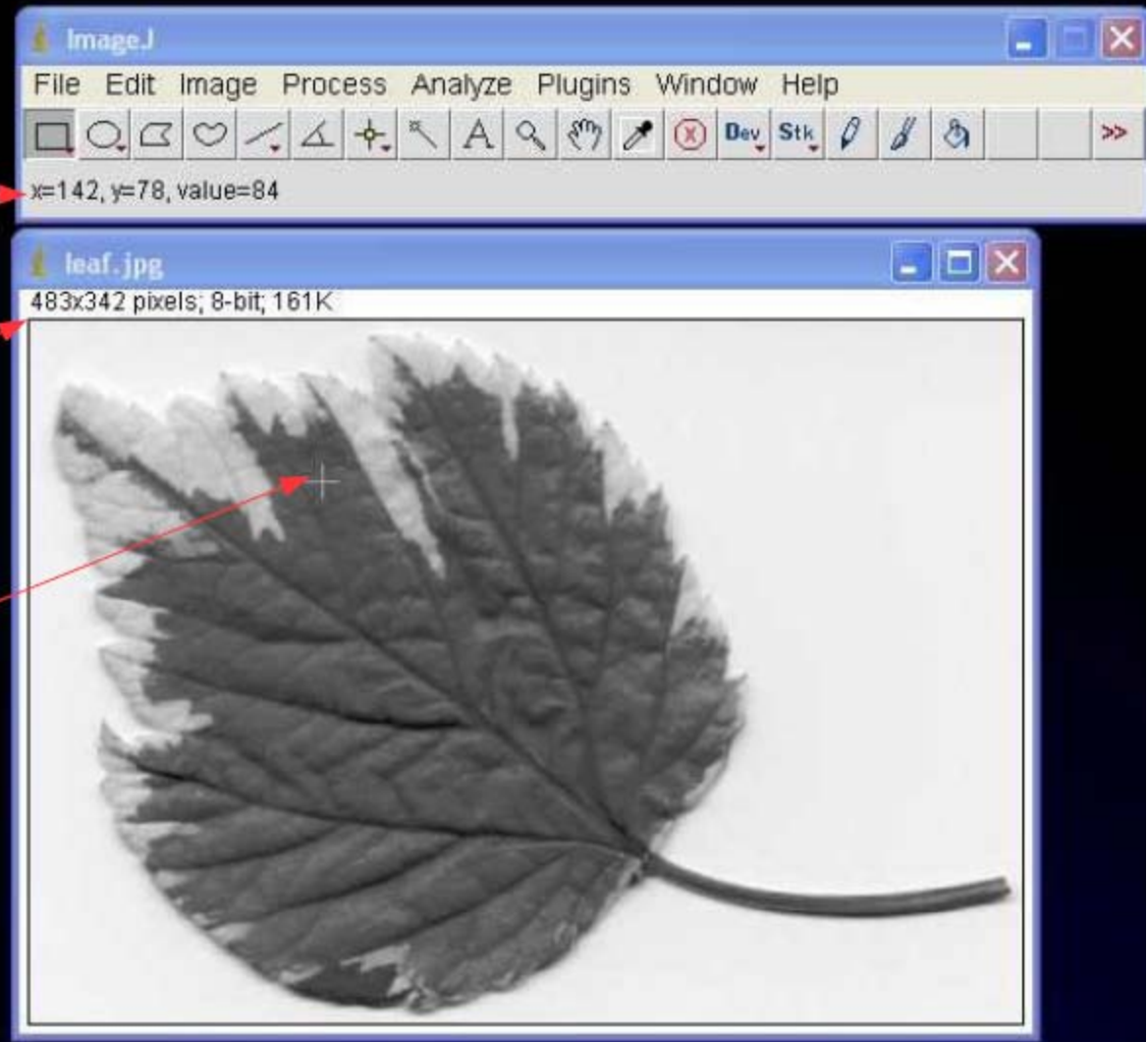
File → Open ...

Informations sur l'image

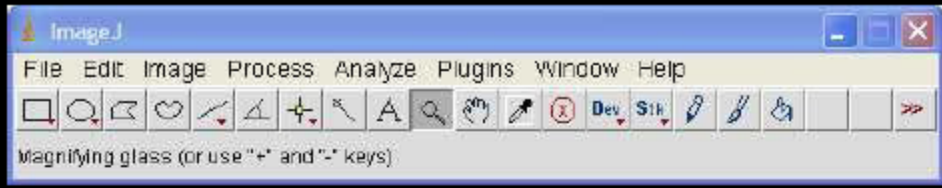
Informations sur le pixel
sous le curseur de la souris
position en x,y
et valeur en niveau de gris

Informations image

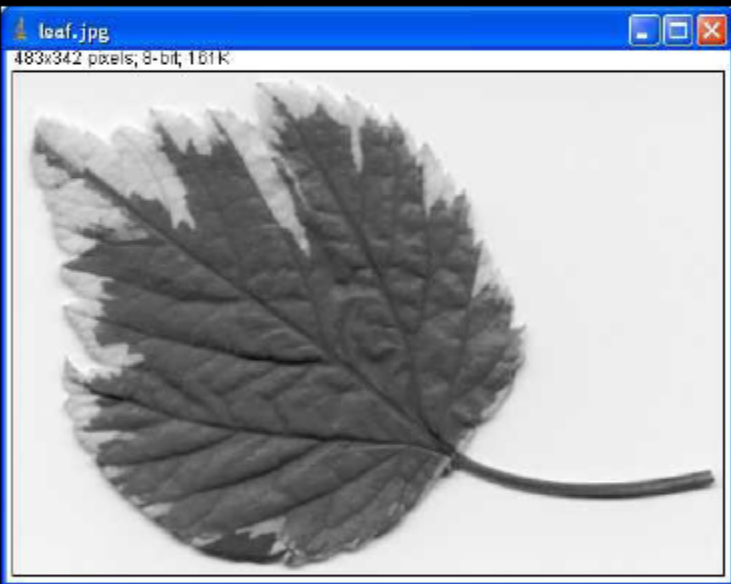
Curseur de souris



Zoom, touche +/-



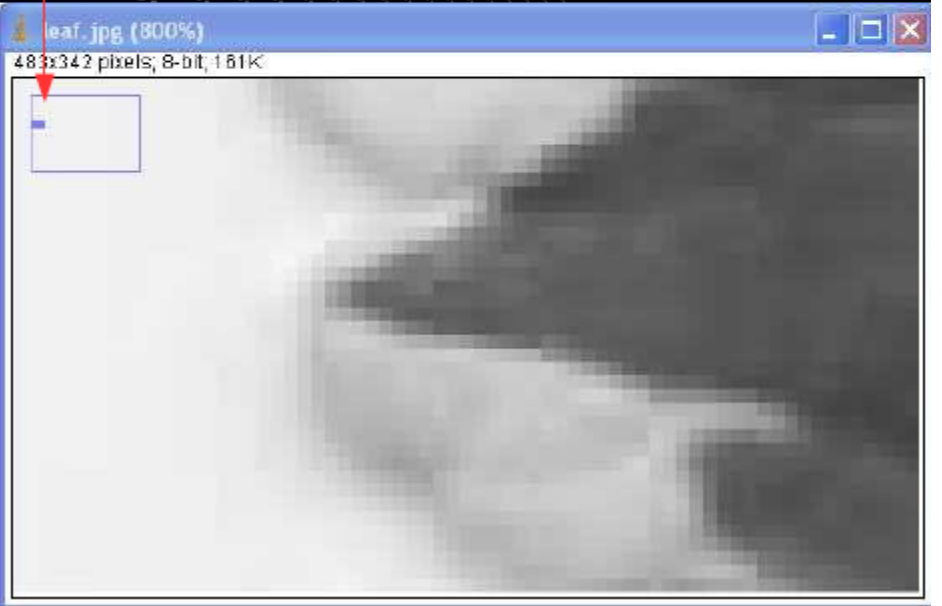
Touche « - »



Déplacement de l'image dans la fenêtre
Avec la souris et la barre d'espace appuyée

Zone affichée

Touche « + »



Outils de sélection (ROI)



Choix d'outils différents : Clic droit sur triangle rouge

✓ Rectangle Tool

Rounded Rectangle Tool

✓ Oval selections

Elliptical selections

Selection Brush Tool

✓ Straight Line

Segmented Line

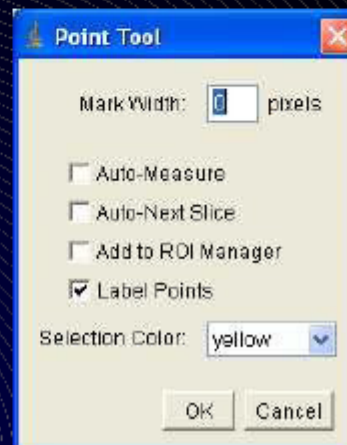
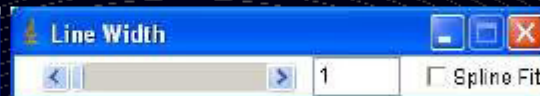
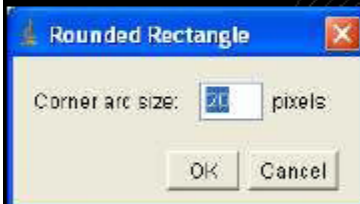
Freehand Line

Arrow tool

✓ Point Tool

Multi-point Tool

Options : Double clic sur l'icône de l'outil



Ajouter à la sélection : Maj-clic

Supprimer de la sélection : Alt-clic

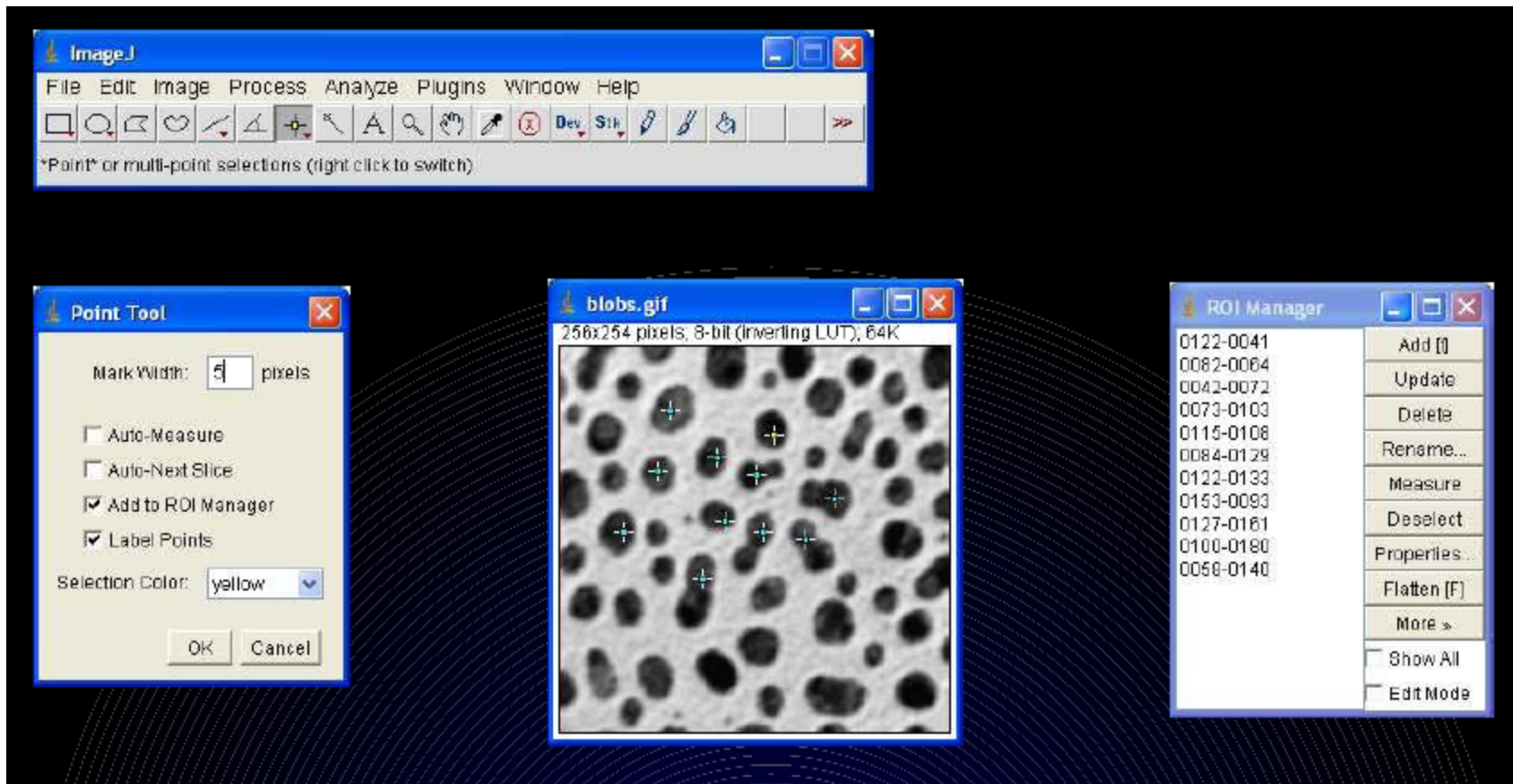
Retrouver la sélection : **Edit → Selection → Restore Selection**

ROI Manager

The screenshot illustrates the process of using the ROI Manager in ImageJ. The 'Analyze' menu is open, and the 'Tools' submenu is selected, highlighting 'ROI Manager...'. The 'ROI Manager' window is open, showing a list of regions: 'Cellule', 'Noyau', and 'Nucleole'. The 'Noyau' region is selected, and a context menu is open with 'Fill' highlighted. The main image shows a grayscale micrograph of a cell with a cyan outline for the 'Cellule' and a yellow outline for the 'Noyau'.

Analyse → Tools → ROI Manager...

Outils point pour le comptage d'objets



Histogramme

The screenshot displays the ImageJ interface with the 'Analyze' menu open, highlighting the 'Histogram' option. The 'Histogram of leaf' window is also visible, showing a histogram of the leaf image with the following statistics:

Count	Min	Max
164220	13	255
Mean: 171.116		
StdDev: 73.008	Mode: 238 (17065)	

Below the histogram, the 'List' button is active, showing the following values:

Value	Count
205	299

The 'leaf.jpg' window shows the original image with dimensions 476x345 pixels, 8-bit, and 160K. A blue box at the bottom left contains the text 'Analyse→Histogram'.

Seuillage

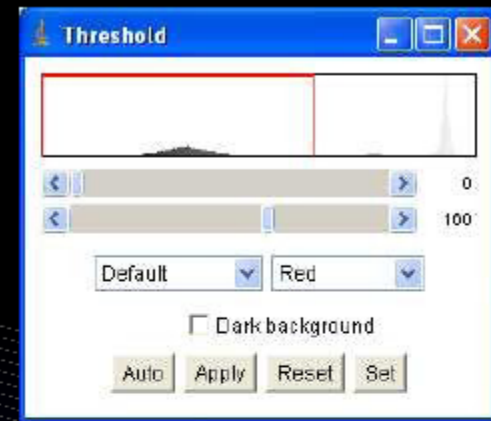
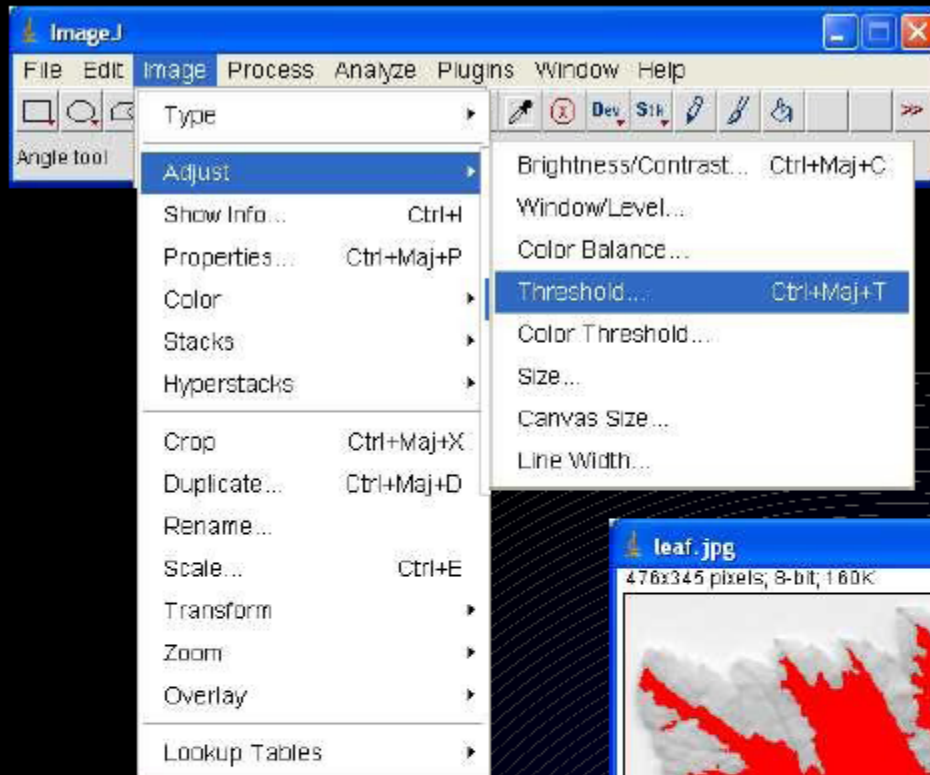


Image → Adjust → Threshold...

Mesures de ROI (sélection)

The screenshot displays the ImageJ interface with the 'Analyze' menu open, highlighting the 'Measure' option (Ctrl+M). The main window shows a grayscale image of a cell with a cyan boundary and a yellow selection box around a central dark spot. A 'Results' window is open, showing the following data:

File	Edit	Font	Results	
	Area	Mean	Min	Max
1	7154	81.665	0	141

Analyse → Measure

Volker BAECKER