

TP écologie du paysage: mise en œuvre de calculs de métriques paysagères sous CHLOE

Jacques Baudry (jbaudry@rennes.inra.fr)

Mis à jour: 16/02/2016

Ce document présente, brièvement, quelques métriques paysagères et autres concepts. Pour faire les exercices, il faut savoir manipuler CHLOE un minimum ou les faire avec un tuteur.

Objectif: mise en œuvre du calcul de métriques paysagères, de leur cartographie et de l'établissement de relations avec des données biologiques.

Le matériel mis à disposition:

- 1) Le logiciel CHLOE (<http://www6.rennes.inra.fr/sad/Outils-Produits/Outils-informatiques/Chloe>), logiciel libre d'analyse des structures paysagères fonctionnant sous JAVA. Il est donc nécessaire d'avoir installé JAVA sur son ordinateur au préalable
- 2) Des cartes de bocage et d'occupation du sol, des cartes de successions culturales
- 3) un fichier contenant des relevés d'abondance d'espèces virtuelles, représentative d'observations.

1- Calcul et cartographie de métriques de base

Ces métriques de base sont la densité d'éléments du paysage sur l'ensemble d'une carte ou dans de fenêtres de taille variable, l'hétérogénéité, le grain du paysage. Toutes les analyses sont faites sur des cartes raster au format ASCII (xx.asc). En format raster, les cartes sont constituées de pixels (comme les images satellites, les photos numériques).

Une carte en fichier ascii se présente de la façon suivante:

```
ncols 2000 = nombre de colonnes
nrows 3000 = nombre de lignes
xllcorner 304840.313773 longitude au point nord ouest de la carte
yllcorner 2388685.748879 latitude au point nord ouest de la carte

cellsize 5 = taille du pixel (5 mètres)
NODATA_value -1 = valeur attribuée à l'extérieur de la carte
Puis suivent les valeurs des pixels

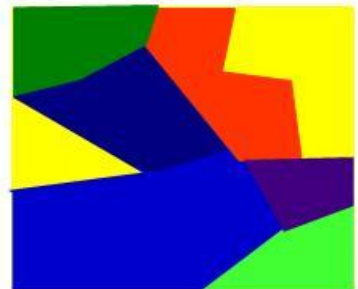
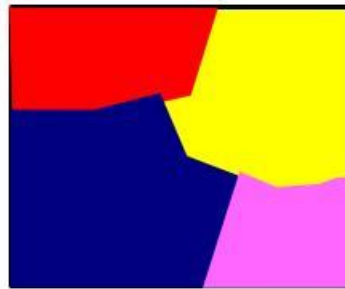
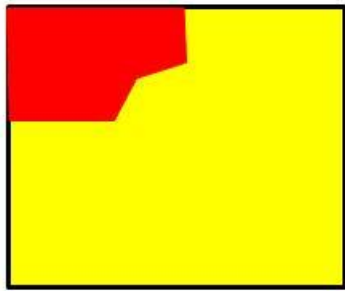
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -
1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -
....
3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -
1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2
2 2 2 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
....
```

Sur ces cartes, on peut faire des mesures, c'est à dire calculer des métriques qui permettent de caractériser les paysages ou des proportions de paysages.

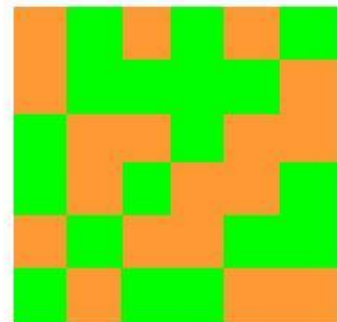
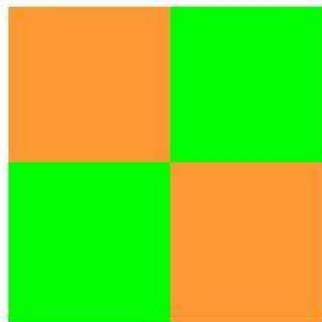
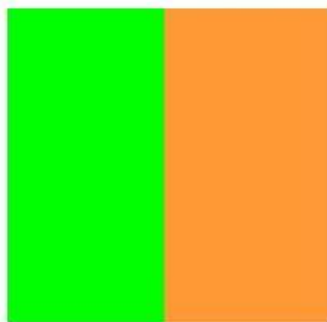
La densité = le nombre de pixels d'un élément / Nb de pixels total de la carte ou de la fenêtre. Quand on travaille avec des fenêtres, celles-ci peuvent ne pas être "pleine", en particulier sur le bord des cartes. Il faut décider si on les accepte avec un taux de remplissage donné ou si l'on veut ne travailler qu'avec des fenêtres pleines.

L'hétérogénéité = elle est basée sur la proportion de divers motifs dans le paysage, on utilise ensuite, généralement la formule de Shannon pour mesurer l'hétérogénéité. Si on s'intéresse aux composants du paysage, on aura la diversité. Si on s'intéresse aux structures spatiales, l'adjacence entre pixels est utilisée. On peut calculer une hétérogénéité globale portant sur les proportions des divers types de couples de pixels adjacents possibles ou ne s'intéresser qu'aux couples identiques ou différents. Ainsi, diverses mesures d'hétérogénéité sont obtenues.

Qu'est-ce que l'hétérogénéité ?



L'hétérogénéité augmente avec le nombre de types d'éléments



L'hétérogénéité augmente quand l'arrangement spatial se complexifie

Hétérogénéité = $-\sum p(i,j) \cdot \log(p(i,j))$ i et j = types d'occupation du sol (ou de tout autre typologie représentée sur la carte)

On trouve plusieurs mesures de l'hétérogénéité sous CHLOE issues de *Baudry & Burel, 1982*, reprise dans *Burel, F. & J. Baudry (1999). Ecologie du paysage : concepts, méthodes et applications. Paris, Lavoisier Tec & Doc.*

- **BBHI** : Baudry-Burel Heterogeneity Index = SHDI pour les couples $i,j \forall i \& j$
- **BBHCI** : Baudry-Burel Heterogeneity Composition Index = SHDI pour les couples homogènes (couples i,i avec $i=i$)
- **BBHSI** : Baudry-Burel Heterogeneity Structure Index = SHDI pour les couples non-homogènes (couples i,j avec $i \neq j$)
- **BBHEI** : Baudry-Burel Heterogeneity Evenness Index = SHEI pour les couples
- **BBHCEI** : Baudry-Burel Heterogeneity Composition Evenness Index = SHEI pour les couples homogènes

- **BBHSEI** : Baudry-Burel Heterogeneity Structure Eveness Index = SHEI
pour les couples non-homogènes

pour $i \neq j$ $p(i,j)$ ou $n(i,j)$ est une mesure des interfaces entre deux types d'occupation du sol différents.

Le grain = c'est une mesure de la taille des éléments du paysage. Nous l'utiliserons principalement pour mesurer le grain du bocage, c'est-à-dire l'influence du réseau de haies sur le paysage.

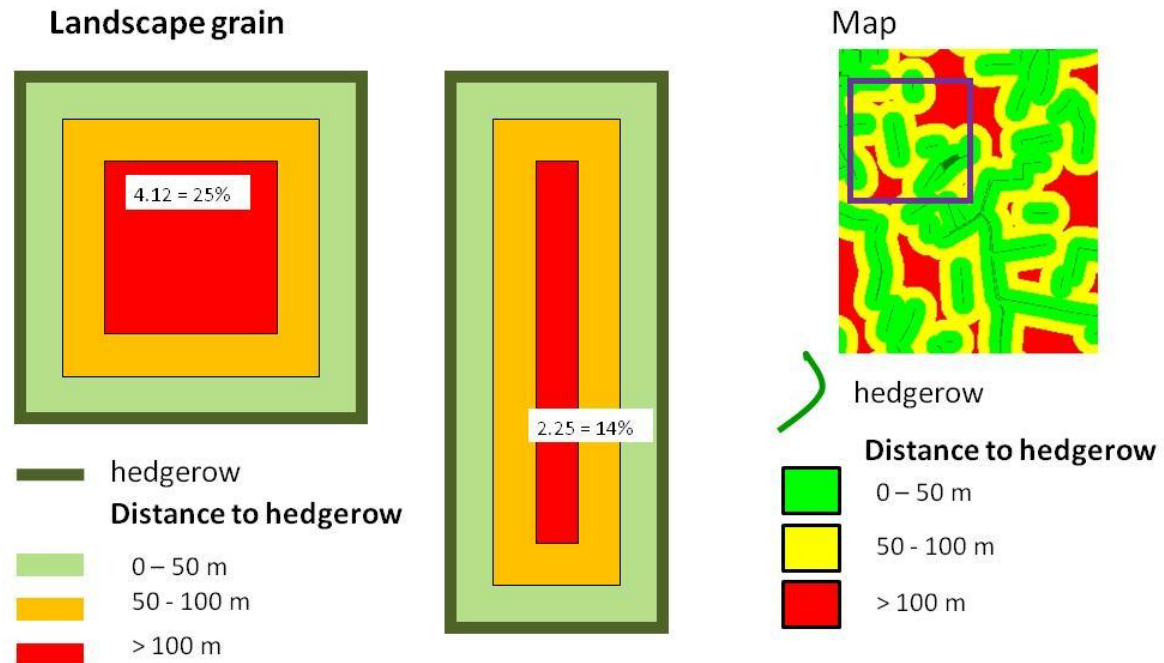
Le concept de grain bocager est illustré par la photographie ci-dessous:



On voit sur la photo l'ombre des arbres qui a ralenti la disparition de la gelée blanche sur la végétation herbacée. Regardons les deux parcelles 1 et 2. La parcelle 1 est allongée et l'ombre de certains arbres la traverse intégralement. La parcelle 2 est carrée et le centre est bien dégagé. Ainsi deux parcelles de taille équivalente, entourées de haies ont des caractéristiques écologiques

différentes. La densité de haies n'est pas le seul critère pertinent pour une caractérisation du réseau de haies.

Ceci est présenté avec plus de détail et une méthode de mesure par le schéma ci-dessous:



In a rectangular field, there is less land « far » to the surrounding hedgerow than in a square field

Le grain du réseau est mesuré avec la formule suivante:

$$LG(nc) = \frac{Pcnc + \sum_{i=2}^{nc-1} (i-1) * Pci}{(nc-1) - (nc-2) * Pcnc}$$

- Pour $nc = 3$,
 $\rightarrow LG(3) = (Pc2 + Pc3) / (2 - Pc3)$
- Pour $nc = 4$,
 $\rightarrow LG(4) = (Pc2 + 2*Pc3 + Pc4) / (3 - 2*Pc4)$
- Pour $nc = 5$,
 $\rightarrow LG(5) = (Pc2 + 2*Pc3 + 3*Pc4 + Pc5) / (4 - 3*Pc5)$

Dans le cadre de ces travaux pratiques nous utiliserons les quatre classes présentées sur la figure. Le grain sera d'autant plus fin que la proportion de surface en classe proche d la haie est élevée et inversement (Pc4 élevé) pour un grain grossier.

Références: Le Féon, V., F. Burel, R. Chifflet, M. Henry, A. Ricroch, B. E. Vaissière & J. Baudry (2013). "Solitary bee abundance and species richness in dynamic agricultural landscapes." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 166(0): 94-101.

Vannier, C., C. Vasseur, L. Hubert-Moy & J. Baudry (2011). "Multiscale ecological assessment of remote sensing images." *Landscape Ecology* 26: 1053-1069.

Les cartes disponibles:

Le répertoire "carto occsol" contient des cartes d'occupation du sol du site de Pleine-Fougères de 2006 à 2010 (PF06... PF10).

Le répertoire "carto bocage" contient un extrait de la carte des haies et des bois de Pleine-Fougères.

Nous allons utiliser "carto occsol"

Exercice 1a: métriques sur cartes entières

Lancer CHLOE et sélectionner "map" pour analyser des cartes entières.

Pour analyser l'ensemble des cartes, charger le répertoire "browse" dans "ascii grid input folder"

Choisir des métriques à calculer : 1) la quantité des différents types d'occupation du sol (value_1 etc.), 2) des quantités d'interfaces (couple_1_2 etc.) et 3) des métriques d'hétérogénéité (BBHCI, BBHI et BBSI).

Puis, préciser où mettre le "csv output file"

Et cliquer sur "run" pour lancer le calcul

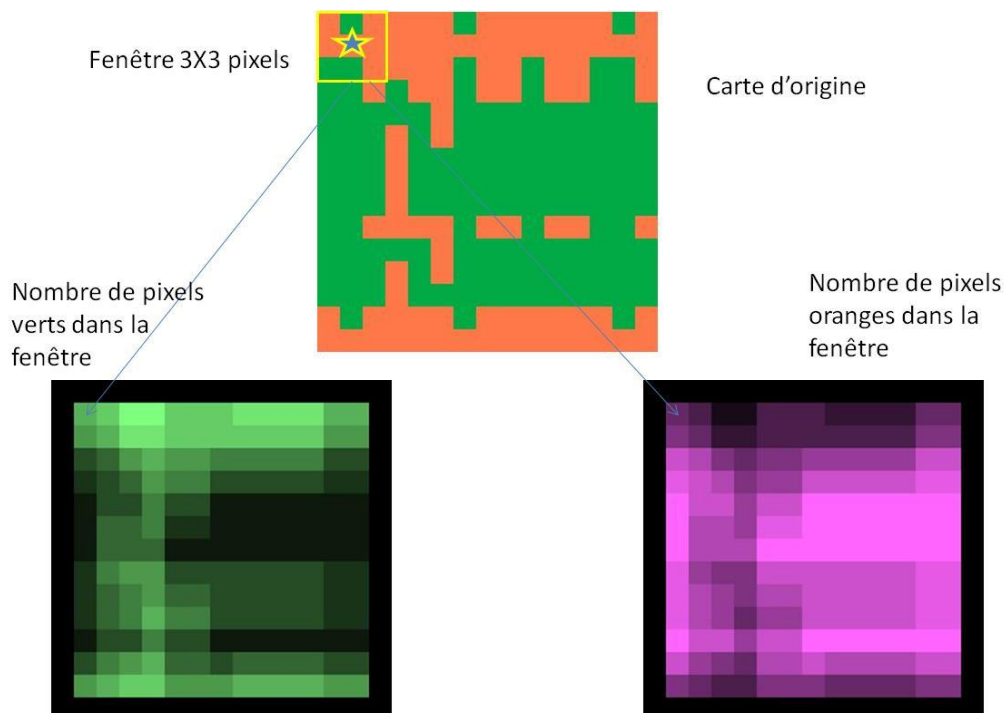
On va ensuite ouvrir le fichier csv de sortie

Commentez

Exercice 1B: métriques dans des fenêtres glissantes

Faire une analyse globale d'un paysage a un intérêt limité, le plus intéressant est de mettre en évidence une différenciation interne pour comprendre les variations de la biodiversité dans un paysage.

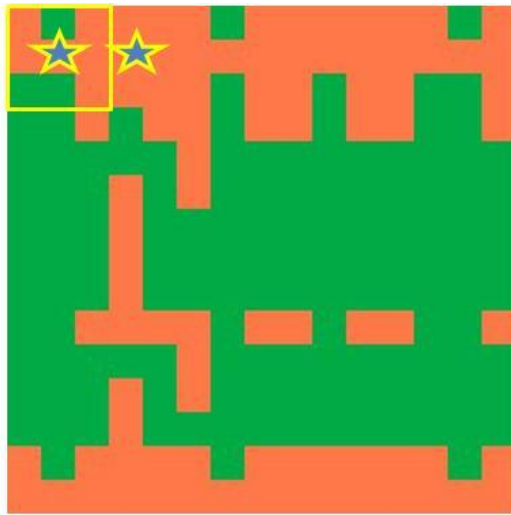
Principe de l'analyse par fenêtre



On part d'une carte ayant deux catégories (vert et orange). Une fenêtre d'analyse est centrée sur un pixel et a une certaine taille, ici elle a 3X3 pixels, soit neuf pixels. On compte le nombre de pixels verts et orange et on attribue ce nombre à un pixel dans deux autres cartes, ainsi de suite, de pixel en pixel. Evidemment, on ne peut centrer une fenêtre sur les pixels du bord, d'où la bande noire.

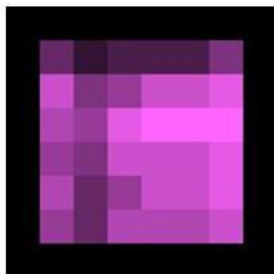
On obtient ainsi deux cartes de densité des deux types vert et orange. On peut recommencer l'opération avec des fenêtres de 5X5, 7X7 etc. La largeur de la fenêtre doit toujours être impair pour la centrer sur un pixel.

Généralement, on fait glisser la fenêtre de plus de un pixel, on obtient donc des cartes avec moins de pixels.



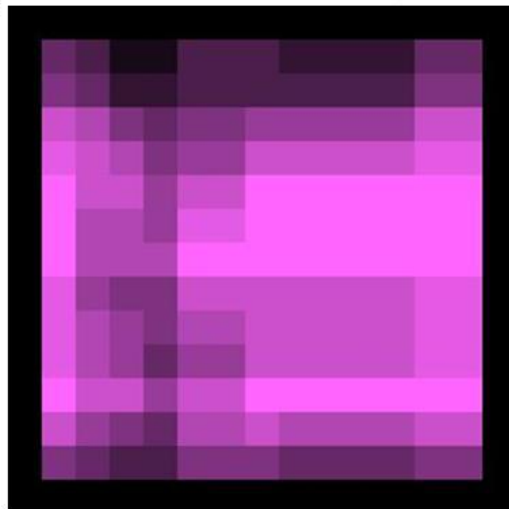
Échantillonnage 1 pixel sur 2

Une fenêtre tous les deux pixels



Nombre de pixels
oranges dans la
fenêtre

Une fenêtre tous les pixels



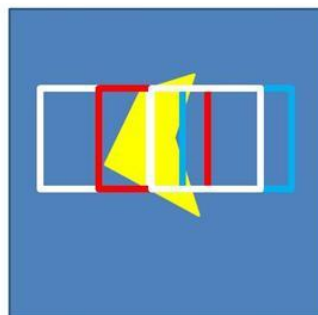
On fait, néanmoins les zones à forte ou faible densité de chaque type de pixel.

Par ailleurs, on utilise des fenêtres glissantes qui permettent d'avoir les variations progressives des valeurs des métriques, alors qu'une simple grille produit des coupures arbitraires.



Analyse par fenêtres glissantes. Les fenêtres se déplacent sur une distance telle qu'elles se chevauchent.

Intérêt des fenêtres glissantes



Avec une grille de mailles blanches, l'élément jaune de la carte n'est jamais pris dans son entier. Avec les fenêtres glissantes, il y en a au moins une dans laquelle cet élément sera dominant.

Exercice 2: métriques des réseaux bocagers

Sur CHLOE choisir "sliding windows" et charger la carte dans "carto bocage".

Charger "pfdhb" (pfdistance_haies_bois) la visualiser. Cette carte représente les haies et bois (code 1) de Pleine-Fougères et la distance aux haies et lisières de bois en trois classes: code 2= 0-50m; 3=50-100m et 4=>100m.

Nous sélectionnons des fenêtres circulaires de 31, 51 et 201 pixels, un déplacement de 5 pixels. Comme métriques nous utilisons value_1 qui donnera la densité de boisement et value_2, 3 et 4 qui serviront à calculer le grain.

Nous choisissons un répertoire pour les sorties et cliquons "run".

Nous regardons les cartes, puis le fichier csv.

Dans ce fichier, value_1 représente la densité de boisement.

Pour calculer le grain, nous utilisons les autres valeurs.

Plus on est loin de la haie, plus le grain du bocage est grand.

Ceci se calcule directement dans le fichier csv. On calcule le grain pour les deux tailles de fenêtres.

Ensuite, on regarde la relation entre la densité de boisement et le grain: commentez.

Exercice 3: mise en relation de métriques paysagères avec des variables biologiques

C'est évidemment l'objectif principal en écologie.

Deux exercices sont proposés, l'un portant sur les effets des réseaux de haies, l'autre sur ceux de la mosaïque des cultures.

Pour simplifier les analyses et que les aspects techniques des statistiques ne l'emportent pas sur la réflexion sur les effets du paysage, les données biologiques ont été simulées tout en étant conformes aux résultats publiés.

Les cartes sont des cartes réelles du site de Pleine-Fougères

Pour le bocage

Sont à disposition:

1) une carte (pfdhb.asc) qui représente les bois et les haies (codés 1) et des bande de distance à ces éléments boisés: 2: de 0 à 50 m; 3 de 50 à 100 m et 4 au delà de 100 m.

2) un fichier de points échantillon POINTSbocage.csv qui contient les coordonnées des points échantillons dans les haies

3) un fichier "variable bio bocage.xls" qui contient les coordonnées des points et la variable biodiversité (abondance d'une espèce vivant dans les haies et ayant besoin d'un bocage à grain fin).

Exercice:

sous CHLOE,

1) choisir "selected" pour une analyse par points

2) charger le fichier pfdhb.asc, l'afficher

3) choisir des fenêtres circulaires

4) choisir les tailles de buffer: 21, 51 et 101 pixels

5) charger le fichier des coordonnées des points

6) comme variable de sortie, choisir "value_1" et LG4; La première donnera le nombre de pixels dans chaque fenêtre, la seconde le grain du bocage, ici sur une carte à 4 valeurs.

7) créer un répertoire de sortie

8) ne garder que l'exportation du xx.csv

9) run

Mise en relation des métriques paysagères et de la variable de biodiversité

1) construire les fichiers pour les analyses, en intégrant la variable biodiversité dans les fichiers des métriques

2) construire les graphes des relations entre les métriques et la variable biodiversité

3) discuter les résultats

Pour la mosaïque des cultures

Sont à disposition:

- 1) une carte (ocsolpf2007.asc) qui représente l'occupation du sol à Pleine-Fougères en 2007; 1= routes et bâti; 2= bois et haies; 3= ; 4= ; 5= céréales d'hiver (blé) et 7= maïs
- 2) un fichier de points échantillon ptmais.csv qui contient les coordonnées des points échantillons dans les maïs
- 3) un fichier varbio_mais.xls qui contient les coordonnées des points et la variable biodiversité (abondance d'une espèce vivant dans les maïs).

Exercice:

sous CHLOE,

- 1) choisir "selected" pour une analyse par points
- 2) charger le fichier ocsolpf2007.asc, l'afficher
- 3) choisir des fenêtres circulaires
- 4) choisir les tailles de buffer: 21, 51 et 101 pixels
- 5) charger le fichier des coordonnées des points
- 6) comme variable de sortie, choisir value_5 et value_7 pour la quantité de blé et de maïs par fenêtre; puis couple_2-5, couple_2-7 et couple_5-7 pour mesurer les interfaces entre bois ou haies et blé ou maïs et entre blé et maïs.
- 7) créer un répertoire de sortie
- 8) ne garder que l'exportation du xx.csv
- 9) run

Mise en relation des métriques paysagères et de la variable de biodiversité

- 1) construire les fichiers pour les analyses, en intégrant la variable biodiversité dans les fichiers des métriques
- 2) construire les graphes des relations entre les métriques et la variable biodiversité
- 3) discuter les résultats

Exercice 4: cartographie des métriques dans des fenêtres de taille variable
--

Analyser une carte avec des fenêtres de taille variable

Dans le menu de la première page de CHLOE, sélectionnez "sliding" pour "fenêtre glissante". Nous n'analysons qu'une seule carte (pf07) que l'on charge dans "ascii grid input file" on va la chercher dans "carto occsol".

On visualise la carte "visualize".

Il faut ensuite choisir la forme de la fenêtre "square" "circle" ou "functional". Nous n'utilisons pas cette dernière option dans ce TP.

En général, on choisit "circle" car les fenêtres sont centrées sur un point et un cercle donne un ensemble de pixels équidistants, ce qui n'est pas le cas du carré.

Ensuite: "window sizes (pixels)". On entre la taille du diamètre des fenêtres en pixels. On entre 31, 51 et 201. Calculez la taille en mètres.

Ensuite "delta of displacement (pixels)" est le nombre de pixels pour le déplacement des fenêtres. On choisit de plus ou moins les superposer pour avoir une analyse "en continue". "Grid" est une analyse par grille de fenêtres contigües. On entre 20. On pourra, en fin de TP voir les effets de ce changement de déplacement.

Nous n'utilisons pas les filtres et nous passons directement au choix des métriques (CHLOE a reconnu que la carte contient des données "qualitatives", CHLOE peut aussi calculer sur des données quantitatives.

Nous choisissons les métriques d'hétérogénéité, des métriques d'adjacence et de composition.

Créer ensuite "output folder", le répertoire dans lequel seront mis les fichiers de sortie.

On "export csv file" et "export ascii grid output" (ce qui donnera une carte par métrique et par taille de fenêtre et on demande à visualiser les cartes " visualize ascii grid output".

Cliquer sur "run".

"export" permet de créer un fichier contenant les paramètres de l'analyse. Ils pourront être importés pour refaire l'analyse.

Cette analyse est un peu longue, profitons en pour poser des questions.

Les résultats arrivent. Nous commençons par regarder les cartes à l'écran. Comme nous sauvegardons les .asc, il est toujours possible de les visualiser ultérieurement.

Analyse des données dans les fichiers .csv.

Exercice 5: effet de la résolution thématique sur la valeur des métriques

recoder la carte pf06w, refaire les analyses "map" (carte entière et voir les effets de la résolution thématique sur les sorties.

Pour ce faire, on va sur la page d'accueil de CHLOE et sous "util" on sélectionne "search and replace".

D'abord regrouper les cultures (codes 5,6 et 7) en code 5

Faire l'analyse "map"

Puis regrouper tout ce qui est agricole, c'est-à-dire regrouper prairies (4) et cultures (5) en "4"

Refaire les analyses.

Comparer les résultats obtenus avec les différentes résolutions thématiques.

Exercice 6 : cartographier le grain

Tous les résultats de calculs peuvent être cartographiés. Retournons dans CHLOE et choisissons "export ascii grid from csv " pour faire la carte du grain.

Input le csv file dans lequel les calculs de grain ont été faits. Choisir les variables à cartographier "grain 201" et grain31".

Pour faire une carte, il faut un référentiel géographique, celui-ci est fourni par l'analyse précédente (pfdistance_haies_bois_header), on va alors sur "import header from ascii file". On choisit un répertoire de sortie puis "run" et les cartes apparaissent.

Commentez