

L'objectif de ce temps de TD est de s'initier au logiciel Fragstat pour mettre en œuvre des calculs d'indices paysagers. Ce document donne aussi des indications sur d'autres types d'analyses que vous pourrez tester en dehors du TD. Il s'inspire très largement du chapitre 7 de l'ouvrage de Gergel et Turner (2002) et d'un TD de F. Calatayud pour un Master supagro Toulouse.

Toutes les analyses s'effectuent sur des images en mode raster. Fragstat est complémentaire de R qui pour l'instant ne calcule pas d'indice au niveau du paysage.

Pour rappel, une image en mode raster est une grille définie par une résolution (la taille du pixel) et un compte numérique (entier ou nombre réel).

Fragstats est téléchargeable sur le site suivant :

<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

A Quelques rappels des interventions précédentes : Les bases du calcul des métriques paysagères

I. Trois niveaux d'analyse

Le patch : groupe de pixels de même type directement voisins (il conviendra de définir une règle de voisinage). Cela implique d'identifier chaque patch dans le paysage.

La classe : le regroupement de patches qui partagent une modalité commune (les patches de forêt, d'agricole, d'urbain).

Le paysage : Tous types de patches confondus.

II. La composition du paysage

Les indices les plus simples traitent de la composition du paysage.

Exemples : La proportion de paysage occupée par la catégorie i est un calcul de base :

III. La structure du paysage

La structure du paysage traite de l'arrangement spatial des taches d'occupation du sol de différentes manières. 5 composantes de cette structure sont prises en compte par des métriques traitant de la surface des taches, des lisières, du cœur des taches, du contraste ou de l'agrégation des taches.

Ces métriques vont dépendre souvent de la règle définissant le voisinage entre les pixels. Par exemple, le nombre total de taches dépend de la manière dont on définit l'appartenance à une tache (règles des 4 voisins ou des 8 voisins par exemple).

Une lisière est partagée entre deux cellules de catégories différentes dont un côté (et non un coin) d'une cellule est adjacent à une autre cellule (on retrouve la règle des 4 voisins).

B-Visualisation des données sous R

Le fichier qui vous est fourni correspond à un extrait de paysage que vous allez tout d'abord représenter sous R. Il comprend 203 colonnes et 202 lignes pour l'extrait de paysage et un en-tête avec des lignes d'information situées en haut du fichier (copiées dans ods_coteaux_2km_1_L93_header.txt si vous voulez les visualiser).

Vous pouvez le visualiser sous R grâce aux packages *raster* et *rgdal*:

```
library(raster)
library(rgdal)
```

```
ra<-raster("ods_coteaux_2km_1_L93.asc")
plot(ra)
ra
```

```
#Il faut indiquer qu'on est en lambert 93 :
crs(ra) <- "+proj=lcc +lat_1=49 +lat_2=44 +lat_0=46.5 +lon_0=3 +x_0=700000 +y_0=6600000 +ellps=GRS80
+towgs84=0,0,0,0,0,0 +units=m +no_defs"
#plot(ra)

#on peut remplacer les background (99) par des 12 pour que le 'plot' soit plus beau
ra[which(ra]==99)]<-12
plot(ra)
#res(ra)

#ensuite on écrit en geotif
writeRaster(x=ra, filename="ods_coteaux_2km_1_L93.tif", overwrite=TRUE)
ra2<-raster("ods_coteaux_2km_1_L93.tif")
ra2
```

C. Utilisation de Fragstats pendant le TD

I. format de fichier

Fragstat travaille sur des cartes rasters (ascii, ArcGrid sous certaines conditions d'installation, ERDAS,...). Fragstats gère une palette de format de fichiers raster relativement riche, incluant le format *GRID* d'arcGIS pour peu qu'il s'agisse d'une version antérieure à la 10.1. Tous les pixels doivent avoir une valeur, il faut éviter la valeur 0.

Le format *geotiff* est particulièrement pratique car le logiciel lira directement dans l'en-tête les informations relative à la résolution et à la spatialisation des données. Toutefois, les sorties geotiff de fragstats lorsque l'on utilise des fenêtres mobiles entraînent des problèmes d'affichage sous ArcMAP ou sur QGIS...

II. Découverte de Fragstats et paramétrage des fonctions de base :

Fragstat peut calculer une centaine d'indices, le plus dur étant de choisir et d'interpréter...

Lancez Fragstats. La nouvelle interface 4.2 est particulièrement intuitive et agréable à utiliser. Cliquez sur l'icone « *New* » pour commencer un nouveau projet.

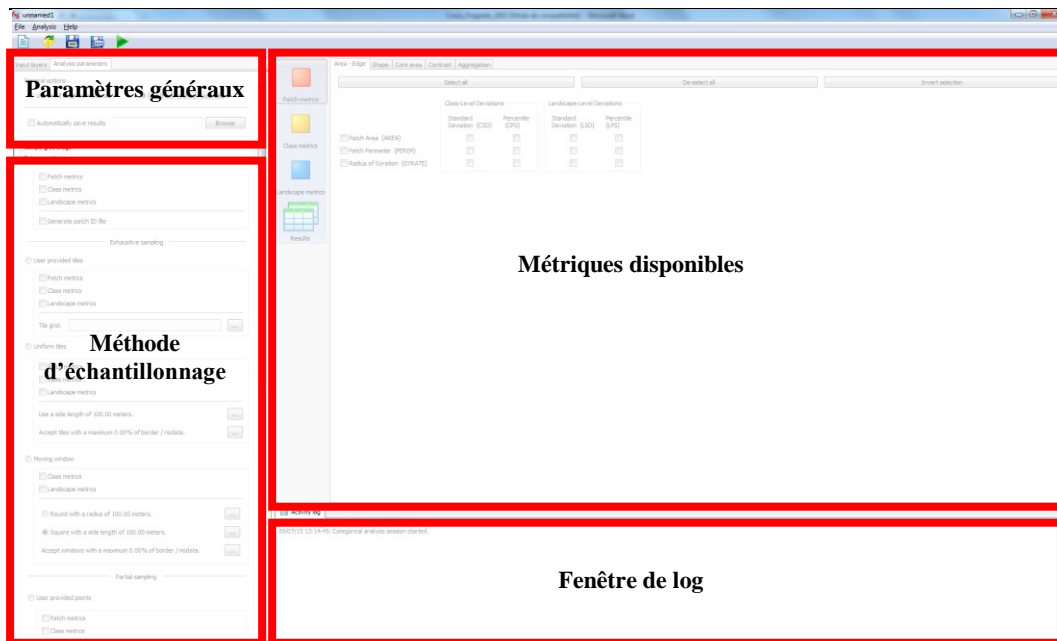
La partie de gauche de l'écran est relative au paramétrage.

Pour commencer, sélectionnez un fichier sur lequel travailler. Cliquez sur « *Add layer* ».

Choisissez le type de données sur lequel vous souhaitez travailler (ici on peut choisir le format geotiff qui évite d'avoir à paramétrer manuellement les valeurs de taille de raster (nb de lignes et de colonnes), de taille de pixel, de valeur de données manquantes. Toutes ces valeurs figurent pour information dans l'en-tête du fichier ASCII (ods_coteaux_2km_1_L93_header.txt).

Il est également possible d'ajouter un fichier de propriétés de classe (*class descriptor*). Ce fichier optionnel permet d'attribuer un libellé au numéro de code des modalités d'occupation du sol. Cela aidera donc à rendre les résultats plus lisibles. Il permet également de désactiver éventuellement certaines modalités de l'analyse ou de les recoder en contexte d'arrière-plan (*Background*) sur lequel l'analyse ne portera pas. Celui de vos données s'appelle *class_prop.txt*.

Vous pouvez désormais choisir les paramètres d'analyses (*Analysis parameter*).



- 1) Il est tout d'abord possible de choisir des paramètres généraux, comme la règle de voisinage sur laquelle travailler (4 ou 8 cellules), ainsi que la possibilité de sauvegarder automatiquement les résultats.
- 2) Viennent ensuite 7 grands types d'analyses basées sur des stratégies d'échantillonnage variées :
 - Pas d'échantillonnage : le logiciel va traiter l'image entière et retourner la ou les métriques demandées au niveau du patch, de la classe ou toutes classes confondues. Pour le niveau patch il sera possible de construire un raster avec un identifiant par patch.
 - Echantillonnage sur la base de tuiles fournies par l'utilisateur.
 - Echantillonnage sur la base de tuiles uniformes de forme carrée dont la taille est paramétrable et posées automatiquement par le logiciel.
 - Echantillonnage sur la base de fenêtres mobiles rondes ou carrées dont la taille est paramétrable.
 - Echantillonnage sur la base buffers ronds ou carrés dont la taille est paramétrable autour de points fournis par l'utilisateur sous la forme d'un fichier texte contenant leurs coordonnées.
 - Echantillonnage sur la base buffers ronds ou carrés dont la taille est paramétrable et positionnés de manière aléatoire (sans recouvrement).
 - Echantillonnage sur la base buffers ronds ou carrés dont la taille est paramétrable et positionnés de manière aléatoire (avec recouvrement).

Concrètement, le résultat sera :

- Soit une sortie tabulaire renvoyant la ou les métriques choisies pour le niveau d'analyse sélectionné (patch, classe de patch, paysage global, c'est à dire toutes modalités d'occupation du sol confondues).
 - Soit une sortie sous forme de raster basée sur une analyse par fenêtre mobile renvoyant pour chaque pixel de la carte de départ une valeur pour la métrique choisie et selon le niveau d'analyse sélectionné (classe de patch ou paysage dans son ensemble, c'est à dire tous patches confondus). Ce type d'analyse se comporte comme un filtre de lissage : une fenêtre de taille et de forme définie par l'utilisateur se déplace sur l'image et attribue au pixel central de la fenêtre une valeur calculée sur la base d'un algorithme donné (la métrique choisie, par exemple la taille moyenne des patches) et sur la base des pixels voisins (présents dans la fenêtre).
- 3) Le choix des métriques disponibles pour chaque niveau d'analyse (patch, classe, paysage).
 - 4) Une fenêtre de log qui va donner à l'utilisateur un retour sur les choix effectués et notamment avertir celui-ci d'un éventuel oubli ou d'un paramètre manquant ou erroné.

Pour une analyse « standard » de calcul de quelques métriques sur un paysage, choisissez une approche sans échantillonnage, demandez la création d'un fichier d'identifiant de patches, et effectuez le calcul de quelques métriques au niveau du patch, des classes et du paysage (toutes classes confondues).

Choisissez donc « *No sampling* » et sélectionnez les options « *Patch metrics* », « *Class metrics* », « *Landscape metrics* » ainsi que « *Generate patch ID file* ». Cette dernière option va permettre à l'utilisateur de visualiser les différents patches identifiés par Fragstats afin de leur faire correspondre les métriques qui auront été calculées.

Les métriques peuvent être choisies à chaque niveau d'analyse sélectionné. Pour chaque niveau, les métriques sont regroupées par grande famille (celles relatives à la surface ou aux bordures, celles relatives à la forme, celles relatives à la zone centrale (*core area*), celles relative au contraste et celles relative à l'aggrégation. Pour les analyses réalisées au niveau du paysage dans son ensemble, un onglet est ajouté et rassemble les métriques relatives à la diversité.

Par exemple :

- Au niveau du patch, choisissez la métrique « *Patch Area* » (Onglet *Area-Edge*).
- Au niveau de la classe de patch, pour l'onglet « *Area-edge* » choisissez les métriques « *mean patch area* » et « *median patch area* ».
- Au niveau du paysage dans son ensemble (« *Landscape metrics* »), pour l'onglet « *Area-edge* » choisissez les métriques « *mean patch area* » et « *median patch area* ».

Cliquez sur l'icone « *Run* », puis « *Proceed* » dans la fenêtre qui se sera ouverte. Avec un paysage de taille limitée, le résultat est instantané, mais si votre emprise de travail est grande les résultats peuvent demander un certain temps. Ce temps de calcul est accru lors des analyses par fenêtres mobiles et peut aller jusqu'à plusieurs jours voire semaines...

Pour l'analyse au niveau des patches, ceux-ci sont identifiés par un numéro en commençant de gauche à droite et de bas en haut. Pour cela, Fragstats crée un fichier ASCII consultable dans un éditeur de texte et « spatialisant » les différents patches identifiés par leur numéro de code. Ce fichier s'intitule MonNomDeFichier_id (par exemple *ods_coteaux_2km_1_L93_id8.txt*). Ouvert dans un éditeur de texte ce fichier se présente sous la forme d'une matrice de même dimension que le fichier de départ (203*202 cellules).

Le nombre de patches dépend de la règle de voisinage des cellules. Il est également possible d'intégrer ce raster dans un SIG en rajoutant l'en-tête du fichier de départ ou de le visualiser sous R. Si l'on travaille avec un fichier de départ au format Geotiff, le raster identifiant les patch sera alors directement dans ce format.

Les résultats sous forme tabulaire sont accessibles en cliquant sur l'icone « *Results* » (deux tableaux superposés au milieu de l'écran). Ils sont classés par niveau d'analyse et ordonnés dans trois onglets. En cas de besoin il est tout à fait possible d'exporter ces résultats sous la forme de fichiers texte (un par niveau d'analyse).

D- Autres fonctions utiles de Fragstat (à tester après le TD)

I. Utilisation des fenêtres mobiles

Le calcul de métriques paysagères par fenêtres mobiles va permettre de caractériser le paysage à un niveau local (la fenêtre). A l'itération suivante, la fenêtre se décalera d'un pixel vers la droite et recalculera la métrique. La juxtaposition de ces valeurs calculées donnera une matrice de taille potentiellement plus petite que le raster de départ en raison d'un effet de bord (le calcul ne peut se faire que pour des pixels pouvant être au centre de la fenêtre, c'est-à-dire à une distance des bords de l'image au moins égale à la moitié de la taille de la fenêtre). Cet effet de bord peut en effet être paramétré et l'on peut choisir d'accepter un certain pourcentage de la fenêtre situé en dehors de l'image ou contenant des données manquantes. Cette matrice de valeur en sortie peut alors être convertie en raster et visualisée sous R ou dans n'importe quel SIG pourvu que l'on y adjoigne les lignes d'en-tête habituelles permettant de décrire le raster (nombre de lignes, de colonnes, coordonnées du pixel en bas à gauche, taille du pixel, code de données manquantes). La carte obtenue rend compte de la métrique au pas considéré. Trop petite la fenêtre ne saisira pas la diversité du paysage voire créera des artefacts. Trop grande, la fenêtre lissera tout le paysage et gommara la variation nécessaire aux analyses statistiques... La détermination d'une taille de fenêtre pertinente est donc un enjeu en soi.

Paramétrage :

Le paramétrage de ce type d'analyse est sensiblement le même que précédemment... Il suffit de spécifier qu'il s'agira d'une analyse en fenêtres mobiles (*Moving windows*), de déterminer le niveau d'analyse (*class metrics* ou *landscape metrics*) et de choisir la taille et la forme de la fenêtre. Il est à noter que les analyses au niveau du patch ne sont plus réalisables. Une fois ce paramétrage réalisé, l'analyse peut être lancée comme précédemment. Pour une image de départ de petite taille, le calcul est rapide, mais il peut devenir particulièrement lourd si le fichier de départ et/ou si la fenêtre sont grands...

Sur la base du fichier précédent (*ods_coteaux_2km_1_L93.txt*), réalisez une analyse par fenêtre mobile avec des fenêtres carrées de 1000 mètres de côté en utilisant la taille moyenne de patch comme métrique calculée au niveau du paysage.

Les données en sortie sont enregistrées dans un nouveau dossier intitulé *Mon_nom_de_fichier.txt_mw1*.

Spatialisation des résultats :

Convertissez les fichiers de sorties en raster après y avoir adjoint l'en-tête du fichier de départ et enregistré le fichier de sortie au format *.txt*.

Attention : Les données manquantes reçoivent en sortie le code -99 au lieu de -9999 comme spécifié pour les données d'entrée. Il convient donc de réécrire l'en-tête en donnant le code -99 comme code de données manquantes. L'en-tête devient alors :

```
Ncols 201
Nrows 201
Xllcorner 512212.074338
Yllcorner 1812188.1251055
Cellsize 10
NODATA_value -99
```

Dans le cas où l'on utiliserait des données au format Geotiff, on pourra utiliser l'outil « Définir les propriétés de raster » dans la boîte à outil idoine d'ArcGIS pour changer le code des données manquantes en -99. Il faudra alors importer de nouveau le raster dans ArcMap pour que ce changement soit pleinement effectif.

Attention : les données seront de type « réel » (Float).

II. Le mode Batch

Le mode « standard » de Fragstats permet de calculer une ou plusieurs métriques pour un paysage et d'avoir une sortie tabulaire, mais dans la réalité nous aurons rarement à disposition un seul paysage... Au contraire, ce type de calcul sera à faire sur plusieurs paysages, voire plusieurs dizaines ou centaines...

Fragstats propose différentes solutions pour cela :

- Soit en utilisant une des méthodes d'échantillonnage (cf C.II.2).
- Soit en utilisant un calcul par lot (en mode *batch*).

Cette deuxième approche se fera en trois phases :

- Une phase de préparation des données
- Une phase d'écriture du *batch* (un fichier texte qui orientera Fragstats vers le raster correspondant à chaque paysage et lui indiquera comment celui-ci est structuré).
- L'import de ce fichier dans Fragstats et le paramétrage des métriques paysagères choisies.

Les sorties seront sous forme d'un tableau qui pourra être enregistré au format texte et ouvert dans un tableur.

1) Préparation des données :

Cette première étape va consister à créer autant de rasters qu'il y a de paysages tout en leur donnant un identifiant permettant de les retrouver facilement. L'outil *Geospatial Modelling Environment* qui fonctionne en interface avec le logiciel R fait cela très bien (www.spatialecology.com). L'outil *Cliprasterbypolys* se paramètre de manière très intuitive et créera un dossier contenant les 5 rasters nécessaires à l'analyse. Ces données sont dans le dossier intitulé *Batch*.

2) Ecriture du batch :

Le fichier de *batch* proprement dit va consister en un fichier texte compilant les propriétés de chaque raster (nombre de lignes, de colonnes, code pour les données manquantes, taille de cellule), le code pour le contexte ne participant pas à l'analyse (99 dans notre cas), le nombre de bandes à récupérer du fichier de départ, format du fichier). Ce fichier doit être au format *.csv* et peut être créé très facilement avec un tableur, même s'il doit comprendre plusieurs milliers de lignes.

La structure de ce fichier est la suivante :

Chemin vers le fichier, Taille de cellule, Code pour le contexte, Nombre de lignes, Nombre de colonnes, Bandes à retenir, Code pour les données manquantes, Format des données.

Pour les formats de fichier ayant un en-tête, le *Geotiff* par exemple dans notre cas, les données qui y sont relatives (résolution, nombre de lignes et colonnes, code pour les données manquantes) peuvent être remplacées par x.

Chemin vers le fichier	Taille de cellule	Code pour le contexte	Nb de lignes	Nb de colonnes	Bande retenue	Code NoData	Format
H:\...\batch\clp1.tif	x	99	x	x	1	x	IDF_GeoTIFF
H:\...\batch\clp2.tif	x	99	x	x	1	x	IDF_GeoTIFF
H:\...\batch\clp3.tif	x	99	x	x	1	x	IDF_GeoTIFF
H:\...\batch\clp4.tif	x	99	x	x	1	x	IDF_GeoTIFF
H:\...\batch\clp5.tif	x	99	x	x	1	x	IDF_GeoTIFF

Il suffit alors d'exporter ce fichier au format .csv en ayant auparavant supprimé la ligne d'intitulé de colonne. Appelons le *Batch_coteaux.csv* et enregistrons le dans le dossier où sont stockés nos rasters. Le fichier obtenu est alors consultable depuis un éditeur de texte et prend la forme suivante :

H:\...\batch\clp1.tif,x,99,x,x,1,x,IDF_GeoTIFF
H:\...\batch\clp2.tif,x,99,x,x,1,x,IDF_GeoTIFF
H:\...\batch\clp3.tif,x,99,x,x,1,x,IDF_GeoTIFF
H:\...\batch\clp4.tif,x,99,x,x,1,x,IDF_GeoTIFF
H:\...\batch\clp5.tif,x,99,x,x,1,x,IDF_GeoTIFF

3) Import dans Fragstats et paramétrage des analyses:

Pour l'import dans Fragstats, dans l'onglet *Input layers* sélectionner l'option *Import Batch* et sélectionner le fichier que nous venons de créer. Il est possible de choisir le même fichier de description des classes que nous avons utilisé jusque là (optionel). Et enfin choisir le type d'analyse que nous souhaitons effectuer.

En l'occurrence, nous allons calculer uniquement les tailles moyenne et médiane de patch au niveau du paysage (c'est-à-dire toutes modalités du sol confondues).

Le calcul est très rapide et le résultat peut soit être consulté via l'interface graphique de Fragstats soit être exporté.

LID	AREA_MN	AREA_MD
H:\...\batch\clp1.tif	4.1476	2.51
H:\...\batch\clp2.tif	4.0845	2.78
H:\...\batch\clp3.tif	8.6736	2.06
H:\...\batch\clp4.tif	3.0399	1.95
H:\...\batch\clp5.tif	5.5588	2.715

Bibliographie :

- Baker, W.L. and Y. Cai. 1992. The r.le programs for multiscale analysis of landscape structure using the GRASS geographical information system. *Landscape Ecology* 7(4):291-302.
- Boussard, H. & Baudry, J. 2014. Chloe212 : a software for landscape pattern analysis (<http://www.rennes.inra.fr/sad/Outils-Produits/Outils-informatiques/Chloe>)
- Gergel S.E. & Turner M.G. 2002. Learning landscape ecology. A practical guide to concepts and techniques. Springer, NY.
- McGarigal K. & Marks B.J. 1995. Fragstats: spatial analysis program for quantifying landscape structure. In. USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR.
- Gustafson, E. J. 1998. Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art. *Ecosystems*:143-156.
- Pasher, Jon, S W Mitchell, D J King, L Fahrig, A C Smith, and K E Lindsay. 2013. Optimizing landscape selection for estimating relative effects of landscape variables on ecological responses. *Landscape Ecology*. 28(3): 371-383.

Site web Fragstats : <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

Site web Patch analyst et Patch grid: <http://flash.lakeheadu.ca/~rrempel/patch/>

Site web CHLOE2012 : <https://www6.rennes.inra.fr/sad/Outils-Produits/Outils-informatiques/Chloe>

Site web Geospatial Modelling Environment : <http://www.spatial ecology.com/gme/>