

Modélisation des réseaux écologiques par la théorie des graphes

Aide à l'utilisation de Graphab

FICHE 2 | CRÉER UN PROJET GRAPHAB



Clauzel C., Gaber C., Godet C., 2020. Fiches méthodologiques pour la prise en main de Graphab. LADYSS-SNPN Source des images : X. Girardet.



La mise en place d'un nouveau projet Graphab s'effectue à partir du menu : *Fichier / Nouveau projet.*

L'utilisateur doit renseigner plusieurs fenêtres successives : identification du projet, importation de la carte de paysage, création d'un jeu de liens. Un projet correspond à l'exploitation d'une seule carte de paysage, mais il peut comporter plusieurs jeux de liens et plusieurs graphes.

Afin de faciliter leur compréhension, les fiches sont complétées par un exemple fictif affiché en bleu. Dans cet exemple, nous prenons comme espèce cible, une espèce fictive de petit mammifère herbivore : la licorne naine. Son habitat (lieu de reproduction) correspond aux forêts. Elle fréquente également les prairies et zones agricoles. Elle évite les zones urbaines ainsi que les routes. Sa distance de déplacement quotidienne est estimée à 200m et sa distance maximale de dispersion à 650m. **Dans l'exemple, nous avons fait des choix de paramétrage qui ne sont qu'indicatifs. Ces choix doivent être adaptés à l'écologie de l'espèce, au contexte paysager et à l'objectif de votre travail.**

Dans la première fenêtre, l'utilisateur doit indiquer le nom du nouveau projet et le chemin vers le répertoire où le projet sera créé.

CRÉER UN PROJET À PARTIR D'UNE CARTE DE PAYSAGE

Nouveau pro	ojet			8
Nom du projet	Projet1			
Chemin	/home/gvuidel/	/Bureau/Proje	et1	



IMPORTATION DE LA CARTE DE PAYSAGE ET DÉFINITION DES NŒUDS (TACHES D'HABITAT)

La deuxième fenêtre concerne l'importation de la carte de paysage. Celle-ci doit être un fichier au format Tiff (*.tif), dans lequel la valeur de chaque pixel renvoie à une catégorie (occupation du sol ou autre type de classification). Le fichier doit obligatoirement être géoréférencé et l'unité du système de coordonnées de l'image doit être en mètre.

Carte du paysage /gvuidel/data_graphab/extrait1000/source.tif Code de l'habitat Connexité des taches e 4-connexité B-connexité Code hors zone 10 *
Connexité des taches Connexité Connexité Connexité B-connexité Code hors zone Code hors zone Connexité
4 5 Code hors zone 10 * 6 8
9
Taille min. de l'habitat 0 C ha

Paramètres	Explication
Connexité des taches d'habitat	Connexité 4 : une tache est constituée du pixel central et des 4 pixels adjacents par le côté s'ils ont la même valeur
	Connexité 8 : une tache est constituée du pixel central et des 8 pixels adjacents par le côté ou le sommet s'ils ont la même valeur
	Ce choix influence la définition des taches (ci-contre) : 3 taches d'habitat en connexité 4 ; 1 seule tache en connexité 8 .
	\checkmark Le choix de connexité peut se faire en observant la répartition et la forme des taches d'habitat. Dans le cas de taches allongées (zones humides le long de cours d'eau par exemple), il est parfois préférable de choisir la connexité 4 pour éviter un étirement trop important des taches d'habitat, mais au risque de démultiplier le nombre de taches (cf. exemple ci-dessous).
	Pixels d'habitat Graphe en connexité 4 Graphe en connexité 8



Code hors zone	Code des pixels correspondant à l'absence de valeurs dans le fichier raster (souvent l'extérieur de la zone d'étude, ici en noir).
Code de l'habitat	Code dans la carte de paysage correspondant à l'habitat utilisé pour la définition des taches. Il faut cliquer sur la valeur du pixel correspondant à l'habitat (par exemple les mares pour des amphibiens). Plusieurs codes peuvent être sélectionnés en maintenant la touche Ctrl
Taille min de l'habitat	Surface minimale en <u>hectare</u> pour qu'une tache d'habitat deviennent un nœud du graphe. A utiliser lorsque l'espèce étudiée a besoin d'une surface minimale d'habitat (domaine vital) pour accueillir une population (information souvent disponible dans la littérature).
Simplifier les taches pour graphe planaire	Permet d'accélérer la création d'un graphe planaire en simplifiant les limites des polygones des taches. Attention : ne pas cocher cette option dans le cas d'une comparaison de graphes planaires par exemple quand on analyse les conséquences de changements d'occupation du sol sur la connectivité. Le processus de simplification étant aléatoire, la création de deux graphes planaires pour une même carte de paysage peut engendrer des limites de polygones légèrement différentes.

(1) – Pour notre exemple fictif, une carte du paysage simplifiée a été créée contenant 4 catégories (dans un cas réel, le nombre de catégorie serait plus important, souvent autour d'une quinzaine).

* 3 +/Y

Valeur du pixel	Type d'occupation du sol
1	Forêt
2	Cultures/Prairies
3	Surfaces en eau
4	Route/Bâti





Fig1- en haut : la carte du paysage adaptée à l'écologie de la « licorne naine ». à gauche : Fenêtre pour importer la carte du paysage dans Graphab

(2) – Le code 1 correspond aux forêts, habitat de la licorne naine, il est sélectionné dans la fenêtre « code de l'habitat ». Le hors zone ne correspond à aucune valeur dans la carte de paysage, la mention (None) est laissée telle quelle. La taille minimale de l'habitat est laissée à zéro car la licorne naine peut se reproduire dans un habitat de faible superficie.



CRÉATION D'UN JEU DE LIENS

La troisième fenêtre concerne la création d'un jeu de liens entre les taches. C'est à partir de ce jeu de liens que seront retenus les liens potentiellement utilisables par l'espèce considérée formant ainsi les corridors entre les taches d'habitat. La création d'un jeu de liens implique la sélection de plusieurs paramètres : la topologie (planaire / complète) et la pondération (distance euclidienne / distance-coût).

Planaire Complet Supprimer les liens Dist max traversant des taches Enregistrer les chemins Distance Euclidienne Euclidienne Coût à partir de la carte du paysage Code Cost 1 1 2 1 3 1 4 1 5 1 Colic, pente	Planaire Complet Supprimer les liens traversant des taches Dist max 0 2 Court apartir de la carte du paysage Impédance Coût à partir de la carte du paysage © Coût cumulé 1 1 2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 8 1	Planaire Complet Dist max <th>Planaire Complet Dist max Dist max Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max Dist max </th>	Planaire Complet Dist max Dist max Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max 0 Dist max Dist max
Supprimer les llens traversant des taches Dist max 0 : bistance Impédance Impédance 6 Coût à partir de la carte du paysage Impédance 1 1 1 2 1 3 1 4 1 5 1 6 Calc. pente	Supprimer les liens traversant des taches Euclidienne Coût à partir de la carte du paysage Coût cost 1 1 1 2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 8 1	Dist max 0 : Supprimer les liens traversant des taches Enregistrer les chemins stance Euclidienne Coût à partir de la carte du paysage Coût à partir de la carte du paysage Coût cost 1 1 1 3 1 1 4 1 6 1 6 1 8 1 Calc. pente Coef	Dist max 0 : Dist max 0 : Dist max 0 : Enregistrer les chemins Distance Euclidienne Code Cost 1 1 1 2 1 3 1 Pente
□ upprmer tes tiens traversant des taches Impédance • Euclidienne • Coût à partir de la carte du paysage • Impédance • Code Cost • Longueur du che 1 1 • Longueur du che 2 1 3 1 4 1 5 1 • Calc. pente	Supprimer les uens traversant des taches Enregistrer les chemins sance Euclidienne Coût à partir de la carte du paysage Code Cost 1 1 1 2 1 3 1 Pente Calc. pente	Supprimer ves uens traversant des taches Enregistrer les chemins Stance Euclidienne Coût à partir de la carte du paysage Impédance Code Cost 1 1 3 1 4 1 5 1 6 1 8 1 Calc. pente Coef	supprimer les uens traversant des taches Enregistrer les chemins istance Euclidienne Code Cost 1 1 1 2 1 3 1 d 1 Pente Pente
istance © Euclidienne © Coût à partir de la carte du paysage Code Code Cost 1 1 1 3 1 4 1 5 1 Calc. pente	Euclidienne Coût à partir de la carte du paysage Coût à partir de la carte du paysage Coût cumulé Code Cost 1 1 1 1 Colte and the second secon	stance Euclidienne Coût à partir de la carte du paysage Coût à partir de la carte du paysage Coût cumulé Coût cumulé	istance Euclidienne Coût à partir de la carte du paysage Code Code Cost 1 2 1 3 1 Pente
Coût à partir de la carte du paysage Coût à partir de la carte du paysage Code Code Cost 1 1 1 1 3 1 4 1 5 1 Calc, pente	Euclidienne Coût à partir de la carte du paysage Code Cost 1 1 1 2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 Calc. pente Calc. pente	Euclidienne Coût à partir de la carte du paysage Code Cost Code Cost Congueur du chemin Code Cost Congueur du chemin Code Code Cost Congueur du chemin Code Code Code Code Code Code Code Code	Euclidienne Coût à partir de la carte du paysage Code Cost 1 1 3 1 d 1 Pente
Coût à partir de la carte du paysage Code Cost 1 1 2 1 3 1 4 1 5 1 Cole Cost Code Cost Cost Code Cost Cost Code Cost Cost	Coût à partir de la carte du paysage Code Cost 1 1 2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 8 1	Coût à partir de la carte du paysage Code Cost Code Cost Congueur du chemin Code Cost Congueur du chemin Congueur du che	Coût à partir de la carte du paysage Code Cost 1 1 2 1 3 1 Pente
Code Cost © Coût cumulê 1 1 2 1 3 1 4 1 5 1 Calc. pente	Code Cost © Coût cumulê 1 1 1 2 1 1 3 1 1 4 1 1 5 1 6 6 1 Calc. pente	Code Cost © Coût cumulé 1 1 1 2 1 1 3 1 4 5 1 6 6 1 Calc. pente 9 1 Calc. pente	Code Cost 2 1 3 1 4 1 Pente
Code Cost Content of the second seco	Code Cost Contention 1 1 1 2 1 1 3 1 1 4 1 1 5 1 1 6 1 1 8 1 1	Code Cost Condect 1 1 1 2 1 1 3 1 1 4 1 1 5 1 1 6 1 1 9 1 1	Code Cost Condect 1 1 1 2 1 1 3 1 Pente
1 1 1 Longueur du che 2 1 3 1 4 1 5 1 Calc, pente	1 1 2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 8 1	1 1 1 2 1 3 1 4 1 6 1 8 1 9 1 Congueur du chemin Dente Calc. pente	1 1 Longueur du cher 2 1 3 1 Pente
2 1 3 1 4 1 5 1 Calc. pente	2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 Calc. pente	2 1 3 1 4 1 5 1 6 1 Calc. pente Calc. pente	2 1 3 1 Pente
3 1 Pente 4 1 5 1 Calc, pente	3 1 4 1 5 1 6 1 Calc. pente	3 1 Pente 4 1 Calc. pente 5 1 Calc. pente 8 1 Coef	A Pente
5 1 Calc. pente	5 1 6 1 8 1	5 1 6 1 8 1 9 1 Calc. pente	
Calc. pente	6 1 Calc. pente	6 1 8 1 9 1 Coef 1	5 1
0 1	8 1	8 1 9 1 Coef 1	6 1 Calc. pente
8 1		9 1 Coef 1	8 1
9 1 Coef 1	9 1 Coef 1 C		9 1 Coef 1
 Coût à partir d'un fichier raster 	Coût à partir d'un fichier raster	Coût à partir d'un fichier raster	O Coût à partir d'un fichier raster
8 1 9 1 Coef 1	9 1 Coef 1		3 1 6 1 8 1 9 1 Coef

Paramètres	Explication
Topologie [cf. Fiche 1 pour plus d'explications]	Topologie planaire : liens entre taches « voisines » Moins réaliste, calcul plus léger, facile à visualiser
	Topologie complète : liens entre toutes les taches Plus réaliste mais calculs lourds
	Distance max : Option <u>conseillée pour la topologie complète</u> afin de préciser un seuil de distance au-delà duquel les liens ne sont plus créés. Elle permet de limiter le nombre de liens créés et d'accélérer la création des liens en topologie complète en supprimant les liens exagérément longs.
Supprimer les liens traversant des taches	Option cochée : les liens traversant les taches sont supprimés
	Cette option permet de ne pas créer de lien entre deux taches (A et C) passant par une tache intermédiaire (B).
	P Elle doit être cochée si la métrique de centralité intermédiaire (BC, voir fiche 3- Métriques) est calculée pour prendre en compte la fréquence avec laquelle chaque tache se trouve sur les plus courts chemins liant les paires de nœuds sur le graphe.



Distance	Principe de la distance euclidienne (rouge) et de la distance coût (noir)	
	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	
	 Distance euclidienne : les liens sont calculés en distance euclidienne (parcours à vol d'oiseau entre les taches), ce qui revient à considérer la matrice comme uniforme (rarement utilisée). Distance coût : les liens sont calculés en distance-coût. L'hétérogénéité de la matrice est prise en compte en assignant des valeurs de coût (ou résistance) aux classes paysagères. L'utilisateur peut activer cette possibilité de deux façons : en indiquant les coûts correspondant aux catégories de la carte de paysage dans le tableau ; à partir d'un fichier raster externe (format *.tif) contenant pour chaque pixel une valeur de résistance. Le raster doit avoir la même géométrie (position, taille, résolution) que la carte de paysage). 	
Impédance	 La valeur d'impédance représente le coût de déplacement entre les deux taches, exprimée en distance euclidienne ou en distance-coût. coûts cumulés : l'impédance est égale à la somme des coûts de tous les pixels du chemin parcouru (option la plus utilisée); longueur du chemin de moindre coût : l'impédance est égale à la longueur métrique du chemin parcouru (très rarement utilisée). 	
Pente	Les valeurs de résistance définies précédemment peuvent être pondérées en fonction de la pente. Pour que la pente puisse être calculée, il faut au préalable charger un Modèle Numérique de terrain (MNT) à partir du menu Données/ <i>Importer un MNT.</i> Le MNT doit avoir exactement la même géométrie (position, taille et résolution) que la carte de paysage. Option utile dans le cas où la pente influence les déplacements.	

(3) – Dans notre exemple, nous choisissons de créer un jeu de liens en topologie planaire pour simplifier la visualisation du graphe (moins de liens dans le graphe) et en distance coût pour tenir compte de la perméabilité du paysage (la licorne naine se déplaçant préférentiellement dans les milieux agricoles). De manière arbitraire, un coût de 1 est attribué à l'habitat, 10 pour les milieux favorables aux déplacements, 20 pour les milieux moins favorables, 500 pour les milieux défavorables aux déplacements.

Valeur du pixel	Type d'occupation du sol	Coût
1	Forêt	1
2	Cultures/Prairies	10
3		20
	Surfaces en eau	
4		500
	Route/Bâti	

Fig2- Paramètres pour la création d'un jeu de lien pour le projet « licorne naine »

m Pl	anaire			
opolo	gie			
۲	Planaire		Complet	
	upprimer las lias	-	Dist max	0 ≑ coût
1 U	aversant des ta	ches	✓ Enregi	strer les chemins
lietan				
C E	udidienne			
@ Ö	oût à partir de k	a carte du paysage		Impédance
				Oût cumulé
	Code	Cost		💿 Longueur du chemin
		2	10	
		3	20	Pente
		4	500	Calc. pente
				Coef 1 +
00	oût à partir d'un	fichier raster		



CRÉATION D'UN GRAPHE

Un projet Graphab peut donner lieu à la création de plusieurs graphes, chaque graphe étant construit à partir d'un jeu de liens. Pour créer un graphe : **Graphe/Créer un graphe**

Jeu de lien	cost_1,2,3-100.0		
Туре			
Graph	e seuillé : dist max	1 000	coût
O Graph	e non seuillé		
O Arbre	couvrant minimal		

Paramètres	Explications
Nom	Il est conseillé de nommer le graphe de manière explicite en rappelant les paramètres principaux (topologie utilisée, distance de dispersion par exemple)
Jeu de lien	Sélectionner le jeu de liens à utiliser pour créer le graphe
Туре	Graphe seuillé (ou élagué) : les liens retenus sont inférieurs ou égaux à la distance* choisie Graphe non seuillé (ou non élagué) : tous les liens entre les taches sont conservés quelle que soit leur distance Arbre couvrant minimal : graphe reliant toutes les taches dont le poids total des liens est minimal (très peu utilisé)
Inclure les distances intra-taches (métriques)	Si la case est cochée, le calcul des métriques tient compte des distances à l'intérieur des taches (recommandé, notamment en cas de tache d'une grande superficie) ; dans le cas contraire, seules les distances entre les taches sont prises en compte.

${\cal P}$ * Remarques sur la distance utilisée dans la construction du graphe

Pour un graphe élagué, l'unité de la distance d'élagage dépend du type de distance utilisé dans la création du jeu de liens. Si le jeu de lien a été créé en distance euclidienne, la distance d'élagage du graphe est exprimée en mètres. Si la création du jeu de lien a été réalisée en distance-coût, la distance d'élagage du graphe est exprimée en coûts cumulés. Je connais la distance de dispersion moyenne de l'espèce, comment connaître son équivalent en coûts cumulés ?



Il est possible d'obtenir une approximation de la distance métrique (appelée DistM dans Graphab) en coûts cumulés (appelée Dist) en représentant tous les liens inclus dans le jeu de liens dans un nuage de points. L'estimation peut être réalisée directement dans le logiciel à partir du menu Conversion dist. présent dans le menu contextuel d'un jeu de lien (clic droit sur le jeu de lien).

 \mathcal{P} Attention : cette conversion est spécifique au projet et aux valeurs de résistance choisies. Elle doit être recalculée à chaque nouveau jeu de lien créé et chaque projet. La conversion n'étant qu'une approximation, il est conseillé d'utiliser un intervalle de distance en coûts cumulés, plutôt qu'une distance unique, afin de mieux tenir compte de la réalité écologique.



(4) – Dans notre projet « licorne naine », nous créons un graphe élagué à la distance de dispersion (650m) pour visualiser le degré de fragmentation de son réseau écologique à cette échelle. Il est également possible de choisir une autre distance comme la distance quotidienne. Comme nous avons choisi de créer un jeu de lien en distance coût, la distance utilisée pour élaguer le graphe doit être exprimée en unité de coût. Il est donc nécessaire de convertir la distance métrique (650m) en distance-coût via le menu conversion (dans notre exemple, 650m équivaut à environ 500 unités de coût).



Fig3- Onglet conversion distance (clic droit sur le jeu de liens « planaire »

(5) - Une fois la conversion effectuée, nous créons un graphe élagué dans **Graphe/Créer** graphe. Pour se rappeler des paramètres de conversion, nous choisissons de nommer le graphe de manière explicite « 650m-500uc ».

😚 Créer un graphe			
Nom	650m-500ic		
Jeu de lien	Planaire	•	
Type Graphe seuillé : dist max Graphe non seuillé Arbre couvrant minimal		50þ 📩 coût	
☑ Indure les distances intra-taches (métriques) ○K Annuler			F b =

Fig4- A gauche : Fenêtre création d'un graphe ; en bas : le graphe planaire élagué créé (taille des cercles = surface de la tache, correspondant au paramétrage par défaut)





PARAMÉTRAGE DE LA CAPACITÉ DES TACHES

La capacité d'une tache représente son potentiel démographique : une tache avec une forte capacité pourra accueillir une population importante, et inversement. Par défaut dans Graphab, la capacité des taches est égale à sa superficie en m², ce critère étant souvent un élément crucial. Néanmoins, pour certaines espèces, la surface de la tache d'habitat n'est pas un critère important. C'est le cas par exemple de certains amphibiens qui peuvent se reproduire dans diverses tailles de mares. Pour ces espèces, la capacité d'une tache d'habitat est plutôt fonction de la quantité de milieux favorables autour de la mare. Dans ce cas, la capacité des taches d'habitat peut être modifiée dans Graphab via la rubrique **Données/Définir la capacité des taches**.

Il est également possible de paramétrer la capacité des taches d'habitat autrement que par sa surface ou la surface des éléments favorables dans son voisinage, en important un fichier CSV. Ce fichier CSV ne peut stocker qu'une valeur par tache, correspondant soit à un critère (présence de poisson ; pH ; etc.) ; soit à un indicateur combinant plusieurs critères.

Une fois le graphe élagué et la capacité des taches correctement paramétrée, il est possible de faire un premier diagnostic visuel de la structure du réseau écologique de l'espèce : quelles sont les zones très connectées ; quelles sont les zones vulnérables (connectées mais avec une faible densité de nœuds et/ou de lien); quelles sont les zones isolées (déconnectées du réseau).





Modélisation des réseaux écologiques par la théorie des graphes

LE PROGRAMME GRAPHAB EST TÉLÉCHARGEABLE GRATUITEMENT SUR

HTTPS://SOURCESUP.RENATER.FR/ GRAPHAB.

Télécharger et installer Java 8 ou + (java.com). Installer de préférence la version 64 bits de Java. Télécharger graphab-2.4.jar Lancer graphab-2.4.jar en double-cliquant dessus.

CONTACT

CELINE CLAUZEL, MAÎTRE DE CONFÉRENCES UNIVERSITÉ DE PARIS (DIDEROT) LADYSS UMR 7533 CNRS celine.clauzel@u-paris.fr

REALISATION CÉLINE CLAUZEL, CAROLE GABER, CLAIRE GODET

CONCEPTION GRAPHIQUE SNPN 44 rue d'Alésia, 75014 Paris



Ce projet a été mené avec le concours financier de







