



ÉTUDE DES RÉSEAUX ÉCOLOGIQUES DU PARC NATUREL RÉGIONAL LIVRADOIS-FOREZ

Mise en place du réseau écologique potentiel du PNR Livradois-Forez

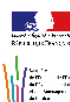
Note méthodologique



CRENAM
Septembre 2010

Avec le concours financier de

Projet co-financé par
l'Union européenne :
Fonds européen de
développement régional



ASCONIT Consultants
(mandataire)

Parc Scientifique Tony Garnier
6/8 Espace Henry Vallée
69366 LYON Cedex 07
Tél : 04-78-93-68-90
Fax : 04-78-94-11-98
Email : contact@asconit.com

Mise en place du réseau écologique potentiel du PNR Livradois-Forez

Sommaire

1.	Amélioration de l'occupation du sol	2
1.1.	Quelles données disponibles	2
1.2.	Évaluation de la qualité des données	3
1.3.	Méthodologie de reclassement	8
2.	Méthode de mise en évidence du réseau écologique potentiel.....	13
2.1.	Principes.....	13
2.2.	Fonctionnement de l'algorithme peut être décrit comme suit :	13
2.3.	Reclassement de l'occupation du sol et affectation de coefficients de friction.....	14
2.3.1.	Continuum des milieux forestiers.....	15
2.3.2.	Continuum des prairies et des landes	16
2.3.3.	Continuum des milieux aquatiques et humides.....	16
2.4.	Intégration des obstacles.....	17
2.5.	Isolement des sources.....	17
2.6.	Utilisation de la fonction « Coût pondéré ».....	17
2.7.	Utilisation des fichiers résultants.....	18
2.8.	Modélisation du déplacement potentiel des espèces.....	19

Au sein du projet, le Crenam s'est vu confier pour tâche de fournir la cartographie d'un réseau écologique **potentiel**, c'est-à-dire basé sur la potentialité de déplacement de la faune au sein du territoire du PNR. Il ne s'agit ici que d'une étape préliminaire à l'étude.

Ce travail a nécessité deux grandes étapes :

1. Mettre en place une cartographie de l'occupation du sol à l'échelle du territoire, adaptée à l'étude.
2. Proposer une méthode

1. Amélioration de l'occupation du sol

La condition préalable à la mise en place de la cartographie d'un réseau écologique est de disposer d'une cartographie d'occupation du sol adaptée au terrain d'étude et suffisamment précise.

Pour ce faire, deux méthodes sont envisageables :

- La construction d'une nouvelle cartographie de l'occupation du sol. Cela implique énormément de travail (télédétection, photo-interprétation, validation terrain...) et donc de disposer de suffisamment de temps.
- Utiliser des données disponibles.

Compte tenu du temps imparti à l'étude, c'est vers cette deuxième solution que nous nous sommes tournés.

1.1. Quelles données disponibles

Dans le cas présent, trois sources d'occupation du sol étaient à notre disposition (Tableau 1) :

Tableau 1 : Données d'occupation du sol disponibles

Données	Date	Échelle	Méthode d'acquisition
Corine Land Cover (CLC)	2000	1/100 000 ^{ème}	télédétection
Park View (PkV)	1998	1/25 000 ^{ème}	télédétection
Inventaire IFN (IFN)	2000	1/25 000 ^{ème}	photo-interprétation et vérification terrain

Ces trois bases d'occupation du sol diffèrent en de nombreux points :

- échelle de validité
- étendue
- méthode d'acquisition
- typologie
- précision de l'information

Concrètement, on peut d'ores et déjà faire quelques critiques :

- CLC est une base de données mise en place à l'échelle de l'Europe. La typologie adoptée, si elle peut trouver une légitimité à l'échelle du vieux continent, présente des imprécisions aux échelles plus locales.
- PkV n'est pas disponible sur tout le territoire français (et par extension européen)
- La cartographie de l'IFN, bien que précise, ne concerne que les milieux forestiers.

1.2. Évaluation de la qualité des données

Quelques manipulations sur les fichiers (rasterisation, combinaison...) permettent de préparer les données afin d'en effectuer une comparaison statistique.

Mais au préalable, il est nécessaire de faire des correspondances d'attributs entre les données CLC et PkV. En effet, les champs des trois occupations du sol ne concordent pas forcément. Corine présente le plus grand nombre de classes dont des classes mixtes. Les correspondances de classes sont présentées dans le

Tableau 2.

Parallèlement, la cartographie forestière de l'IFN est reclassée en 3 grandes classes de manière à coïncider avec celles des deux autres occupations du sol considérées (

Tableau 3).

Une fois ces correspondances énoncées, il est possible de comparer les trois bases de données. Cela se fait par la mise en forme de tableaux croisés dynamiques mettant en évidence le nombre de pixels en fonction de la classe qui leur est affectée dans chaque occupation du sol considérée (Tableau 4).

Le Tableau 4 montre 3 grands types de confusions entre CLC et PkV :

- les forêts (1)
- les landes et pelouses (2)
- les cultures et prairies (3)

Tableau 2 : Mise en correspondance des classes CLC et PkV

PkV code	CLC code	Nomenclature	Correspondance
9	111	Tissu urbain continu	urbain
9	112	Tissu discontinu	
	121	Zones industrielles ou commerciales	
	122	Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés	
	123	Zones portuaires	
	124	Aéroports	
	131	Extraction de matériaux	
	132	Décharges	
	133	Chantiers	
	141	Espaces verts urbains	
	142	Equipements sportifs et de loisirs	
13	211	Terres arables hors périmètres d'irrigation	terres agricoles
13	212	Périmètres irrigués en permanence	
13	213	Rizières	
15	221	Vignobles	
15	222	Vergers et petits fruits	
13	223	Oliveraies	
12	231	Prairies	prairies
	241	Cultures annuelles associées aux cultures permanentes	culture
	242	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	
	243	Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	
	244	Territoires agroforestiers	
3	311	Forêts de feuillus	forêt
1+4	312	Forêts de conifères	
2	313	Forêts mélangées	
7	321	Pelouses et pâturages naturels	végétation arbustive
5+6	322	Landes et broussailles	
	323	Végétation sclérophylle	
14	324	Forêts et végétation arbustive en mutation	
10	331	Plages, dunes et sables	espace ouvert
11	332	Roches nues	
10	333	Végétation clairsemée	
10	334	Zones incendiées	
	335	Glaciers et neiges éternelles	
16	411	Marais intérieurs	zone humide
16	412	Tourbières	
	421	Marais maritimes	
	422	Marais salants	
	423	Zones intertidales	
8	511	Cours et voies d'eau	eau
8	512	Plans d'eau	
	521	Lagunes littorales	
	522	Estuaires	
	523	Mers et océans	

Tableau 3 : Reclassement de la cartographie IFN 2000

Classe IFN	IFN Code	Regroupement	CLC Code
jeune futaie de chênes	11	Forêts de feuillus	311
futaie de hêtre	19		
futaie de feuillus indifférenciés	24		
futaie de pins	55	Forêts de conifères	312
futaie de sapin-épicéa	70		
futaie de douglas	75		
futaie de conifères indifférenciés	84		
futaie mixte de feuillus et conifères	123	Forêts mélangées	313
futaie mixte de pins et feuillus	124		
futaie mixte de conifères indifférenciés et feuillus	126		
mélange pauvre de futaie de chênes et taillis de plaine	131	Forêts de feuillus	311
mélange normal de futaie de chênes et taillis de plaine	132		
mélange riche de futaie de chênes et taillis de plaine	133		
mélange de futaie d'autres feuillus et taillis de plaine	138		
mélange de futaie de feuillus et taillis de fond de vallée	139		
mélange de futaie de hêtre et taillis de montagne	140		
mélange de futaie d'autres feuillus et taillis de montagne	141		
mélange de futaie de pins et taillis	150	Forêts de conifères	312
mélange de futaie de conifères indifférenciés et taillis	153		
taillis de hêtre	171	Forêts de feuillus	311
taillis de feuillus indifférenciés	175		
autre forêt fermée (feuillus majoritaires)	177	Forêts de conifères	312
autre forêt fermée (conifères majoritaires)	178		
forêt ouverte de feuillus	202	Forêts de feuillus	311
forêt ouverte de pins	203	Forêts de conifères	312
forêt ouverte de conifères indifférenciés	207		
autre forêt ouverte de feuillus	222	Forêts de feuillus	311
autre forêt ouverte de conifères	223	Forêts de conifères	312
<i>lande agricole</i>	228		
<i>autre lande</i>	243		
<i>peupleraie de production</i>	244		
<i>autre</i>	250		

Tableau 4 : Comparaison de la distribution des classes CLC et des classes PkV (en nombre de pixels)

PRKV / CLC	Tissu urbain continu	Tissu discontinu	Zones industrielles ou commerciales	Réseaux routier et ferroviaire et espaces associés	Aéroports	Extraction de matériaux	Equipements sportifs et de loisirs	Terres arables hors périmètres d'irrigation	Prairies	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des EN importants	Forêts de feuillus	Forêts de conifères	Forêts mélangées	Pelouses et pâturages naturels	Landes et broussailles	Forêts et végétation arbustive en mutation	Marais intérieurs	Plans d'eau	Total	
	111	112	121	122	124	131	142	211	231	242	243	311	312	313	321	322	324	411	512		
forets de coniferes	1	44	4	1			3	16	3360	1211	276	1848	57611	8716	28	89	862	1	4	74074	
forets melangees	2	11	3		2	1		10	2293	704	270	2573	19123	8801	4	48	304			34147	
forets de feuillus	3	82	6	1		10	4	32	3703	803	684	7959	10375	11944	16	149	461		2	36231	
forets de coniferes jeunes	4	16						2	701	226	25	217	8641	1125	6	72	118		5	11154	
landes hautes	5	4			3			6	718	187	29	121	372	448	54	376	63			2381	
landes basses	6								63		1	21	135	67	348	1798	40	2		2473	
pelouses et pâturages d'altitude	7								225			12	55	31	178	560	22		1	1084	
surfaces en eau	8	10				13	40	7	140	10	62	32	57	31		2	16		59	479	
zones urbanisees	9	175	2057	303	20	3	17	105	1675	1476	76	84	288	98		3	27			6407	
sols nus	10	1	17	17		3	5	15	105	88	5	12	65	28	25	35	5		3	429	
Roches nues et erosion	11	7							21	0	2	6	49	5		38	13			150	
prairies	12	11	1283	112	3	19	26	34	3415	66703	25263	4046	2970	12786	5820	30	276	619	23	3	122432
cultures	13	1	148	17		9	5	2	3252	4457	4934	276	161	764	362		14	82		14496	
formations arbustives en mutation	14	61	1		1	4	22	16	3195	804	279	478	4120	1669	27	83	333	1		11094	
Vergers et petits fruits	15	1						9	23	46	3	1		3						86	
Autres	100								10	12			30	3						55	
Total	188	3741	463	25	37	62	129	6885	87392	35773	5034	16495	114471	39151	716	3543	2965	25	77	317172	

(Remarque : en gris les classes « forestières »)

Ces constatations, associées à des validations par photo-interprétation et par notre connaissance du terrain et des processus anthropiques et écologiques en cours, nous ont conduit à réfléchir à l'élaboration d'une stratégie de combinaison des trois occupations du sol (en fonction de leur pertinence pour les classes concernées) et prenant également en compte le facteur altitudinal.

Trois séries de règles sont à la base de cette méthode :

- Sélection des classes au sein des bases de données en fonction de leur pertinence :
 - Les zones urbanisées sont issues de CLC et de PkV (les deux apparaissant comme complémentaires) : Très peu de différences sont à noter : elles proviennent principalement d'une échelle différente.
 - Les classes forestières sont issues de IFN, l'information nous semblant plus solide. Les trois occupations du sol semblent relativement homogènes avec des divergences se trouvant principalement sur la classe des forêts mélangées. La cartographie proposée par l'IFN à l'avantage d'une échelle d'applicabilité plus fine et d'une validation terrain poussée. De fait, nous supposons qu'elle reflète le mieux la réalité.
 - Les autres classes sont issues de CLC. En effet, l'étude comparative de PkV n'a pas permis de valider la précision espérée à l'échelle du PNR. Pourtant, le

projet Parkview est le fruit d'un travail de « Spot image » pour les parcs naturels nationaux et régionaux. Issu d'une classification automatique réalisée à partir d'ortho-images Spot avec nomenclature, adaptée à l'étude des parcs et compatible avec Corine Land Cover). Accessoirement, ce choix permet, du fait de la disponibilité de la donnée CLC sur l'ensemble de l'Europe, de réappliquer la méthode quelque soit le terrain d'étude considéré.

- Mise en place de limites altitudinales au niveau de certaines classes ou certains groupes de classes :
 - Les classes de « cultures et prairies » sont regroupées puis sont discriminées selon deux limites altitudinales (400m et 1200m) de sorte que :
 - Cultures et prairies de basse altitude : nous fusionnons prairies et cultures car leur distinction sur CLC nous apparait comme non conforme et arguons du fait que les terres à vocation agricole sont plutôt situées à basse altitude (<400m)
 - Prairies et cultures de moyenne altitude (de 400m à 1200m)
 - Prairies, landes et pelouses de haute altitude : au-delà de 1200m, nous considérons qu'il n'y a quasiment plus de terres mises en culture.
 - Landes : une limite ➔ 700m : au dessous de cette limite, les landes sont classées en prairie. Les tests ont montré que, à basse altitude, la confusion avec les pâtures naturelles était très importante.

Tableau 5 : Classes d'occupation du sol obtenues par combinaison des différentes sources

Classes	Sources (classes correspondantes de)	Zones altitudinales
Zones urbanisées	CLC + PKV	/
Forêts de conifères : forêts récentes et plantation	IFN	< 1000m
Forêts de feuillus	IFN	/
Forêts mélangées	IFN	/
Cultures et prairies de basse altitude	CLC	< 900m
	Landes de CLC	< 700m
Prairies et cultures de moyenne altitude	CLC	>900m et <1200m
Praires, landes, pelouses et pâturages de hautes altitudes	CLC	> 1200m
Plans d'eau et cours d'eau	CLC	/
Peupleraies de production	IFN	/
Forêts et végétation arbustives	CLC	/
Marais intérieurs	CLC	/
Plages, dunes et sables	CLC	/
Forêts de conifères : massifs historiques et boisement climaciques d'altitudes	IFN Sources PNR	>1000m

- Forêts de conifères → 1000m : au delà de cette altitude, elles sont considérées comme des « boisements climaciques d'altitude ». Cette façon de procéder a certes l'inconvénient de surestimer ces derniers, mais permet d'isoler tous les reimplantations de conifères à basse altitude, où leur « naturalisation » n'est pas possible.
- Quelques ajustements sont également réalisés. Ils sont de trois ordres :
 - Intégration d'une information sur les massifs historiques dressée par le PNR.
 - Remplacement des classes IFN par celles de CLC sur la partie du territoire où elles n'étaient pas disponibles (département de la Loire).
 - Quelques ajustements ponctuels en fin de reclassement (concernant quelques pixels isolés).

Le résultat de l'application de ces différentes règles est l'obtention d'une cartographie de l'occupation composée de 13 classes distinctes (Tableau 5).

1.3. Méthodologie de reclassement

Toutes les opérations décrites ci-dessous ont été réalisées sous ArcGis 9.3 d'ESRI® avec l'extension Spatial analyst.

1.3.1. Préparation des données :

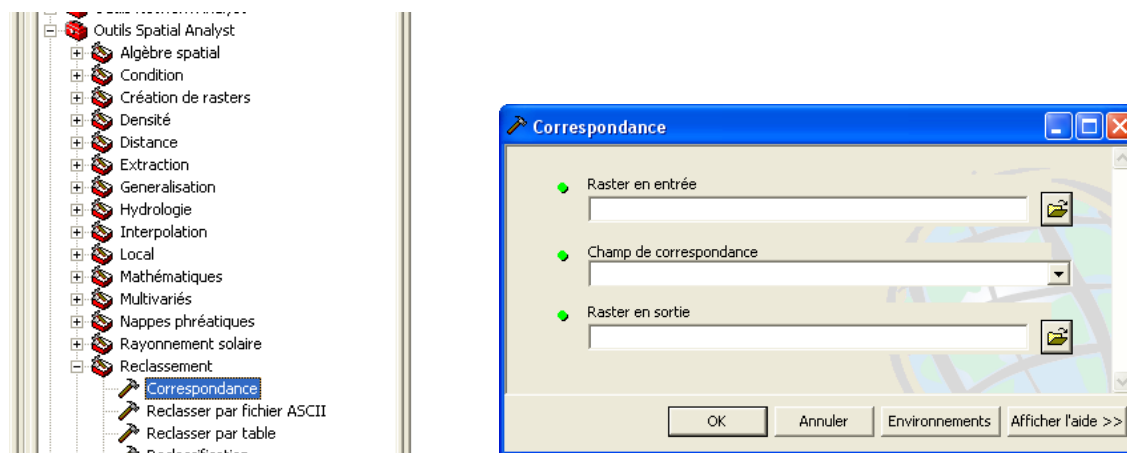
Cinq fichiers sont nécessaires pour mener à bien le reclassement de l'occupation du sol :

- Occupation du sol CLC
- Occupation du sol PKV
- Occupation du sol IFN
- Fichier Massifs Historiques du PNR
- Modèle numérique de terrain (MNT)

Ces fichiers nécessitent un certain nombre de manipulations :

1.3.1.1. Isolements des champs

La première consiste à isoler la seule et unique information qui nous intéresse. En effet, la table d'un raster peut contenir plusieurs champs, dont un seul (le champ VALUE) sera utilisé lors de l'application de la fonction appliquée plus loin : *combinaison*. Il est donc indispensable, si l'information souhaitée n'est pas portée par ce champ, de procéder au préalable à une manipulation, toujours dans les *boîtes à outils* de **Spatial analyst** → *Reclassement* → Correspondance avec « Raster en entrée » : Occupation du sol ; « Champ de correspondance » : Champ correspondant au code d'occupation du sol.



1.3.1.2. Reclassement du MNT et du fichier « Massifs historiques »

Le MNT doit avoir été reclassé en 5 classes dont les bornes sont les limites altitudinales choisies :

	Classe	
	1	< 700m
> 700m	2	< 900 m
> 900 m	3	< 1000m
> 1000m	4	< 1200m
> 1200m	5	

Le fichier « Massifs historiques » fourni par le PNR est rasterisé et reclassé en 2 classes :

- 1 pour les pixels appartenant à un massif historique
- 0 dans le cas contraire.

Cela permettra de « repêcher » quelques massifs connus comme étant historique, mais d'altitude inférieure à celle que nous avons fixée comme seuil.

1.3.1.3. Homogénéisation des emprises

Avant dernière étape : faire en sorte que l'emprise des fichiers soit la même. Le plus simple est de faire un zoom sur la zone d'étude et d'utiliser la calculatrice raster en lançant une opération de type fichier 1 = fichier 1 en ayant pris soin de modifier les options (Spatial analyst → Options → Onglet Étendue) en choisissant Étendue d'analyse : identique à l'affichage et en l'alignant sur l'un des fichiers.

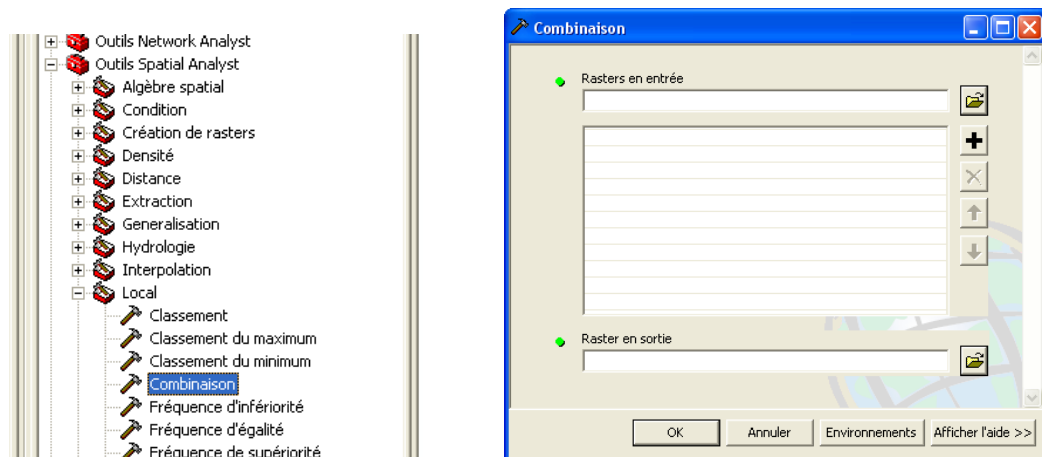
1.3.1.4. « Suppression » des valeurs NoData

Enfin, il faut reclasser toutes les valeurs NoData en zéro...

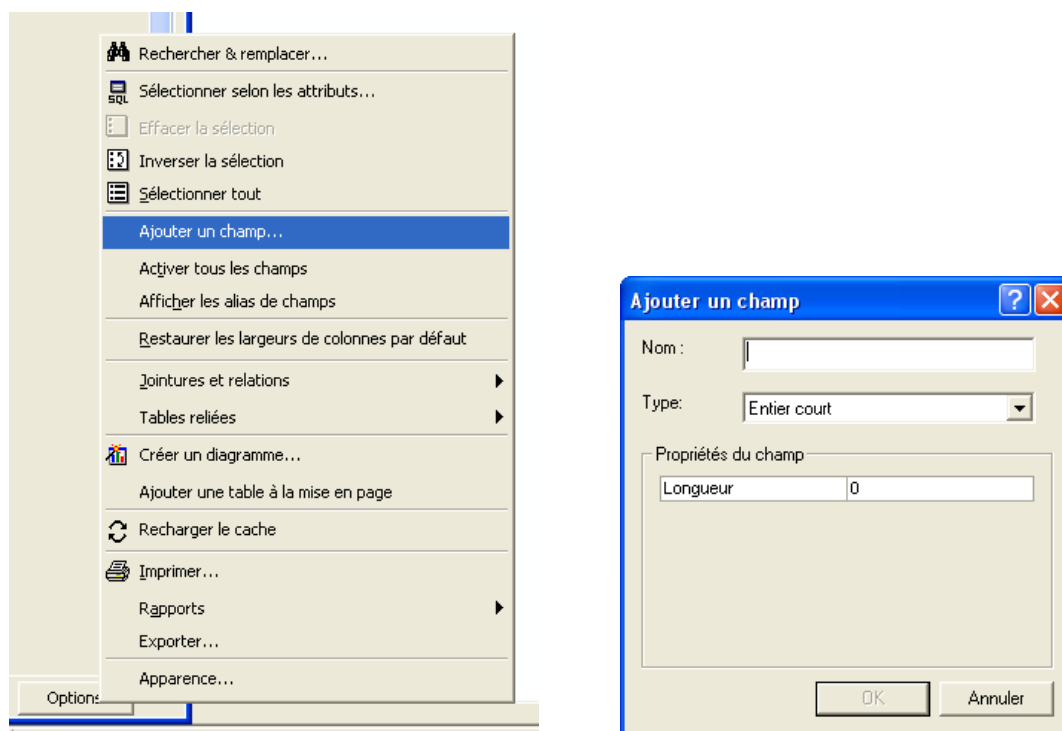
1.3.2. Combinaison :

Il est ensuite possible de procéder à la *Combinaison* de l'extension **Spatial analyst** → *Local* → Combinaison avec comme données en entrée les occupations du sol CLC, PKV et IFN

ainsi que l'altitude et le fichier Massifs historiques. Les fichiers utilisés sont ceux qui ont été créés précédemment.

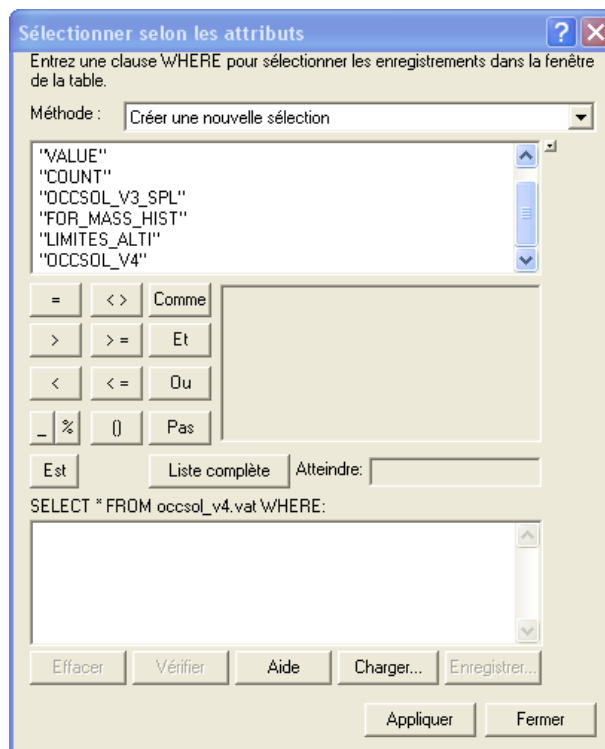
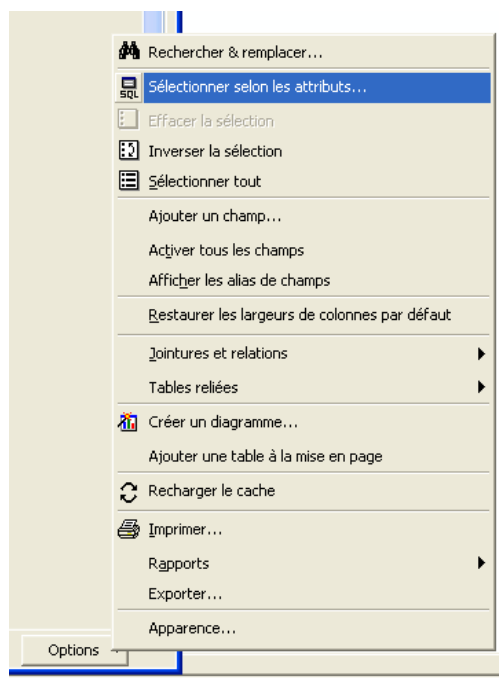


Le résultat de la combinaison est donc un nouveau fichier comprend normalement 8 champs : « rowid », « VALUE », « COUNT », « code_IFN », « code_CLC », « code_PKV », « Massif_histo » et « Alti ». L'ordre des fichiers en entrée dépend de l'ordre d'entrée de ces fichiers dans la fonction. Un nouveau Champ vide est créé dans la table attributaire (par défaut, la valeur y est « 0 »).



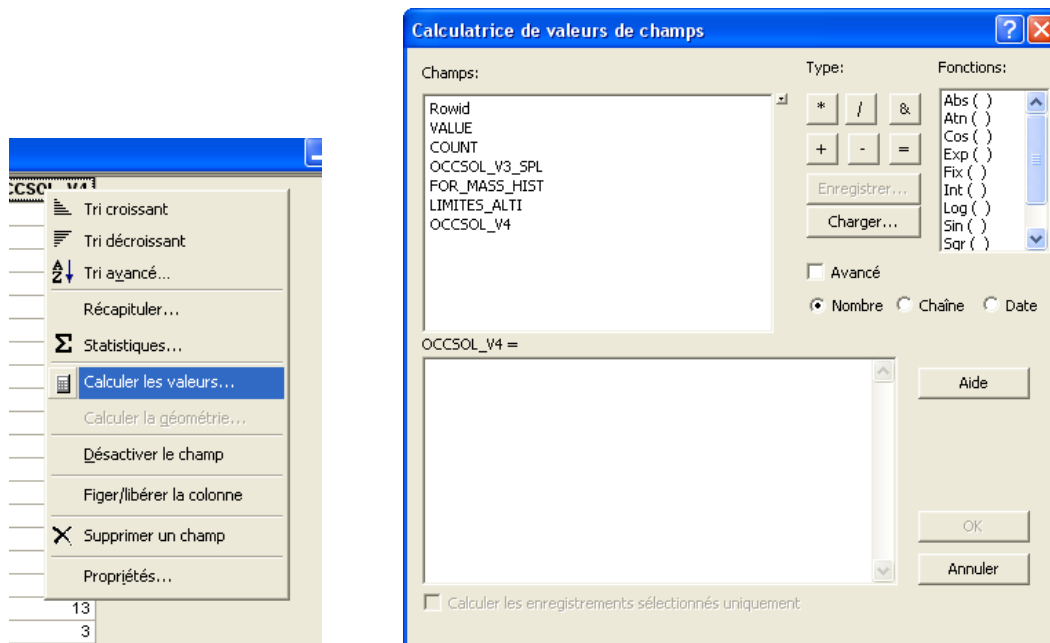
C'est dans ce champ que nous allons attribuer une nouvelle classe à laquelle appartiendra le groupe de pixel correspondant. Renseigner ces cellules passe par deux étapes :

- Sélection des groupes de pixels répondant à un certain nombre de critères (occupations du sol, altitude). Pour cela, nous utilisons la fonction *Sélectionner par attribut* (Dans la table attributaire → Options...). Il s'agit d'une sélection booléenne utilisant les opérateurs : SI, ET... égal, différent...)



(Rq : « <> » correspond à « différent de »)

- Renseignement de la valeur souhaitée par la fonction *Calculer les valeurs* (Clic droit sur l'entête du champ)



Le tableau suivant regroupe toutes les requêtes de sélection nécessaires au renseignement du nouveau champ :

Item	code_IFN		code_CLC		code_PKV		Code_alti		Massif_histo		nouveau_code	nouveau_code	
NoData	Si	= 0	Et Si	= 0	Et Si	= 0	Et Si	= 0	Et Si	= 0	Et Si	= 0	= -9999
Urbain			Si	= 111 Et = 112 Et = 121 Et = 122 Et = 124 Et = 142 Et = 131	Ou	= 9							= 1
Forêt de conifères : forêts récentes et planations	Si	= 55 Et = 70 Et = 75 Et = 84 Et = 150 Et = 153 Et = 178 Et = 203 Et = 207 Et = 223					Et Si	≤ 3	Et Si	= 0	Et Si	≠ 1	= 2
Forêt de conifères : massifs historiques et boisements climaciques d'altitudes	Si	= 55 Et = 70 Et = 75 Et = 84 Et = 150 Et = 153 Et = 178 Et = 203 Et = 207 Et = 223					Et Si	≤ 3	Et Si	= 1	Et Si	≠ 1	= 13
							Et Si	> 4	Et Si	= 1	Et Si	≠ 1	= 13
Forêt de conifères : forêts récentes et planations	Si	= 0	Et Si	= 312			Et Si	≤ 3	Et Si	= 0	Et Si	≠ 1	= 2
Forêt de conifères : massifs historiques et boisements climaciques d'altitudes	Si	= 0	Et Si	= 312			Et Si	≤ 3	Et Si	= 1	Et Si	≠ 1	= 13
							Et Si	> 4	Et Si	= 1	Et Si	≠ 1	= 13
Forêt de feuillus	Si	= 11 Et = 19 Et = 24 Et = 131 Et = 132 Et = 133 Et = 138 Et = 139 Et = 140 Et = 141 Et = 171 Et = 175 Et = 177 Et = 202 Et = 222									Et Si	≠ 1	= 3
Forêt de feuillus	Si	= 0	Et Si	= 311							Et Si	≠ 1	= 3
Forêt mélangée	Si	= 123 Et = 124 Et = 126									Et Si	≠ 1	= 4
Forêt mélangée	Si	= 0	Et Si	= 313							Et Si	≠ 1	= 4
Cultures et prairies de basse altitude			Si	= 242 Et = 243 Et = 231 Et = 211 Et = 221 Et = 222			Et Si	= 1 Et = 2			Et Si	= 0	= 5
			Si	= 322			Et Si	= 1			Et Si	= 0	= 5
Prairies et cultures de moyenne altitude			Si	= 242 Et = 243 Et = 231 Et = 211 Et = 221 Et = 222			Et Si	= 3 Et = 4			Et Si	= 0	= 6
Prairies, landes, pelouses et pâturages à haute altitude	Si	= 228 Et = 243	Ou	= 321 Et = 322 Et = 231			Et Si	= 5			Et Si	= 0	= 7
Plan d'eau			Si	= 512 Et = 511							Et Si	≠ 1	= 8
Peupleraie de production	Si	= 244									Et Si	≠ 1	= 9
Forêt et végétation arbustive en mutation	Si	= 0	Et Si	= 324							Et Si	= 0	= 10
Marais intérieur			Si	= 411							Et Si	= 0	= 11
Plages, dunes et sables			Si	= 331							Et Si	≠ 1 Et ≠ 9	= 12

Les entrées en vert ont pour fonction de compenser la non-disponibilité des données IFN pour la partie Loire de la zone d'étude.

La réutilisation du champ « nouveau_code » permet de mettre en place des priorités de reclassement. Par exemple :

- Si on rajoute un « ≠ 1 », on s'assure de ne pas réaffecter les pixels dans une autre classe que « Urbain », toute en remplaçant d'autres valeur.
- Si on rajoute un « =0 », on s'assure de ne renseigner que des valeurs vides

2. Méthode de mise en évidence du réseau écologique potentiel

2.1. Principes

Pour mettre en place le réseau écologique potentiel du PNR Livradois-Forez, nous avons opté pour l'utilisation d'un algorithme distance-coût friction anisotropique (cette friction variant selon la direction de déplacement).

L'utilisation de cet algorithme nécessite 2 étapes préalables :

- Attribuer aux différentes classes d'occupation du sol un coefficient de friction déterminant la plus ou moins grande difficulté à s'y déplacer.
- Déterminer les zones (sources) à partir desquelles l'algorithme doit calculer la valeur de distance-coût.

Une étape facultative est la déclaration d'une valeur distance-coût maximale à partir de laquelle l'algorithme s'arrête.

L'idée est ici de simuler le déplacement de la faune au sein du territoire du parc, ce déplacement étant plus ou moins coûteux selon les milieux traversés, et ce jusqu'à ralliement d'une zone source, épuisement du crédit de déplacement (s'il a été fixé) ou bien atteinte des limites de la zone de travail.

Nous considérons un réseau écologique avant tout comme une configuration particulière de l'occupation du sol plus ou moins favorable à la diffusion de la faune. De nombreuses autres études ont axé leur travail sur des approches espèces. Nous avons souhaité dans cette première phase de l'étude de ne privilégier aucune espèce par rapport à une autre. Généralement, les espèces sélectionnées se distinguent les unes des autres par :

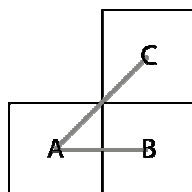
- Leur plus ou moins grande facilité à se déplacer au sein du paysage en fonction des types de milieux rencontrés.
- Leur capacité à se déplacer plus ou moins loin au sein du territoire et donc au sein des continuums auxquels ils sont inféodés.

Ce deuxième point est particulièrement discriminant et c'est sur celui ci que nous avons souhaité jouer en n'affectant aucune limite à ce déplacement (si ce n'est celles du territoire d'étude). Nous ne prenons donc en considération aucune espèce particulière.

Nous avons mis en place des continuums (3 au lieu de 5 dans la méthode Econat).

Les classes de l'occupation du sol mises en place spécifiquement pour l'étude ont été hiérarchisées en fonction de l'attrait qu'elles pourraient exercer par rapport aux espèces potentiellement inféodées à chacun des trois continuums.

2.2. Fonctionnement de l'algorithme peut être décrit comme suit :



$$\text{Coût}_{AB} = R \times \frac{\text{Coût}_A + \text{Coût}_B}{2} \quad \text{et} \quad \text{Coût}_{AC} = R \times \sqrt{2} \times \frac{\text{Coût}_A + \text{Coût}_C}{2}$$

où R est la résolution de travail (dans le cas précis, 100 m)

L'algorithme utilisé est celui de la fonction « Coût pondéré » de l'extension Spatial Analyst d'ArcGis 9.3 d'ESRI®.

Les fichiers en entrée sont au format raster à la résolution 100 m. Ils sont au nombre de deux :

- Les sources : le déplacement est mesuré à partir de chacun des pixels « sources ».
- La grille de friction : chaque pixel est porteur d'un coefficient de friction en fonction de la classe d'occupation du sol qu'il représente.

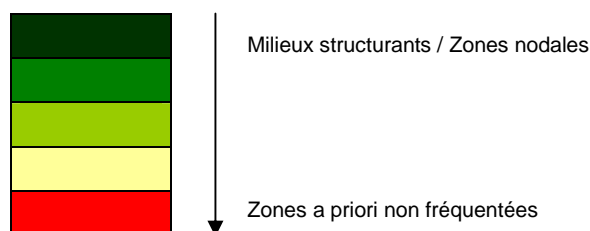
Puisque nous ne visons aucune espèce en particulier, nous rappelons qu'aucune distance-coût maximale n'est renseignée et que l'algorithme fonctionnera jusqu'aux limites du PNR.

Les fichiers obtenus en sortie sont alors reclassés de manière à faire ressortir les connectivités potentielles au sein de chacun des trois continuums.

2.3. Reclassement de l'occupation du sol et affectation de coefficients de friction

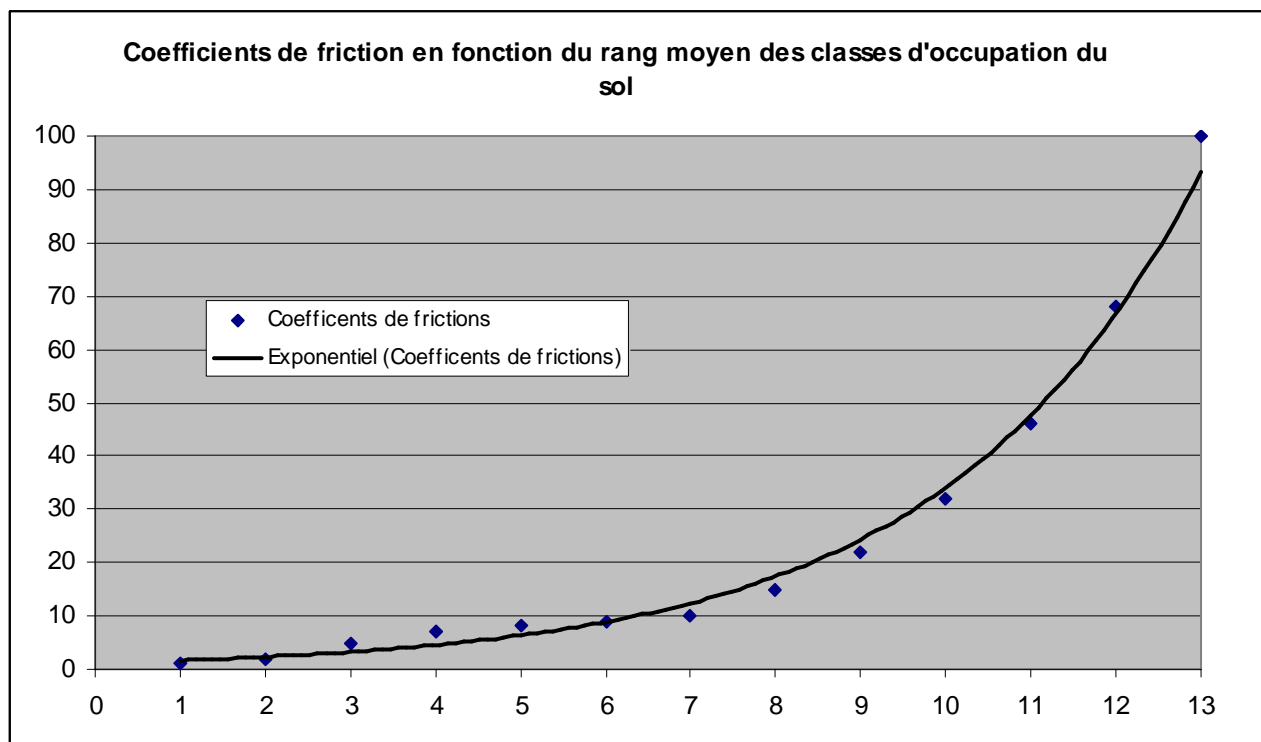
Ce reclassement puis cette hiérarchisation ont consisté au tri de l'occupation du sol en fonction de :

- L'intérêt de chaque classe au sein du continuum considéré
- L'attractivité des milieux représentés par cette classe pour les espèces potentiellement inféodées au continuum considéré.



La méthode d'attribution des coefficients de friction a été faite « à dire d'expert », dans la mesure où il n'existe pas de valeurs applicables, reconnues de manière usuelles et validées par des travaux scientifiques précis. Un tel classement, réalisé par une seule et même personne, aurait été marqué par la subjectivité. Pour réduire cette dernière, plusieurs personnes (partie prenante de l'étude) se sont vues demander d'effectuer un classement de 1 à 13, les égalités entre classes étant acceptées.

Le résultat final correspond à la synthèse (par calcul du rang moyen) des 5 réponses. A chaque rang du classement, nous avons attribué un coefficient entre 1 et 100, répondant à une règle exponentielle permettant d'augmenter d'autant plus la friction que le rang moyen est élevé.



Nous avons mis en place trois continuums :

2.3.1. Continuum des milieux forestiers

Milieu	Rang moyen	Coef. friction
Forêts de feuillus	1	1
Forêts mélangées	1	1
Forêt de conifères : massifs historiques et boisements climaciques d'altitude > 1000m	2	2
Forêts de conifères : forêts récentes et plantations	3	5
Peupleraie de production	4	7
Forêt et végétation arbustive en mutation	4	7
Prairies et cultures de moyenne altitude	8	15
Prairies, landes et pelouse de haute altitude	8	15
Marais intérieurs	9	22
Cultures et prairies de basse altitude	9	22
Plans d'eau et cours d'eau	10	32
Plage, dunes et sables	12	68
Zones urbanisées	13	100

2.3.2. Continuum des prairies et des landes

Milieu	Rang moyen	Coef. friction
Prairies et cultures de moyenne altitude	1	1
Prairies, landes et pelouse de haute altitude	2	2
Cultures et prairies de basse altitude	3	5
Forêt et végétation arbustive en mutation	4	7
Plage, dunes et sables	8	15
Forêts de feuillus	9	22
Forêts mélangées	9	22
Peupleraie de production	9	22
Marais intérieurs	9	22
Plans d'eau et cours d'eau	10	32
Forêt de conifères : massifs historiques et boisements climaciques d'altitude > 1000m	10	32
Forêts de conifères : forêts récentes et plantations	11	46
Zones urbanisées	11	46

2.3.3. Continuum des milieux aquatiques et humides

Milieu	Rang moyen	Coef. friction
Plans d'eau et cours d'eau classés à migrateurs (classe ajouté ultérieurement)	1	1
Plans d'eau et cours d'eau	2	2
Marais intérieurs	2	2
Plage, dunes et sables	3	5
Peupleraie de production	3	5
Prairies et cultures de moyenne altitude	4	7
Forêt et végétation arbustive en mutation	7	10
Forêts de feuillus	8	15
Forêts mélangées	8	15
Cultures et prairies de basse altitude	9	22
Prairies, landes et pelouse de haute altitude	9	22
Forêt de conifères : massifs historiques et boisements climaciques d'altitude > 1000m	10	32
Forêts de conifères : forêts récentes et plantations	11	46
Zones urbanisées	13	100

Ce continuum est enrichi, compte tenu des lacunes des occupations du sol source. Nous y intégrons :

- les cours d'eau de la BD Carthage
- une information concernant les cours d'eau classés comme accueillant des espèces migratrices.
- les tourbières inventoriées sur le territoire du PNR.

- les annexes de la Dore (notamment les gravières).

Pour procéder à cet enrichissement, le plus simple est de procéder comme pour le reclassement de l'occupation du sol :

- préparation les fichiers nécessaires à l'enrichissement
- combinaison avec le raster de frictions
- reclassement conditionnel.

Cela permet de traiter l'ensemble des données en une seule fois.

2.4. Intégration des obstacles

Nous procédons comme précédemment.

Une fois les trois fichiers de friction mis en place, quelques manipulations sont encore nécessaires. En effet, sont intégrées aux trois continums les infrastructures potentiellement bloquantes que représentent les routes deux fois deux voies.

Ces infrastructures se voient attribuer une valeur de friction de 1000 afin de bien les faire ressortir dans les résultats.

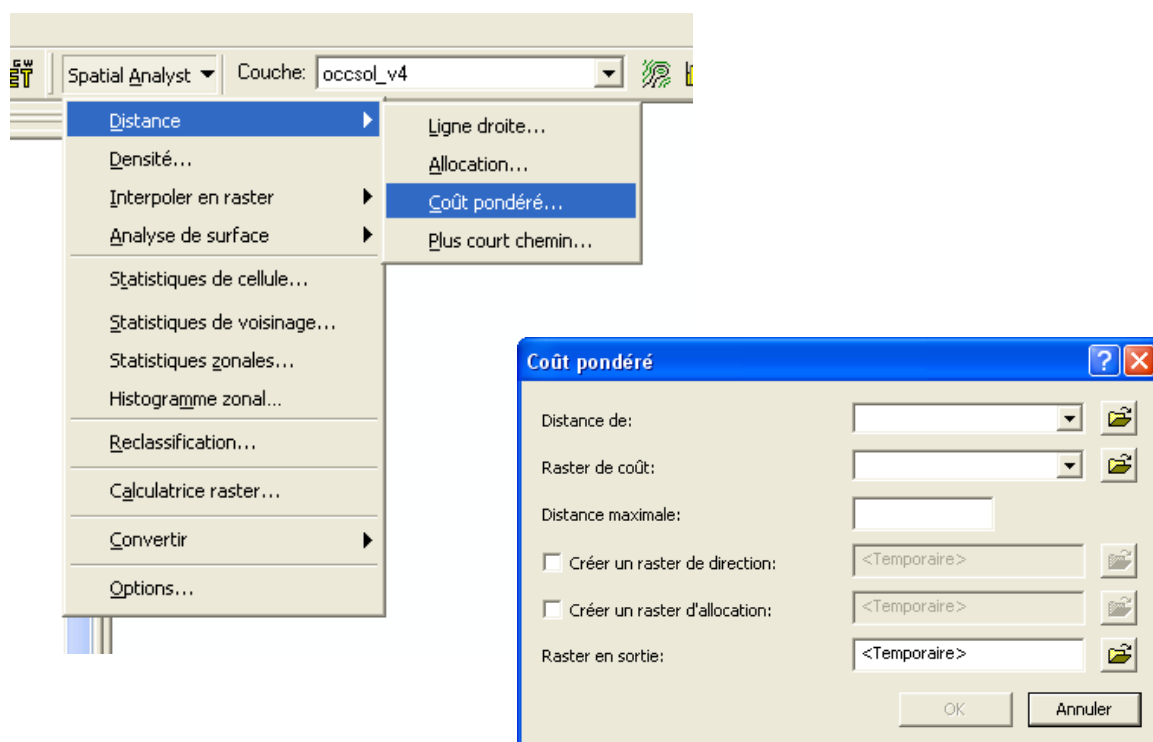
2.5. Isolement des sources

A partir des trois fichiers ainsi obtenus, sont isolées les classes correspondant aux sources (celles associées à la couleur « vert foncé » dans les tableaux précédents). On procède par reclassement :

- Sources : 1
- Non sources : NoData

2.6. Utilisation de la fonction « Coût pondéré »

Il suffit alors de lancer l'algorithme :



Distance de : → Fichier « Sources »

Raster de coûts : → Fichier « Frictions »

Distance maximale : → Non renseigné

2.7. Utilisation des fichiers résultants

Ces fichiers résultats sont donc déclinés selon les **trois continuums écopaysagers**, qui reflètent les caractéristiques du PNR Livradois-Forez :

- le continuum des milieux forestiers
- le continuum des prairies et des landes
- le continuum des milieux aquatiques et humides

Ils portent une « potentialité » de déplacement. Plus la valeur est forte, plus le déplacement est coûteux.

Il est alors possible de choisir un ou plusieurs seuils afin de permettre une meilleure lisibilité des cartes. Nous avons donc réalisé une reclassification des couches des continuums, afin de mettre en évidence la potentialité du déplacement de la faune. La définition des classes s'est appuyée sur l'occupation du sol du PNR Livradois-Forez. D'une manière générale, les classes s'expliquent ainsi :

La classe1 symbolise les plus milieux accueillants du continuum c'est-à-dire les zones nodales/milieux structurants.

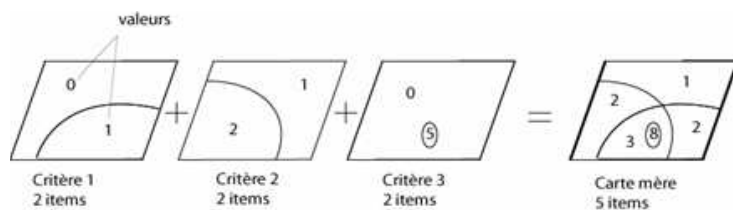
La classe4 (milieux les moins fréquentés), d'un point de vue « technique », les espaces représentés par cette classe sont souvent liés à l'absence ou à l'éloignement de milieux structurants ou attractifs.

La classe5 (milieux les moins accueillants) qui reflètent souvent les zones d'urbanisation.

Dans le but d'avoir une vision d'ensemble du territoire, nous avons créée le **cumul des continuums**. Il est l'addition pondérée, avec la calculatrice raster des trois continuums, et constitue la trame écologique potentielle du PNR Livradois-Forez, c'est-à-dire la capacité potentielle du territoire à accueillir la faune.

Les pondérations affectées aux continuums sont:

- 50% au continuum forestier
- 25% au continuum MAH
- 25% au continuum prairial



Dans un deuxième temps, afin de faire évoluer le réseau écologique potentiel en un réseau écologique provisoire, un apport de données de terrain et une expertise des naturalistes locaux a été réalisé au cours de réunions thématiques. D'un document réalisé en bureau et à l'aide de modélisations, on évolue ainsi vers un document se rapprochant de la réalité terrain, tout en restant provisoire, c'est-à-dire demandant des compléments et actualisations.

2.8. Modélisation du déplacement potentiel des espèces

Afin d'enrichir et de préciser ces continuums écopaysagers, des continuums « espèces » ont été modélisés. A partir de zones de présence et des points d'observation existants, une aire de dispersion des individus est simulée, elle tient compte de données sur la distance possible de dispersion de l'espèce et la « perméabilité » des milieux (facilité à le laisser passer).

Le déplacement des espèces va dépendre de leur facilité à traverser les différents milieux présents sur leur territoire. Comme pour la construction des continuums écopaysagers, la modélisation des données espèces nécessite la construction d'une grille ou carte de friction spécifique à chaque espèce.

A partir des données de base (zone de présence, capacité de dispersion et grille de friction) la modélisation des données espèces procède en plusieurs étapes (détails dans le rapport):

1. digitalisation des zones de présence ou d'observation et sélection des zones nodales au sein de ces zones de présence
2. cumul avec la carte de friction spécifique à l'espèce
3. cumul avec la carte des obstacles spécifiques à l'espèce
4. application de l'algorithme adapté selon la distance de propagation
5. obtention d'une carte de continuum espèce qui met en lumière les zones d'extension et de diffusion possible de l'espèce au-delà de sa zone de présence.