



**CAHIER DE
L'ENVIRONNEMENT
N° 373**

Nature et paysage

**Réseau
écologique
national REN**

Rapport final



**Office fédéral de
l'environnement,
des forêts et
du paysage
OFEFP**

**CAHIER DE
L'ENVIRONNEMENT
N° 373**

Nature et paysage

**Réseau
écologique
national REN**

Rapport final

Une vision pour
l'interconnexion des
espaces vitaux en Suisse

**Publié par l'Office fédéral
de l'environnement, des forêts
et du paysage OFEFP
Berne, 2004**

Éditeur

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)

L'OFEFP est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)

Mandant

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), division Nature, section Compensation écologique

Mandataires

Guy Berthoud (ECONAT SA, Yverdon-les-Bains), Antonio Righetti (PiU GmbH, Wabern)

Référence

BERTHOUD G., LEBEAU R. P., RIGHETTI A. 2004 : *Réseau écologique national REN. Rapport final.* Cahier de l'environnement n° 373. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 132 p.

Direction du projet

Raymond Pierre Lebeau, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Chef de la section Compensation écologique

Rédaction

Guy Berthoud, Raymond Pierre Lebeau, Antonio Righetti, Nicole Bebié, Ursula Nöthiger-Koch

Groupe d'accompagnement

Rolf Anderegg (OFEFP), Pascale Aubert (Pro Natura), Simon Capt (CSCF), Arthur Fiechter (Service de la faune NE), Yves Gonseth (CSCF), Hans-Ulrich Gujer (OFEFP), Raimund Hipp (Canton de Thurgovie, KBNL), Otto Holzgang (Station ornithologique suisse de Sempach), Felix Kienast (FNP), Raymond Pierre Lebeau (OFEFP), Gilles Mulhauser (Canton de Genève, KBNL), Jürg Schenker (OFEFP), Josef Senn (FNP), Isabelle Tripet (Service de la faune NE), Walter Vetterli (WWF-Suisse), Adrian Zeender (Pro Natura)

Traduction

Béatrice & Daniel Weber, Windisch

Remerciements

L'éditeur et les mandataires remercient toutes les administrations cantonales de la protection de la nature et du paysage, de la chasse et pêche et de l'aménagement du territoire pour les données fournies et le soutien apporté au projet. Ils remercient également D. Calegari, Ph. Gmür, C. Neet, F. Turrian, F. Wittwer et D. Zürcher de leur engagement. Les bureaux privés suivants ont contribué activement aux travaux : ANL AG (Aarau), Beck und Staubli (Oberägeri), De Maddalena + Moretti (Gordevio), DROSER (Martigny), Faune concept (Neuchâtel), FÖN (Luzern/Zürich), Oekoinfo (Schaffhausen), quadra GmbH (Mollis), Strittmatter und Partner (St. Gallen), Theo Stierli und Partner AG (Wil), UNA AG (Bern).

Photo de couverture

M. Jenny, Sempach

Commande

OFEFP
Documentation
CH-3003 Berne
Fax + 41 (0) 31 324 02 16
E-mail : docu@buwal.admin.ch
Internet : www.buwalshop.ch

Numéro de commande du rapport : SRU-373-F

Prix du rapport : CHF 30.– (TVA comprise)

Cette publication est également disponible en allemand : SRU-373-D

Numéro de commande des cartes

(échelles 1:100'000 et 1:500'000) : SRU-373-TD

Prix des cartes : CHF 50.– (TVA comprise)

© OFEFP 2004

Table des matières

Abstracts	5	4.2	Étape de validation par les cantons	43	
Avant-propos	7	4.2.1	Validation par les cantons	43	
Résumé	9	4.2.2	Démarche itérative pour l'identification des éléments du réseau écologique national	43	
1 Introduction	11	4.2.3	Cartographie sur le terrain avec des experts naturalistes	44	
1.1	Situation	11	4.3	Étape de l'établissement du REN final	47
1.2	Origine et objectifs généraux du projet	11	4.3.1	Cartes de base du REN final	47
1.3	Intégration du REN aux objectifs nationaux	12	4.3.2	Synthèse et exploitation des données	48
1.4	Le REN et les réseaux écologiques au niveau international	13	4.3.3	Hiérarchisation du REN	48
2 Définition générale du concept de réseau écologique	17	4.3.4	Identification des réseaux sectoriels	50	
2.1	Conditions générales pour l'étude de la fragmentation du paysage et des réseaux écologiques	17	4.3.5	Cartes du REN	52
2.2	Notions élémentaires pour définir un réseau écologique	18	5 Résultats	54	
3 Approche et définitions pour la démarche REN	21	5.1	Introduction	54	
3.1	Le REN, une vision de l'interconnexion des espaces vitaux en Suisse	21	5.2	Présentation des cartes des réseaux spécifiques	57
3.2	Réflexions préliminaires sur les options du REN	22	5.3	Principales caractéristiques des réseaux spécifiques	58
3.3	Prise en compte de la complexité des connexions dans les réseaux écologiques	23	5.4	La fragmentation des réseaux en secteurs écologiques	64
3.4	Cas particulier de la zone d'altitude (>2100 m)	24	5.5	Hiérarchisation des réseaux spécifiques (Cartes de connectivité)	65
3.5	Définition et représentation graphique des éléments de réseaux écologiques	25	5.6	Prise en compte des inventaires de biotopes d'importance nationale et internationale dans le REN	76
4 Méthodes de travail	31	6 Applications	82		
4.1	Étape préparatoire	31	6.1	Introduction	82
4.1.1	Postulats	31	6.2	REN : Outil de travail	82
4.1.2	Croisement des données	31	6.3	Analyse comparative des réseaux spécifiques au niveau régional	85
4.1.3	Études de base	32	6.4	Orientation de la planification des surfaces de compensation écologique prévues par l'ordonnance sur la qualité écologique (OQE)	88
4.1.4	Données générales	33	6.5	La protection d'un site dans le cadre des réseaux écologiques cantonaux et nationaux	94
4.1.5	Calcul d'extension potentielle des continuums	34	6.6	Évaluation ciblée des éléments d'un réseau	96
4.1.6	Établissement du REN provisoire	37	7 Concept de gestion et d'utilisation du REN	100	
4.1.7	Cartographie des continuités écologiques dans le paysage	37	8 Conclusions	103	
4.1.8	Guides des espèces bioindicatrices	39			

Annexes	105	
A1	Sélection des guildes d'espèces caractérisant les divers continuums	105
A2	Liste des données de base utilisées pour la définition des cartes du REN provisoire	113
A3	Sélection des catégories d'utilisation du sol de GEOSTAT permettant de former les continuums provisoires	114
A4	Méthode de calcul matriciel définissant l'extension potentielle des continuums	115
A5	Désignation des corridors « non apparents » sur les cartes de synthèse	117
A6	Méthodes de hiérarchisation d'un site ou d'un élément du réseau écologique	118

Index	123	
1	Liste des tableaux	123
2	Liste des figures	123
3	Bibliographie	124
4	Glossaire	127

Encart	
1	Clés pour l'utilisation du réseau écologique national (REN)
2	Carte des principaux éléments du REN à l'échelle 1:500'000
3	Carte simplifiée des principaux réseaux écologiques potentiels et de leur connexions, à l'échelle 1:500'000

Abstracts

E

Keywords : Biodiversity, fragmentation, natural habitat destruction, biological and landscape diversity, interconnectedness, vision, modelling, potential, « top-down/bottom-up » process, REN, REP

The natural habitat destruction and the territory fragmentation threaten the biodiversity in Switzerland. Therefore, it is important to identify and maintain the connections between the still existing wildlife habitats. The project REN (Réseau écologique national) proposes a vision for a habitat interconnectedness on a national scale. The results are based on existing data, their processing within a computer model, as well as on the verification and completion of the dataset. The latter was done in close collaboration with local specialists and the concerned cantonal administrations. The results are presented on maps (scale 1:100'000 and 1:500'000).

D

Stichwörter : Artenvielfalt, Zerschneidung, Zerstörung von Naturräumen, Landschafts- und Artenvielfalt, Lebensraumverbund, Vision, Modellierung, Potential, Ansatz « top-down/bottom-up », REN, REP

Die Zerstörung der Naturräume und die Zerschneidung der Lebensräume bedrohen die Artenvielfalt der Schweiz. Um dies zu vermeiden, gilt es daher als vorrangig, die Verbindungen zwischen den noch bestehenden, ökologisch wertvollen Gebieten auszuscheiden und zu sichern. Das Projekt REN (Réseau écologique national) stellt eine Vision für einen landesweit vernetzten Lebensraumverbund dar. Die Resultate bauen auf vorhandenen Daten, ihrer Verarbeitung in einem Rechenmodell, sowie einer Prüfung und Ergänzung dieser Angaben auf. Letztere erfolgte in enger Zusammenarbeit mit Fachleuten und den kantonalen Fachstellen. Die Resultate werden mittels Karten dargestellt (Massstab 1:100'000 und 1:500'000).

F

Mots-clés : Biodiversité, fragmentation, destruction des habitats naturels, diversité biologique et paysagère, interconnexion, vision, modélisation, potentialité, démarche « top-down/bottom-up », REN, REP

La destruction des habitats naturels ajoutée à la fragmentation des espaces vitaux menace la diversité biologique de la Suisse. Ainsi, identifier et maintenir les liaisons entre les zones proches de l'état naturel est devenu une préoccupation majeure pour la sauvegarde de la biodiversité. Le projet REN (Réseau écologique national) est une vision pour l'interconnexion des espaces vitaux. Les résultats se basent sur des données existantes et sur leurs modélisations, montrant les zones potentiellement favorables pour le développement d'un réseau écologique. Celles-ci, complétées par les connaissances de spécialistes locaux en étroite collaboration avec les administrations cantonales, sont présentées sur des cartes (échelles 1:100'000 et 1:500'000).

I

Parole chiave : Diversità biologica e paesaggistica, frammentazione, distruzione dei habitat naturali, interconnessione, visione, modellazione, potenzialità, approccio « top-down/bottom-up », REN, REP

La distruzione degli habitat naturali in combinazione con la frammentazione degli spazi vitali minacciano la diversità biologica della Svizzera. Per questo motivo identificare e mantenere collegate le zone ancora vicine allo stato naturale è diventata una delle preoccupazioni maggiori per la salvaguardia della diversità biologica. Il progetto REN (Rete ecologica nazionale) è una strategia per il collegamento degli spazi vitali. I risultati, che basano su dati disponibili e la loro modellazione, mostrano le zone potenzialmente favorevoli per lo sviluppo di una rete ecologica. Questi, completati da specialisti locali in collaborazione con i Servizi cantonali, sono presentati su mappe (scala 1:100'000 e 1:500'000).

Avant-propos

L'importance du développement du « réseau de voies de communications » répondant aux exigences de mobilité des êtres humains au cours des siècles a démontré la nécessité de disposer également d'une vision globale des liaisons qui régissent la survie de la flore et de la faune sauvages et de leurs espaces vitaux, sans constituer un frein à l'économie du pays. Le présent rapport, établi sur mandat de l'OFEFP, propose une vision prospective de type naturaliste, constituant une synthèse de réseau écologique au niveau du territoire suisse.

Complémentaire à la protection et à la gestion des espèces et des biotopes remarquables et menacés, la démarche conduisant à l'établissement du « Réseau écologique national » (REN) ouvre la voie à une nouvelle forme de partenariat avec les instances cantonales et fédérales concernées par la gestion du paysage, notamment celles des transports et des communications, de l'agriculture et de la sylviculture, de l'économie des eaux, de la sécurité nationale, du développement territorial ainsi que de la chasse, de la pêche et de la protection de la nature et du paysage.

Le REN répond aux objectifs stratégiques de la conception « Paysage suisse » (CPS), adoptée en 1997 par le Conseil fédéral, et à ceux des principes directeurs « Nature et Paysage » de l'OFEFP, « Paysage 2020 » (2003). Le REN s'inscrit également dans le contexte international prévoyant de limiter d'ici à 2010 la dégradation de la biodiversité, conformément aux objectifs de la Convention sur la diversité biologique (1992). Le REN, qui intègre également les paramètres du réseau « ÉMERAUDE » de la Convention de Berne, participe enfin à l'établissement du réseau écologique paneuropéen (REP).

Les cartes du REN, qui font partie intégrante du rapport, présentent les multiples aspects des réseaux écologiques au niveau national, en fonction de l'utilisation du sol à la fin de l'année 2003. Elles établissent, aux échelles 1:500'000 et 1:100'000, les bases d'une politique de revitalisation des espaces vitaux en Suisse. Le REN peut être considéré comme une « étude de base » au sens de l'article 13 de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire.

Vision globale non contraignante, le REN n'est ni absolu ni rigide, mais il évoluera ultérieurement au rythme des interventions, positives ou négatives, portées au territoire, dont la gestion incombe aux autorités concernées.

Si le REN a déjà permis d'inspirer nombre de réflexions sur l'interconnexion nécessaire des espaces vitaux, il constituera certainement à l'avenir la base d'une politique dynamique de conservation dans le cadre du développement durable.

Office fédéral de l'environnement,
des forêts et du paysage

Franz-Sepp Stulz
Chef de la division Nature

Résumé

La destruction des habitats naturels, associée à la fragmentation des espaces vitaux, constitue une des causes majeures de la disparition de la diversité biologique. Après plusieurs décennies de protection de sites remarquables, on reconnaît actuellement qu'il est indispensable de prendre des mesures visant à améliorer l'interconnexion des grands espaces afin de stopper la perte constante de notre patrimoine naturel et paysager.

La conception « Paysage suisse » (CPS 1997) et les principes directeurs de l'OFEFP « Paysage 2020 », publiés en 2003, considèrent que le développement d'un réseau écologique national cohérent, permettant d'identifier les zones importantes pour la nature ainsi que leurs interconnexions existantes et potentielles, offre un outil d'action essentiel pour la mise en œuvre de stratégies de conservation et de gestion de la diversité biologique et paysagère dans notre pays. Il répond aux sollicitations de la politique européenne pour la mise en œuvre du Réseau écologique paneuropéen décidée par la Conférence ministérielle paneuropéenne de Sofia en 1995.

Si les principes de base pour la mise en œuvre d'un réseau écologique ont été définis au niveau européen, le projet de réseau écologique national (REN) a développé plusieurs approches originales pour cartographier et décrire de manière détaillée les structures et les fonctions d'un réseau d'interconnexions. Ce dernier couvre une grande partie des paysages de la Suisse et relie une multitude d'habitats parfois modestes, mais hébergeant néanmoins des populations d'espèces importantes de la vie sauvage, devant s'adapter à des conditions de vie influencées, volontairement ou non, par les activités humaines.

La cartographie du REN a été effectuée sur la base d'une modélisation des zones potentiellement favorables pour le développement d'un réseau écologique, en utilisant de manière optimale les données existantes et en complétant les données lacunaires par les connaissances de spécialistes locaux. Elle a finalement été validée par les administrations cantonales concernées. Le réseau final a été obtenu par l'aggrégation des données jugées pertinentes pour la constitution de réseaux au niveau national. Bien que les vérifications de terrain aient été effectuées sur des cartes à l'échelle 1:25'000, la précision des données cartographiées est celle de cartes au 1:100'000, suffisante pour obtenir la vision nationale recherchée.

Les cartes de synthèse du REN mettent à la disposition des utilisateurs non seulement une représentation synthétique des structures complexes du réseau écologique global, mais également les cartes des réseaux spécifiques qui le composent. Cette dissociation est indispensable pour interpréter, à l'aide de tests de connectivité, les fonctionnalités du paysage pour des espèces regroupées par affinités écologiques.

Ces mêmes tests ont permis d'identifier sommairement les parties de réseaux les plus performantes ou les plus déficientes, en termes d'interconnexions ou de capacité d'accueil pour des populations animales et végétales, et de les classer selon leur importance. Cette hiérarchisation vise à faciliter les réflexions sur les concepts

régionaux de mise en réseau de surfaces de compensation écologique prévus par l'OQE, sur l'élaboration de plans directeurs respectant les contraintes naturelles du paysage, ainsi que sur la gestion des transformations du paysage entraînées par des projets de développement d'activités, de constructions ou d'implantation d'infrastructures de transport.

Les documents du REN sont évolutifs et non contraignants, dans la mesure où ils offrent surtout une possibilité d'analyse et de réflexion sur le fonctionnement des paysages, dans le but de satisfaire aux principes du développement durable tout en menant nos activités dans le respect de notre patrimoine naturel et paysager.

1 Introduction

1.1 Situation

Le recul continu des habitats naturels et du nombre d'espèces en Europe, associé à des menaces persistantes sur la biodiversité, ne laisse aucun doute quant à la nécessité d'une action urgente d'envergure en faveur de la conservation du patrimoine naturel européen. Ce phénomène de dégradation de l'environnement est complexe par la multiplicité de ses causes.

Parmi toutes les causes identifiées, la fragmentation des milieux naturels et du paysage a été reconnue comme étant un des plus importants facteurs de la disparition de la diversité biologique, en Suisse comme en Europe. Elle résulte de la destruction de biotopes et de la perte des échanges génétiques entre les populations d'espèces végétales et animales ainsi que de la dégradation de la fonctionnalité des espaces vitaux, morcelés et souvent complètement isolés. Pour contrer cette tendance, il apparaît aujourd'hui nécessaire de maintenir ou de restaurer la connectivité entre les écosystèmes, ainsi que de relier entre eux certains milieux naturels et semi-naturels importants pour la biodiversité, de façon à former à nouveau des réseaux cohérents d'habitats et de corridors écologiques, garantissant globalement leur fonctionnalité dans le paysage.

Face à cette situation, l'interconnexion des écosystèmes est devenue progressivement une préoccupation majeure et figure par conséquent parmi les éléments prioritaires des Principes directeurs de la politique de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP) en matière de protection de la nature et du paysage.

C'est pour répondre à cette attente que le « Réseau écologique national » (REN) a été réalisé.

1.2 Origine et objectifs généraux du projet

L'idée d'établir un réseau écologique national a été lancée le 19 décembre 1997 avec l'adoption par le Conseil fédéral de la conception « Paysage suisse » (CPS). La CPS fixe notamment comme objectif général du point de vue Nature et Paysage de « valoriser et reconstituer des réseaux de biotopes » et, comme objectif sectoriel, de « créer au cours des dix prochaines années de nouvelles zones de grande valeur écologique et paysagère sur au moins 10% de la surface en plaine, afin de compléter le réseau des biotopes¹, ainsi que d'assurer les surfaces de grande valeur écologique dans les paysages qui présentent un réseau de biotopes relativement intact ».

¹ Ce qui implique notamment de prendre, de manière coordonnée, les mesures suivantes :
7.04 Mettre en réseau les SCE selon l'OQE dans les zones prioritaires pour la N+P ;
7.05 encourager la mise en réseau de biotopes lors des tâches de la Confédération et autres actions ;
7.26 encourager l'élaboration de conceptions d'évolution du paysage (CEP) ;
7.32 structurer et valoriser le paysage.

Ces buts majeurs ont été repris en 2003 dans les Principes directeurs « Nature et Paysage » de l'OFEFP, « Paysage 2020 », qui encouragent la création d'un « Réseau vert suisse ». Dans ce contexte, l'établissement d'un « Réseau écologique national » (REN), identifiant sur carte les zones importantes pour la nature ainsi que leurs interconnexions existantes, résiduelles et potentielles, constitue le pilier transversal le plus performant pour compléter la stratégie de conservation et de gestion de la diversité biologique et paysagère dans notre pays.

Le « Réseau écologique national (REN) » a pour but de contribuer à :

- protéger et restaurer les habitats, pour assurer les échanges génétiques nécessaires à la survie des espèces indigènes de la flore et de la faune sauvage,
- renforcer la connectivité des milieux importants pour la biodiversité (« hot spots ») et à les relier par des corridors écologiques efficaces et évolutifs,
- diminuer la fragmentation des écosystèmes par la gestion et la restauration des axes principaux du réseau écologique en assurant leur conservation,
- mettre en réseau les surfaces de compensation écologique dans l'agriculture,
- développer le potentiel écologique des cours d'eau et de leurs abords,
- améliorer la qualité et la diversité du paysage.

1.3 Intégration du REN aux objectifs nationaux

Pour atteindre ses buts, le REN s'est fondé sur plusieurs travaux, soutenus et/ou publiés ces dernières années par l'OFEFP :

- Minimum requis de surfaces proches de l'état naturel dans le paysage rural (Broggi & Schlegel 1990)
- Priorités nationales de la compensation écologique dans les zones agricoles de plaine (Broggi & Schlegel 1998)
- Les corridors faunistiques en Suisse (Holzgang et al. 2001)
- Partie relative à la Suisse du rapport COST 341 de l'Union européenne « Fragmentation des milieux naturels par les infrastructures de transport » (Oggier et al. 2001)
- Directive du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) « La planification et la construction des passages à faune à travers des voies de communications » (novembre 2001)

Parallèlement à ces travaux, la problématique de l'interconnexion, de la « mise en réseau des écosystèmes » et de la lutte contre la fragmentation des espaces vitaux s'est imposée comme un thème important, qu'il convenait de prendre en compte dans l'établissement des plans directeurs d'aménagement du territoire et d'autres travaux de planification, comme les conceptions d'évolution du paysage (« Boîte à outils CEP : guide méthodologique pour les conceptions d'évolution du paysage », HSR-Rapperswil et SRVA 2002).

L'établissement d'un réseau écologique répond également à des objectifs politiques, en ce sens qu'il contribue à l'application de dispositions légales en vigueur :

- La loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN 1966) et l'ordonnance sur la protection de la nature et du paysage (OPN 1991, art. 14 et 15) visent à protéger la flore et la faune indigènes par diverses mesures, parmi lesquelles le maintien et la restauration d'espaces vitaux suffisamment étendus et l'interconnexion des biotopes isolés.
- La loi fédérale sur la chasse et la protection des mammifères et oiseaux sauvages (LChP 1986) et l'ordonnance sur la chasse et la protection des mammifères et oiseaux sauvages (OChP 1988) ont pour but de protéger la faune sauvage et ses habitats.
- La loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT 1979) concerne le droit de surveillance pour l'accomplissement de toute tâche ayant des effets sur l'organisation du territoire.
- La loi fédérale sur les forêts (LFo 1991) et le Programme forestier suisse (PFS 2004) demandent notamment le maintien de la biodiversité, la mise en réseau de biotopes et la revalorisation écologique des lisières.
- L'ordonnance fédérale sur les améliorations structurelles dans l'agriculture (OAS 1998) mentionne les contributions financières prévues pour la promotion de la compensation écologique et la mise en réseau de biotopes dans l'espace agricole.
- L'ordonnance fédérale sur la promotion régionale de la qualité et la mise en réseau de surfaces de compensation écologique dans l'agriculture (OQE 2001) permet à la Confédération d'allouer, sous certaines conditions et sur une base volontaire, des contributions pour la mise en réseau de surfaces de compensation écologique sur la surface agricole utile.
- L'ordonnance fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (OACE 1994) encourage la mise en place de l'espace minimal nécessaire à la protection contre les crues et à la préservation des fonctions écologiques le long des cours d'eau.

1.4 Le REN et les réseaux écologiques au niveau international

Les profondes transformations économiques, culturelles et sociales qui sont intervenues au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle, favorisant l'exploitation et l'uniformisation de l'espace, ont nécessité une adaptation notable des méthodes utilisées jusqu'alors pour la protection de la nature. Aux principes de la conservation des espèces, des réserves naturelles et des zones protégées sont venus s'ajouter les concepts de l'intégration des exigences écologiques et paysagères dans les activités économiques sectorielles et de la mise en réseau des zones de haute valeur du point de vue de la biodiversité par l'intermédiaire de zones extensifiées ou renaturées, ainsi que de corridors écologiques.

Au niveau mondial, l'importance des réseaux écologiques a été largement reconnue dans le Plan d'application du Sommet mondial sur le développement durable (Jo-

hannesburg 2002), qui demande de promouvoir la mise en place de réseaux et de corridors écologiques aux niveaux national et régional (point 44g).

Au niveau européen, les « Lignes directrices générales pour la constitution du Réseau Écologique Paneuropéen » (Conseil de l'Europe 2000 ; collection Sauvegarde de la Nature n° 107), établies dans le cadre de la Stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère², fournissent les bases détaillées pour la définition et la mise en œuvre de mesures pour la constitution des réseaux écologiques interconnectés dans l'ensemble de l'Europe.

En ce qui concerne les réseaux en Europe, la stratégie pour la conservation de la diversité biologique a été développée selon plusieurs axes complémentaires :

NATURA 2000 :
Le réseau écologique
de l'Union européenne

La Directive « Faune, Flore et Habitats » (1992) demande que, d'ici à 2004, un réseau écologique cohérent à l'échelle de l'Union européenne soit mis en place sous le nom de « Réseau Natura 2000 ». Le réseau comprend deux types de zones :

- Les sites abritant les 253 types d'habitats, 200 espèces animales et 434 espèces végétales figurant dans la liste des annexes I et II de la Directive « Faune, Flore et Habitats » comme étant d'intérêt communautaire, avec en particulier un nombre limité de types d'habitats et d'espèces prioritaires. Ces sites sont désignés comme des « zones spéciales de conservation » (ZSC).
- Les sites abritant des populations des espèces d'oiseaux sauvages figurant dans la liste de l'annexe I de la Directive « Oiseaux » de 1979. Ces sites sont désignés comme des « zones de protection spéciale » (ZPS).

Or, la notion de « réseau cohérent » suppose une **interconnectivité**. C'est pourquoi, en vertu de l'article 10 de la Directive « Faune, Flore et Habitats », les États membres sont encouragés à gérer les éléments linéaires et ayant un rôle de relais, qui sont essentiels à la migration, à la dispersion et aux échanges génétiques des espèces. Ces éléments de connexion sont aussi à inclure dans les zones spéciales de conservation pour contribuer finalement au Réseau écologique paneuropéen (REP).

Le réseau ÉMERAUDE :
système de zones
protégées au niveau de
l'Europe et de l'Afrique

Dans le cadre de la Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Convention de Berne du 19.9.1979), les 45 Parties contractantes sont tenues d'assurer la conservation des habitats de la vie sauvage en général, des habitats naturels menacés en particulier, et des habitats des espèces figurant dans la liste des annexes I, II et III de la Convention.

En 1996, le Comité permanent de la Convention a adopté une résolution prévoyant la création du réseau « ÉMERAUDE », qui inclut des « zones d'intérêt spécial pour la conservation » (ZISC), en utilisant quasiment le même modèle méthodologique que Natura 2000. La protection des sites ÉMERAUDE n'est contraignante que dans le cadre de la gestion nationale des espaces naturels sensibles.

² Celle-ci a été adoptée par les ministres européens de l'environnement lors de la Conférence ministérielle paneuropéenne « Un Environnement pour l'Europe » (Sofia 1995).

Le Réseau écologique paneuropéen (REP) : mise en cohérence des réseaux au niveau paneuropéen

Le concept de Réseau écologique paneuropéen (REP) résulte de la Stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère approuvée par les ministres européens de l'environnement en 1995. Les Lignes directrices générales pour la constitution du Réseau écologique paneuropéen ont été adoptées à Genève le 21 avril 1999, lors de la 3^e réunion du Conseil pour la Stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère. Selon le calendrier fixé par les ministres de l'environnement lors de la Conférence ministrielle paneuropéenne « Un Environnement pour l'Europe » (Kiev 2003), le REP doit être terminé d'ici à 2006 (carte indicatrice) et mis en œuvre pour la conservation des zones nodales d'ici à 2008.

Le REP vise la conservation des écosystèmes caractéristiques, des habitats naturels et des paysages d'importance européenne, la sauvegarde de populations viables des espèces d'importance européenne sur toute leur aire de répartition traditionnelle et le maintien de processus environnementaux sur lesquels reposent ces écosystèmes, habitats, espèces et paysages. Le REP doit contribuer à favoriser la conservation de la nature, à la fois à l'intérieur et à l'extérieur des zones protégées, en relation avec les programmes internationaux et en particulier avec les réseaux ÉMERAUDE de la Convention de Berne, Natura 2000 de l'Union européenne, et le réseau de « réserves de biosphère » de l'UNESCO.

Le Réseau écologique national (REN), intégrant les sites ÉMERAUDE qui seront désignés prochainement (1^{ère} série) par la Suisse, représentera la contribution de notre pays à l'établissement du REP.

La nécessité d'établir des réseaux écologiques figure également dans les « Principes directeurs pour le développement territorial durable du continent européen » présentés lors de la Conférence européenne des ministres responsables de l'aménagement du territoire (CEMAT, Hanovre 2000). Les réseaux écologiques contribueront également à la mise en œuvre de la Convention européenne du paysage « Convention de Florence » (Conseil de l'Europe 2000).

Cadre du projet

La mise en œuvre d'un réseau écologique national (REN) est un des objectifs majeurs de la conception « **Paysage Suisse** » et des Principes directeurs « **Paysage 2020** » de l'OFEFP (2003).

Le REN contribue à fournir des solutions contre la perte générale de la biodiversité, due à la fragmentation progressive du paysage, à encourager la revitalisation écologique des régions utilisées de manière intensive et, finalement, à pallier le manque de perméabilité du réseau des infrastructures de transport.

Le REN établit une vision cartographique d'un réseau écologique multiple et interconnecté, permettant de suivre l'évolution des problèmes de la fonctionnalité écologique globale du territoire.

Il est cohérent au niveau international et constitue la contribution de la Suisse aux trois piliers de la Stratégie de la diversité biologique et paysagère au niveau européen : Le **réseau Natura 2000**, le **réseau ÉMERAUDE** et le **Réseau écologique paneuropéen (REP)**.

Les principes politiques mondialement reconnus mettent en exergue l'importance de l'interconnexion des habitats. Les buts essentiels d'un concept de réseau écologique ont été formulés et les éléments majeurs définis.

2 Définition générale du concept de réseau écologique

2.1 Conditions générales pour l'étude de la fragmentation du paysage et des réseaux écologiques

Les mécanismes de transformation du paysage s'expliquent par trois facteurs déterminants :

- **La banalisation des espaces** par des activités humaines transformatrices généralisées, entraînant la disparition progressive des espaces naturels résiduels soumis jusque là aux seules contraintes topographiques du paysage.
- **L'affaiblissement des dynamiques évolutives naturelles**, même dans les espaces naturels résiduels du paysage, notamment par des aménagements et des modes de gestion inappropriés.
- **Le découpage sectoriel des écosystèmes** par des infrastructures de transport et par le verrouillage de corridors de connexion par des activités perturbantes ou des constructions.

L'analyse des incidences de la fragmentation du paysage sur la dynamique des populations nécessite une approche globale des facteurs et des mécanismes qui la provoquent. Les composantes principales de la fragmentation sont les effets de secteur, de dispersion, d'hétérogénéité du paysage, de lisière et d'interactions spécifiques (cf. glossaire). Agissant en synergie, ces divers types d'effets conduisent à affirmer que la fragmentation des espaces vitaux constitue une des causes majeures du recul de la biodiversité et de l'effondrement général des populations animales et végétales dans tous les écosystèmes. Les nombreuses études réalisées dans le monde montrent également que les mécanismes de fonctionnement en métapopulations constituent une forme d'adaptation permettant de rétablir ou de renforcer des populations menacées par la fragmentation du paysage. Une des analyses complètes et récentes sur ce thème est celle de Jochen Jäger, chaire Nature et Paysage, EPFZ (2002). D'autres études, fondamentales mais plus anciennes, ont mis en évidence les facteurs essentiels de ce mécanisme environnemental. Il s'agit principalement de la théorie des îles (Preston 1960 et MacArthur & Wilson 1967), de la théorie des mosaïques (Robinson & Quinn 1992) et de la théorie des métapopulations (Levins 1970 et Hanski & Gilpin 1997).

Le Centre européen de conservation de la nature (CECN) de Tilburg (NL) publie régulièrement les démarches et les réalisations de réseaux écologiques des pays européens. Citons notamment : Jongmann (1995 a et b), Bennett (1991, 1998 et 1999) et Bouwma (2002).

L'idée conductrice de ce concept de réseaux écologiques est de sauvegarder ou de reconstituer des secteurs qui :

- I. incluent une variété d'habitats pour les espèces caractéristiques de ces biotopes,
- II. sont assez vastes pour assurer la survie de populations viables et assez importantes pour résister aux fluctuations normales des populations,
- III. relient plusieurs secteurs pour maintenir les échanges fauniques originels entre les secteurs naturels par des processus de dispersion ou de migration,
- IV. sont suffisamment adaptés et étendus pour être protégés des influences externes défavorables,
- V. peuvent fonctionner à diverses échelles, selon les espèces ou les écosystèmes impliqués,
- VI. offrent la connectivité nécessaire entre les zones-clés de conservation de la nature pour permettre à des populations de plusieurs espèces de survivre.

2.2 Notions élémentaires pour définir un réseau écologique

L'établissement de réseaux écologiques intègre les phénomènes de déplacement des espèces dans leur espace vital, les migrations, les dispersions et les connectivités existantes et potentielles régissant ces espaces. Un réseau écologique, globalement stable dans la mesure où il dépend largement de structures géomorphologiques dominantes dans un paysage, est continuellement évolutif dans le détail, en fonction des possibilités, des potentialités des territoires et de la faune en présence. Par ailleurs, il n'existe pas, scientifiquement parlant, un seul réseau, mais des faisceaux de plusieurs réseaux qui se distinguent soit en fonction de l'échelle d'analyse envisagée, soit selon les espèces, les biocénoses et les écosystèmes.

En outre, suivant l'espèce et l'échelle d'analyse souhaitée, il convient de définir les réseaux appropriés au niveau local, différents du niveau régional, qui s'intègrent dans le niveau national, voire paneuropéen, sans pour autant être forcément identiques.

Selon **l'approche au niveau paneuropéen**, un réseau écologique type se définit sur la base d'un canevas fondamental qui comprend quatre éléments complémentaires de base (cf. glossaire pour plus de détails) :

Les zones nodales

Les zones nodales (ou zones noyaux)³ sont des espaces naturels de haute valeur du point de vue de la biodiversité, dans lesquelles se trouvent des espèces et/ou des écosystèmes particuliers. Ces zones nodales doivent assurer le rôle de « réservoirs » pour la conservation des populations et pour la dispersion des espèces vers les autres espaces vitaux potentiels.

³ Dans le REN, le terme de zones nodales a été préféré à celui de zones noyaux.

- Les zones-tampons** Les zones-tampon visent à protéger une zone nodale des effets d'une gestion perturbatrice des zones périphériques.
- Les zones de restauration** Les zones de restauration (ou zones de revitalisation) dans des paysages fragmentés ou dégradés permettent d'améliorer les potentialités de conservation des zones nodales ou de favoriser les liaisons dans les espaces vitaux. La remise en état de ces surfaces et la reconstitution des écosystèmes se fondent à la fois sur une réactivation de la dynamique naturelle de succession des biocénoses et sur les interventions humaines actives, telles que la réhabilitation de l'espace nécessaire à la faune le long des cours d'eau.
- Les corridors écologiques** Ce sont des éléments de liaison fonctionnels entre les écosystèmes ou entre les différents habitats des espèces, permettant à ces dernières de se déplacer. Ces surfaces, souvent linéaires, parfois interrompues sous forme d'îlots-refuge (stepping-stones), assurent principalement les échanges génétiques et physiques des espèces entre les zones nodales. Les corridors écologiques contribuent également au renforcement de la biodiversité dans les espaces exploités intensivement, à la renaturation des espaces dégradés et à la revitalisation du paysage. Ces éléments structurels sont le siège de mécanismes particuliers d'échanges saisonniers. Ces mécanismes de fonctionnement en métapopulations (cf. glossaire) constituent une forme d'adaptation permettant de rétablir ou de renforcer des populations menacées par la fragmentation du paysage. Dans les paysages transformés, ce sont les structures paysagères les plus complexes, encore organisées en réseaux, qui vont contrôler la majorité des flux de dispersion et de migration, caractéristiques de la dynamique évolutive de nos paysages.

En résumé, les éléments des réseaux écologiques constituent un système spatial structuré permettant les déplacements⁴ de la faune, selon des rythmes saisonniers, qui contribuent de manière importante à la survie et à la reproduction des espèces animales. Le mécanisme global de déplacements journaliers, saisonniers, réguliers ou uniques de populations ou de groupes d'individus est essentiel pour leur survie et pour le fonctionnement des biotopes en général. Seules les migrations collectives, souvent spectaculaires par leur ampleur, sont facilement repérables, les déplacements individuels passant généralement inaperçus.

Par définition, les réseaux écologiques regroupent des habitats et des espèces écologiquement proches. Ils concernent donc l'ensemble des espèces de la faune et de la flore sauvages.

⁴ Quatre genres de déplacements sont généralement distingués :

- Les déplacements individuels, journaliers et locaux, effectués sur un domaine restreint.
- Les déplacements collectifs spécifiques, saisonniers et locaux, visant à satisfaire des besoins vitaux réguliers (sites de repos, de nourrissage, de reproduction).
- Les déplacements de dispersion entre le lieu de naissance et les lieux de reproduction, souvent éloignés du groupe familial, et habituellement sans retour au lieu de naissance.
- Les déplacements bidirectionnels réguliers de migration, habituellement saisonniers, effectués par exemple entre des zones de nourrissage estival et des zones d'hivernage.

Axes de réflexion sur la fragmentation du paysage et sur les réseaux écologiques en Europe

Les mécanismes environnementaux de l'isolement, de la fragmentation et de la dégradation des habitats sont bien connus.

Bien qu'agissant en synergie, les incidences de la fragmentation du paysage constituent une des causes majeures du recul de la biodiversité.

Les mécanismes de fonctionnement en métapopulations constituent une forme d'adaptation permettant de rétablir ou de renforcer des populations menacées par la fragmentation du paysage. Dans les paysages transformés, ce sont les structures écosystémiques encore organisées en réseaux complexes qui vont contrôler la majorité des flux de dispersion et de migration, caractéristiques de la dynamique évolutive des espèces sauvages.

Les démarches choisies en Europe pour la mise en place des réseaux écologiques s'accordent pour définir quatre éléments essentiels constituant un réseau : les zones nodales, les corridors, les zones de restauration de la nature et les zones-tampon. Elles concourent à une réflexion sélective permettant d'identifier les meilleurs éléments du paysage assumant le rôle vital de connexion dans un territoire fragmenté.

3 Approche et définitions pour la démarche REN

3.1 Le REN, une vision de l'interconnexion des espaces vitaux en Suisse

Si la réalisation d'un réseau vert suisse est apparue dans la conception « Paysage suisse », avant d'être inscrite comme objectif dans les Principes directeurs de l'OFEFP « Paysage 2020 », rappelons que les principes de la vision écosystémique des paysages figurent déjà dans la loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN 1966).

L'établissement du REN visant les mêmes buts que ceux recherchés en Europe, les méthodes et les données utilisées se réfèrent donc largement aux guides et directives du Réseau écologique paneuropéen (REP) publiés par le CECN. Toutefois, l'approche du REN s'en distingue par des caractéristiques spécifiques nationales (faibles étendues géographiques, diversité des milieux semi-naturels dégradés, parcellisation prononcée, etc.), par les méthodes de collecte d'informations, par l'interprétation des fonctionnalités du réseau écologique identifié et par l'usage de concepts originaux supplémentaires (par exemple les continuums).

L'approche écosystémique du paysage utilisée par le REN vise une perception globale des multiples interactions des éléments en présence dans un territoire. Ce paysage y est décrit en termes de systèmes interactifs organisés en réseaux selon des facteurs biotiques et abiotiques, ayant pour résultats des surfaces d'habitats variés, des flux de matériaux, de propagules (cf. glossaire) et d'énergies.

Les apports du REN sont les suivants :

- Il décrit dans un modèle cartographique schématique les structures paysagères organisées en ensembles de réseaux, souvent synergiques mais parfois antagonistes.
- Il cherche à attirer l'attention des gestionnaires du territoire, de la nature et du paysage non plus uniquement sur les hauts lieux naturels, mais également sur les interconnexions, souvent très discrètes, entre les divers éléments du paysage, basées sur des flux migratoires d'espèces animales et végétales. Ces échanges, parfois diffus et locaux dans le cas des ensembles de grands habitats peu fragmentés, peuvent au contraire être très organisés et spectaculaires par les quantités d'animaux tués sur les routes.
- Il fournit une base de travail pour une meilleure prise en compte de l'interconnexion et des potentialités de développement pour la restauration des espaces vitaux.

Dans l'idéal, un réseau écologique peut être déduit d'une cartographie systématique des habitats naturels et semi-naturels (carte phytosociologique), complétée par des inventaires d'espèces représentatives de la flore et de la faune. Ces données de base sont interprétées par des regroupements d'espèces et d'habitats, en fonction de leurs affinités écologiques, et par des recherches de flux d'échanges entre zones complémentaires. Certes, l'inventorisation systématique détaillée de communautés d'habitats et d'espèces n'a pas encore été réalisée. C'est pourquoi le REN utilise deux ap-

proches complémentaires : l'une par recoupement d'informations et l'autre par la recherche d'habitats potentiellement favorables dans un paysage, afin de construire un modèle paysager de systèmes d'espaces homologues, interconnectés ou fragmentés.

Le REN est ainsi un produit intégrateur, qui a cherché à utiliser de manière optimale les nombreuses données disponibles sur les habitats et les espèces. Ces informations ne sont malheureusement pas encore suffisamment complètes pour faire l'objet de cartes de répartition détaillées. Dès lors, l'approche utilisée par habitat ou par continuum permet, par une procédure de lissage de l'information, d'obtenir, de manière satisfaisante et rapide, une vision globale des espaces potentiels favorables à certains groupes écologiques. Les données cartographiques sont étayées dans les endroits critiques par une vision naturaliste de terrain, qui établit la présence probable de milieux propices et, surtout, de possibilités réelles d'interconnexion avec des zones nodales dans lesquelles les espèces et les habitats sont connus. Les limites d'utilisation du produit de synthèse obtenu vont dépendre de l'échelle à laquelle l'information initiale a été collectée, le but du REN étant la définition des structures générales des réseaux spécifiques et non la définition de l'espace vital d'une population pour une espèce donnée.

Cette démarche de recherche est couramment utilisée pour l'analyse des milieux naturels dans les études d'impact de projets, car elle permet d'établir, dans un délai raisonnable, une appréciation correcte des enjeux régionaux et des incidences probables d'un projet sur les écosystèmes et sur les espèces patrimoniales. Elle est axée sur la collecte d'informations par recoupement de bases de données, d'échantillonnages représentatifs et de modélisations spatiales des fonctionnements systémiques.

3.2 Réflexions préliminaires sur les options du REN

Comme on l'a vu, la démarche traditionnelle de protection de la nature et du paysage doit être accompagnée d'une dynamique nouvelle de mise en réseau des zones importantes pour la biodiversité, intégrant une gestion plus globale des espaces vitaux pour les espèces de la flore et de la faune sauvages et prenant en compte leurs potentialités de développement.

La simple désignation de corridors reliant des zones nodales déjà fixées, telles que préparées par les réseaux écologiques européens, n'est pas une démarche adaptée au territoire de la Suisse, caractérisé par un gradient de naturalité augmentant avec l'altitude.

Sur le Plateau suisse, les éléments de réseaux sont actuellement très réduits et la fragmentation des habitats trop élevée. Dans ce type de paysage, la priorité doit être donnée à la reconstitution d'un réseau écologique fonctionnel comportant des zones

nodales et des zones de développement et, sur la base des structures fragmentaires résiduelles, à la revitalisation des interconnexions.

En zones de moyenne altitude (700–1200 m), les habitats naturels couvrent encore des surfaces considérables, mais présentent parfois des fragmentations importantes dues aux infrastructures et voies de communication. Il faut faire particulièrement attention à ne pas perturber les fonctionnalités naturelles des espaces vitaux.

En montagne, les espaces naturels sont nombreux et bien connectés, les obstacles naturels structurant les espaces vitaux. La définition détaillée des zones nodales et des corridors écologiques est difficile à cerner et la priorité doit être donnée à la conservation des structures existantes.

Dans le projet REN, un processus d'analyse globale des flux biologiques dans une matrice paysagère a été utilisé, évitant les écueils constitués par les informations lacunaires et non homogènes disponibles en matière d'habitats pour la faune et la flore.

3.3 Prise en compte de la complexité des connexions dans les réseaux écologiques

Si le but du projet est de cartographier les diverses fonctionnalités du paysage, l'organisation spatiale des connexions existantes doit être considérée dans un espace tridimensionnel. En effet, chaque espèce sauvage animale ou végétale possède son propre mode et réseau de déplacement dépendant de ses besoins, de ses opportunités et de ses capacités locomotrices. Outre des déplacements individuels journaliers sur un espace limité, on distingue également des déplacements sociaux, de reproduction, de nutrition, de dispersion et de migration saisonnière, qui sont parfois de grande ampleur.

Pour obtenir une vision globale des mécanismes fonctionnels de déplacement de la faune et de la flore dans la nature, il faut tenir compte :

- a) des **déplacements terrestres**, actifs et passifs pour la faune, généralement passifs pour la flore par l'intermédiaire de la faune (= dissémination zoochore), parmi lesquels on distingue généralement divers modes de déplacement de la faune, à différentes échelles, selon les capacités locomotrices.
- b) des **déplacements aquatiques** pour de nombreuses espèces aquatiques ou amphibiens, mais également du transport involontaire d'espèces de la flore et de la faune terrestres, lors de chutes dans les cours d'eau ou par le ruissellement de surface en cas de pluie. Ainsi, le réseau hydrographique régional est prédéterminé pour jouer le rôle d'infrastructure naturelle de dispersion des espèces, donc de corridor écologique.
- c) des **déplacements aériens** propres aux oiseaux, aux chauves-souris et à de nombreux arthropodes, nécessitant des éléments de guidage visuel ou des sites d'étapes permettant le repos et l'alimentation.

Il ne faut pas oublier également le transport passif par le vent (anémochorie) qui joue un rôle très important pour de nombreux insectes et pour les graines de certaines plantes. Ce mode de dispersion est régi par d'autres règles (courants aériens, vents dominants) liées aux climats locaux et régionaux, mais forme également des systèmes en réseaux modélisables et prévisibles. Ainsi, la création d'une tranchée forestière ou d'une surface bitumée modifie fortement les dispersions aériennes locales de nombreux arthropodes.

Les corridors aériens, bien que non représentés sur les cartes REN, ne doivent pas être négligés puisque certains corridors comportent des obstacles dangereux pour les déplacements de la faune (cas des lignes HT, des antennes, des pylônes, des haubans, des cheminées, des torchères, etc.).

Dans les analyses et dans les programmes de gestion des réseaux écologiques, les sites d'étapes d'espèces migratrices doivent apparaître comme étant des sites isolés ayant une valeur stratégique de zones nodales dépendant entièrement de la longueur des corridors d'accès. C'est le cas de la majorité des zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO/IBA), qui désignent des emplacements stratégiques pour les oiseaux, mais qui sont situées dans des plaines agricoles intensives ou sur des cols alpins.

Pour obtenir une cartographie cohérente des divers mécanismes fonctionnels existant dans un paysage, l'ensemble des modes de locomotion doit être pris en compte. Cette approche synthétique a été partiellement possible au cours de la phase de validation des cartes provisoires, grâce aux expertises.

3.4 Cas particulier de la zone d'altitude (>2100 m)

À l'image de toutes les chaînes montagneuses élevées, la zone alpine représente un cas particulier pour l'analyse des réseaux écologiques.

Elle constitue un massif montagneux important et compact, avec sa cohorte originale et diversifiée d'habitats et d'espèces soumis à des conditions orographiques et climatiques difficiles. Elle réunit de ce fait, sur de vastes étendues, une forte biodiversité favorisée par un cloisonnement créé par les vallées et les zones de très haute altitude (zone nivale, etc.). Du point de vue de l'écologie des paysages, la zone alpine en Suisse constitue un archipel continental d'habitats fragmentés naturellement, dont le cloisonnement s'accroît progressivement avec la concentration de l'urbanisation et la construction d'infrastructures de transport dans le fond des vallées. Elle n'est cependant que peu influencée négativement par les activités agricoles mais, au contraire, présente des structures paysagères en mosaïque, riches en biodiversité. En termes de fonctionnement écosystémique, les migrations altitudinales sont essentielles au maintien des espaces vitaux et les mécanismes de dispersion s'effectuent généralement par des traversées de vallées et, plus rarement, par des cols prolongeant les vallées.

Les étages de végétation alpine et nivale, supérieurs à 2100 m, sont considérés comme étant simultanément un obstacle naturel et une île continentale isolée ayant peu d'influence sur le réseau écologique général. La zone d'altitude au-dessus de 2100 m, qui dans le REN couvre environ 15% du territoire, n'a pas été prospectée en raison de difficultés d'accès. Elle est signalée par convention sur les cartes REN par une coloration particulière. Elle mériterait à elle seule une analyse particulière en tant que partie intégrale d'une île continentale remarquable, à forte biodiversité, ayant une endémicité élevée (cf. programme de protection de l'Arc alpin).

3.5 Définition et représentation graphique des éléments de réseaux écologiques

Le REN reprend les éléments de réseaux décrits dans le REP en y ajoutant des notions complémentaires et parfois certaines restrictions. Le schéma ci-après (cf. Fig. 1) permet de visualiser le détail des éléments d'un réseau écologique spécifique, tel que cartographié sur le terrain.

Continuum

Ensemble des milieux favorables à un groupe écologique et composé de plusieurs éléments continus (sans interruption physique), y compris des zones marginales appartenant à d'autres continuums ou simplement accessibles pour des activités temporaires. Il inclut par conséquent :

- une ou plusieurs zones nodales,
- des zones d'extension de moindre qualité que les zones nodales mais correspondant au même type générique de milieu, et
- des marges complémentaires partiellement ou temporairement utilisées par la faune caractéristique du continuum, mais d'un autre type de milieu. Cette enveloppe externe est importante comme zone de gagnage et de déplacement pour l'ensemble de la faune caractéristique du continuum. L'utilisation de cette marge complémentaire dépend de la capacité des animaux à s'éloigner des zones de lisières ou des zones refuges. Cette marge de continuum est très polyvalente. Elle sert notamment de corridor pour de nombreuses espèces généralistes, mais également pour quelques espèces spécialisées, au cours de leur phase de dispersion.

La désignation systématique de **continuums organisés en réseaux spécifiques** plus ou moins indépendants est une originalité de la démarche d'élaboration du REN. On a distingué cinq types de continuums élémentaires, dont la combinaison forme le réseau écologique national.

Critères de détermination des continuums dans le REN :

Les 5 continuums élémentaires et les milieux génériques qui les composent sont les suivants :

1. **Continuums forestiers** formés de forêts, de zones arborées ou buissonnantes, de prairies et de cultures proches des lisières, qui sont divisés en deux sous-ensembles altitudinaux :
 - 1a *Continuums forestiers de basse altitude* (<1200m)
 - 1b *Continuums forestiers de montagne* (>1200m),
qui regroupent également les pâturages d'altitude.
2. **Continuums agricoles extensifs** constitués de milieux agricoles diversifiés, de prairies, de pâturages et de bocages.
3. **Continuums prairiaux thermophiles** constitués de prairies, de pâturage, de cultures isolées, de vergers et de bocages, situés essentiellement sur l'adret de l'étage collinéen.
4. **Continuums des zones humides** liant les ruisseaux, les marais, les prairies et les cultures en zones alluviales.
5. **Continuums aquatiques** regroupant les cours d'eau et les divers types de plans d'eau du réseau hydrographique.

Remarque : Les formations écotonales qui réunissent des éléments structuraux linéaires, tels que les lisières forestières, les haies, les talus, les berges de cours d'eau et les pieds de coteaux, sont considérées comme des éléments polyvalents des continuums précédents.

Zone nodale

Ensemble de milieux favorables à un groupe écologique végétal et animal (gilde), constituant des espaces vitaux suffisants pour l'accomplissement de toutes les phases du développement d'une population. La zone nodale est déterminée indépendamment de son statut légal. Elle est souvent reconnue par un inventaire officiel lui attribuant le statut de biotope d'importance nationale ou cantonale, mais peut également être uniquement signalée par des avis d'experts, qui permettent d'identifier sa diversité ou l'importance de ses populations. Elle est considérée comme étant systématiquement une zone-source de dispersion.

Critères de détermination d'une zone nodale dans le REN :

- La zone figure dans un inventaire fédéral d'objets d'importance nationale ou a été signalée par le canton comme étant d'importance cantonale ou régionale.
- La zone est incluse dans un site protégé et/ou contient des données de présence d'espèces de la guildes du continuum (cf. chap. 4.1.8).
- Des observations de terrain confirment éventuellement la présence d'espèces et d'habitats caractéristiques du même type de continuum, mais la zone n'est pas protégée ni inventoriée.
- La zone est désignée par analogie avec d'autres zones nodales (similitudes physiologiques).

Dans les deux derniers cas, la surface doit être estimée suffisamment grande et de qualité pour assurer le maintien des populations animales et végétales caractéristiques.

Zone d'extension

Une zone d'extension écologique présente des analogies avec la zone nodale, mais la qualité ou la surface ne sont pas suffisantes pour la désigner comme telle. Il s'agit pourtant globalement du même milieu, mais les espèces caractéristiques y sont plus dispersées. Selon le type de continuum considéré, la zone d'extension peut être très étendue (cas des forêts exploitées) ou au contraire très réduite (cas des zones humides et des prairies sèches).

Critères de détermination d'une zone d'extension dans le REN :

- Les milieux transformés sont considérés comme des zones d'extension, dans la mesure où la transformation est réversible. Exemples : ruisseau canalisé, forêt plantée de résineux en plaine.
- Les milieux partiellement transformés doivent être contigus ou suffisamment proches d'une zone nodale pour être constamment colonisés par les espèces caractéristiques de la zone nodale. Ils sont inclus dans le même continuum.

Remarque : La plupart des zones d'extension ont été reprises des périmètres désignés sur les cartes nationales comme étant des forêts, des marais, des prairies, etc.

Zone de développement

Ensemble de milieux favorables à un ou plusieurs groupes écologiques végétaux et animaux, constituant des espaces vitaux partiellement suffisants pour l'accomplissement des phases de développement d'une population, mais **dans lesquels des zones nodales n'ont pas été identifiées**. Les zones de développement sont situées hors d'un continuum fonctionnel, car peu accessibles par l'éloignement ou par la présence d'obstacles difficilement franchissables. Ce type de zones peut toutefois être colonisé par hasard ou abriter une population résiduelle en voie d'extinction. À long terme, les zones de développement ne conservent leur valeur que si elles sont interconnectées. Ces milieux ne bénéficient souvent pas de base de protection légale. Pour le REN, les zones de développement les plus importantes sont celles qui pourraient jouer le rôle de biotopes-relais dans un long corridor de connexion. Une zone de développement peut être incluse dans un corridor de connexion et jouer un rôle important de biotope-refuge ou de structure-guide dans les corridors.

Critères de détermination d'une zone de développement dans le REN :

Le milieu est favorable, c'est-à-dire analogue à une zone nodale ou à une zone d'extension, mais sa superficie est insuffisante ou trop éloignée de zones nodales pour maintenir des populations d'espèces caractéristiques, viables à long terme. Le milieu n'est pas favorable, mais offre par sa situation et sa superficie des potentialités de développement dans le cadre d'un concept de renaturation.

Remarque : Sur les cartes de synthèse du REN, les zones de développement apparaissent avec les mêmes couleurs que les zones d'extension. C'est la présence ou l'absence de zone nodale qui peut les différencier.

Corridor écologique

Dans le REN, un corridor est toujours un espace hors continuum, libre d'obstacle, offrant en priorité des possibilités d'échanges entre les zones nodales ou les zones de développement. Un corridor est plus ou moins structuré par des éléments naturels ou subnaturels augmentant ses capacités de fonctionnement. Un corridor est souvent constitué à partir de milieux résiduels ou transformés du continuum, mais il peut très bien n'être constitué que par un espace libre d'obstacles physiques permettant aux espèces les plus mobiles de s'y déplacer occasionnellement.

Critères de détermination d'un corridor dans le REN :

- Des observations directes ou indirectes confirment l'existence de déplacements de faune (groupes d'animaux en déplacement, animaux écrasés sur les routes).
- La présence de **biotopes-refuges** ou de **structures-guides** est favorable, voire nécessaire, pour permettre à un maximum d'espèces et d'individus de la faune du type de continuum de se déplacer hors de leurs milieux vitaux habituels.

Remarque : Un corridor est cartographié et décrit à l'échelle régionale. À l'échelle supra-régionale, on utilise souvent le terme de corridor pour désigner un ensemble d'éléments de réseaux formant un axe de dispersion dans le paysage.

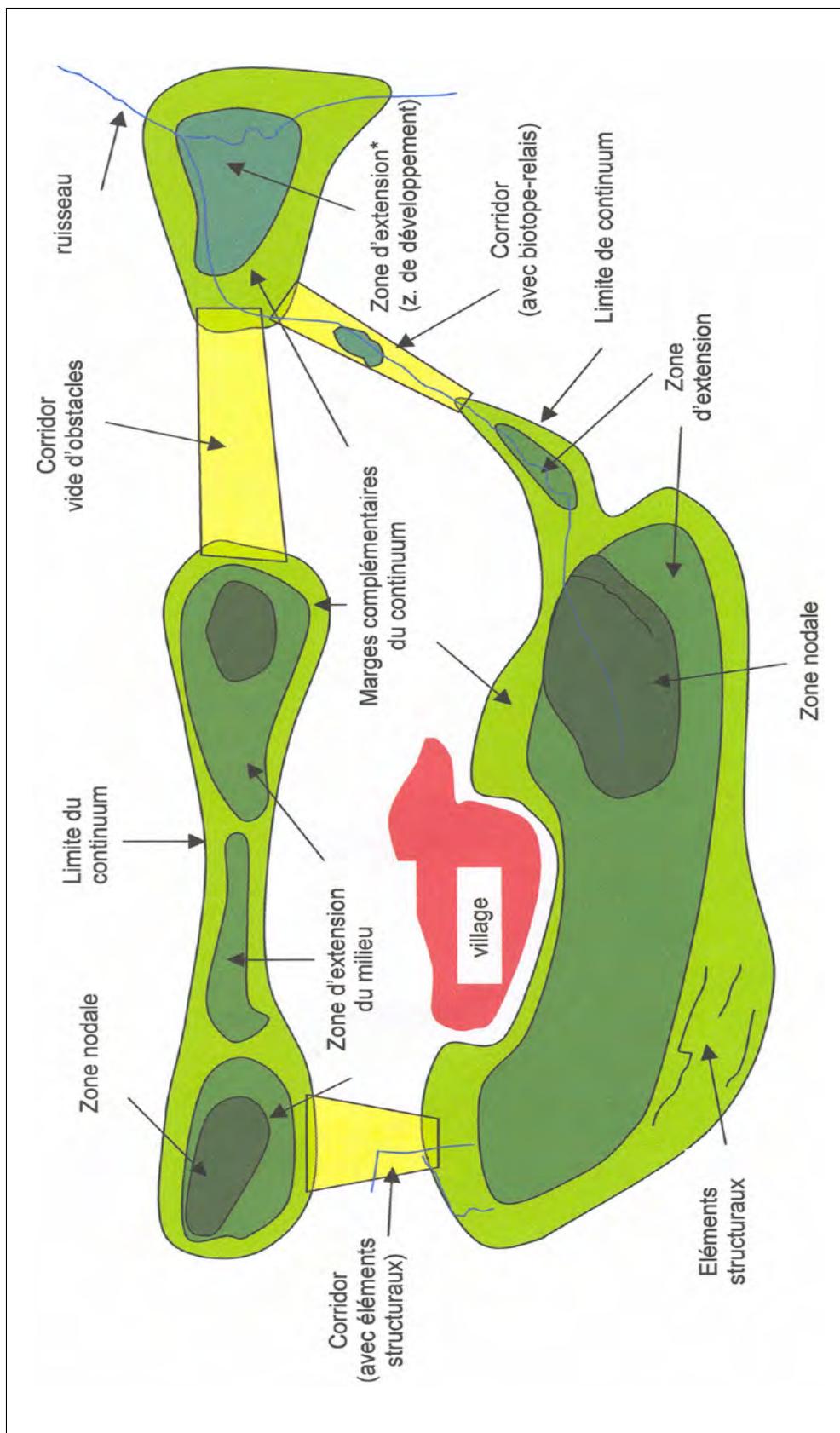


Figure 1 : Représentation cartographique schématique d'un réseau spécifique de type forestier.

Remarques par comparaison avec la démarche standard du Réseau écologique paneuropéen : (a) En l'absence de zone nodale, la zone d'extension marquée d'un astérisque (*) doit être considérée comme une zone de développement. (b) Les marges complémentaires du continuum sont à considérer comme des surfaces qui s'inscriraient dans les zones-tampon du REP.

Particularités de la démarche REN suisse

Tout en s'inscrivant dans les nouveaux Principes directeurs de l'OFEFP « Paysage 2020 », qui découlent de la conception « Paysage suisse » publiée en 1997, le REN se conforme largement aux directives du Réseau écologique paneuropéen, mais tient compte de particularités nationales, en introduisant plusieurs notions originales supplémentaires (continuums, par exemple).

Le REN vise une approche globale systémique du paysage, mettant en évidence l'état de l'interconnexion des espaces vitaux en Suisse. Il a cartographié schématiquement les structures paysagères organisées en réseaux écologiques spécifiques. Cette démarche devrait faciliter le cadrage environnemental de tout projet d'aménagement ou de développement du territoire.

Afin de suivre l'évolution de la fragmentation du paysage et de son incidence sur la biodiversité, il s'agit d'avoir une vision globale de tous les milieux composant la matrice paysagère et d'en gérer aussi bien les potentialités et les activités perturbatrices que les habitats naturels exceptionnels. Il s'agit surtout d'appréhender, avec l'aide du modèle cartographique, les relations vitales entre les écosystèmes en présence.

En résumé, afin de mieux conserver les sites à forte valeur patrimoniale, il s'agit de comprendre et de gérer également toute la « **nature ordinaire** » qui imprègne les paysages et régule largement les flux biologiques entre les zones nodales.

Les caractéristiques cartographiques du REN

La démarche cartographique du REN, associée à un système d'information géographique (SIG), est basée sur l'identification de polygones ayant chacun des attributs qualitatifs et fonctionnels. On a cherché à délimiter puis à connecter virtuellement toutes les zones réservoirs de biodiversité (zones nodales) accessibles par voies terrestres, aquatiques et aériennes, pouvant contribuer à l'établissement du réseau. Dans ce contexte, il est aussi important de délimiter des continuums comme ensembles des milieux favorables à un groupe écologique et composés de plusieurs éléments continus (sans interruption physique).

La cartographie REN établit à l'échelle nationale un modèle schématique d'un réseau écologique, simplifié mais fiable, permettant l'analyse de l'interconnexion des écosystèmes.

4 Méthodes de travail

4.1 Étape préparatoire

4.1.1 Postulats

La méthodologie d'établissement du REN est basée sur les postulats suivants :

- La présence d'un habitat ou d'espèces indicatrices d'une biocénose constitue une information suffisante pour désigner l'existence probable d'un habitat plus vaste s'étendant tant que les conditions biotiques et abiotiques de terrain (sol, climat, exploitation, substitution) ne sont pas modifiées. Il est donc possible d'identifier des zones nodales nouvelles ou potentiellement plus étendues que celles bénéficiant déjà d'un statut de protection.
- Au cours du processus de vérification de détail (analyse de photographies aériennes, visites sur le terrain, entretiens avec des naturalistes locaux) il est possible d'attribuer sommairement des nouvelles limites et des classes de qualité aux habitats identifiés, en distinguant notamment des zones de développement et d'extension des habitats en plus des zones nodales désignées par leur forte biodiversité ou par la présence d'espèces emblématiques.
- En plus des corridors identifiés par des indicateurs concrets (observations directes, animaux tués sur les routes), la présence de corridors potentiels peut être définie par des approches progressives utilisant les techniques informatiques des SIG et des vérifications simples sur le terrain, afin d'estimer leurs niveaux de fonctionnalité.
- Les points de dysfonctionnement existant dans un réseau écologique sont toujours liés à des obstacles physiques naturels ou artificiels qu'il est possible d'analyser. Deux cas peuvent se présenter :
 - a) il s'agit d'obstacles infranchissables, identifiables par la simple lecture d'une carte nationale récente,
 - b) les obstacles sont probables, mais doivent être vérifiés par une visite sur le terrain.

Les obstacles constituent des interruptions ou des espaces de ralentissement des flux d'échanges, non négligeables pour les phénomènes de dispersion. Ils sont enregistrés sur les cartes de réseaux spécifiques sous forme d'espaces infranchissables ou de surfaces perturbées selon les cas.

4.1.2 Croisement des données

La réalisation du REN se fonde sur le croisement de plusieurs méthodes complémentaires qui, utilisées séparément, ne pourraient pas fournir de résultats probants :

- a) utilisation de données statistiques détaillées sur l'utilisation du sol pour faire des regroupements de milieux écologiquement proches,
- b) optimisation des données acquises sur la répartition des habitats et des espèces regroupées par guildes à valeur bioindicatrice,
- c) élaboration de cartes de potentialité à vérifier sur le terrain,
- d) recherche systématique d'éléments physiques contribuant au renforcement de la fonctionnalité de l'interconnexion dans les paysages (p.ex. haie, talus autoroutier)

- aménagé) ou, inversement, perturbant la dispersion de la faune (obstacles : routes, murs, etc.),
- e) mise à contribution des services cantonaux compétents et des experts naturalistes mandatés pour effectuer des vérifications sur le terrain,
 - f) apport complémentaire de données des niveaux cantonal et régional,
 - g) cartographie systématique des structures de réseaux spécifiques,
 - h) test de fonctionnement sur les réseaux spécifiques cartographiés permettant de différencier les zones de connectivité satisfaisante des zones en dysfonctionnement.

4.1.3 Études de base

Plusieurs études scientifiques mandatées par l’OFEFP au cours des dernières années ont été utilisées :

- L’Atlas de la végétation à protéger en Suisse (Hegg et al. 1993), qui répertorie la présence de 103 groupements phytosociologiques représentatifs de la flore suisse selon un maillage kilométrique, complète pour l’ensemble du territoire national les inventaires plus récents. Ces données déjà anciennes constituent les seuls documents cartographiques établissant une vision d’ensemble au niveau national de la répartition des différentes entités de végétation qui servent de base aux continuums. Elles se sont avérées très utiles pour compléter les cartes de nombreuses vallées encore mal prospectées.
- L’étude sur les « Priorités nationales de la compensation écologique dans la zone agricole de plaine en Suisse » (Broggi & Schlegel 1998) constitue une première tentative de définition d’un réseau d’espaces naturels et semi-naturels dans les zones agricoles de basse altitude. Elle a permis de désigner à moyenne échelle (selon un maillage kilométrique) les zones naturelles les plus sensibles à la transformation de l’espace rural du Plateau suisse, sans aller dans le détail de l’interconnexion. Elle a aussi mis en évidence l’hétérogénéité des données scientifiques disponibles sur certains écosystèmes et sur leurs limites d’utilisation pour la désignation des zones nodales et des corridors de liaison, notamment pour les points suivants :
 - Les données sur les zones nodales (« hot spots ») portent majoritairement sur les espèces des milieux humides et prairiaux thermophiles relativement bien inventoriés, mais sont beaucoup plus lacunaires pour des milieux plus banals et pour les forêts.
 - Les données existantes privilégient les sites déjà protégés pour lesquels des inventaires sont souvent disponibles alors que des zones écologiquement très semblables, mais non protégées, ne sont que peu ou pas documentées.
 Cette étude, entreprise à une période charnière de la mutation agricole suisse conduisant à la multifonctionnalité et à une agriculture durable, constitue un document fondamental pour la prise de conscience de l’utilité d’une revitalisation écologique dans l’espace agricole et de la mise en réseau des surfaces de compensation écologique.
- La publication de la typologie des « Milieux naturels de Suisse » (Delarze et al. 1998) fournit une base de données essentielle sur l’écologie des milieux et leur

répartition générale en Suisse. Elle constitue une référence pour la description des habitats complémentaires, dégradés ou transformés, qui se rattachent par leur écologie à un même ensemble paysager, et elle a contribué à l'établissement des guildes (cf. chap. 4.1.8).

- L'étude « Corridors faunistiques de Suisse » (Holzgang et al. 2001) donne une vision d'ensemble des corridors à grande faune du pays d'après des données récoltées à l'échelle cantonale pour toute la Suisse. Les axes de déplacement, les corridors faunistiques et les points de conflit y sont identifiés selon une échelle de priorité supra-régionale et régionale. Les corridors à faune désignés par cette étude ne concernent que la grande faune, mais correspondent bien à la majorité des corridors hors continuum qui ont été retenus dans le REN. Les données initiales établies sur une carte au 1:200'000 ont été transposées plus précisément à l'échelle 1:25'000 et redéfinies dans leur ampleur lors du processus de validation avec les cantons.

4.1.4 Données générales

Les données générales suivantes de niveau national ont été utilisées :

- a) Les principales données de base d'inventaires au niveau national et données géographiques générales ont été fournies par l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)⁵.
- b) Les données numériques des cartes nationales ont été fournies par l'Office fédéral de topographie (swisstopo).
- c) Les données d'utilisation des sols proviennent de la statistique de la superficie (GEOSTAT⁶) gérée par l'Office fédéral de la statistique (OFS).
- d) Les données sur les zones de haute diversité en oiseaux ont été établies par l'inventaire international des zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO / IBA 2001) de Birdlife International.
- e) Les données nationales sur la faune, gérées par le Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF), ont été utilisées afin d'établir les cartes des guildes (cf. chap. 4.1.8). Ces données concernent aussi bien les vertébrés que les invertébrés.
- f) Les données concernant les reptiles et les batraciens ont été mises à disposition par le Centre de coordination pour la protection des amphibiens et des reptiles de Suisse (KARCH).

Le croisement avec les données VECTOR 25 (swisstopo 1999) du réseau hydrologique et du réseau des voies de transport a permis de corriger les données des structures linéaires, sous-représentées en raison de la résolution hectométrique de la grille GEOSTAT. La statistique de la superficie de GEOSTAT a été utilisée pour le repérage des milieux potentiellement favorables à la constitution des 5 types de continuums. Les regroupements des catégories GEOSTAT sont présentés ci-après (cf. Tab. 1).

⁵ Elles proviennent généralement des inventaires officiels des biotopes d'importance nationale (BUWIN) – (cf. liste des fichiers en annexe 2).

⁶ GEOSTAT est le service de distribution des données géoréférencées de l'OFS.

Enfin, certains cantons ont mis à la disposition des mandataires cantonaux les données relatives aux biotopes d'importance régionale et locale, afin de compléter les données officielles de niveau national de la Confédération.

4.1.5 Calcul d'extension potentielle des continuums

Sur la base des données existantes de répartition des biotopes, un modèle théorique est établi à l'aide d'un algorithme de calcul de type « coût de déplacement », afin d'obtenir l'extension potentielle des continuums dans le paysage analysé.

Cette méthode simple, utilisant le mode « grille » propre aux systèmes d'information géographique, permet habituellement le calcul du coût de transport de matériaux. Elle est utilisée ici pour calculer un « coût potentiel de dispersion » d'un animal symbolique qui se déplace dans un paysage. L'effort virtuel de déplacement de cet animal est calculé en partant des zones nodales cartographiées. On attribue à chaque compartiment paysager (unité d'occupation du sol) une valeur de résistance proportionnelle à l'effort que l'animal hypothétique est prêt à consentir pour coloniser ou pour se déplacer dans un milieu différent de son espace vital habituel. La zone de propagation potentielle obtenue est considérée comme le continuum théorique de l'habitat de l'espèce étudiée.

Au stade du REN provisoire, on n'a pas utilisé d'espèces particulières pour établir les modèles de continuum, car seule la définition d'un espace accessible par un animal hypothétique franchissant au moins 100 m au cours de sa dispersion était recherchée. Le maillage d'un hectare correspond, d'une part, aux unités de surfaces de données de base de GEOSTAT et, d'autre part, à la précision générale des données cartographiées sur le terrain. Cela signifie que, dans le modèle de calcul, l'animal hypothétique progresse par unité de longueur de 100 m, ce qui, par exemple, correspond approximativement à la taille minimale d'un biotope abritant une population viable d'un micromammifère.

Dans l'algorithme de calcul, le « coût de déplacement » dans chaque maille de la grille est obtenu en additionnant le produit de la distance parcourue avec le coefficient de résistance du milieu au déplacement fixé en fonction de l'utilisation du sol des zones adjacentes (cf. annexe 4).

Le coût de déplacement de la maille 1 vers la maille 3, par exemple, est obtenu par la formule suivante :

$$C_{1-3} = \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \bullet D_{1-2} \right) + \left(\frac{R_2 + R_3}{2} \bullet D_{2-3} \right)$$

Dans laquelle :
C = coût du déplacement
R = coefficient de résistance du milieu
D = distance parcourue (en mètres)

La matrice des coefficients de résistance en fonction du groupe écologique et de l'utilisation du sol utilisée pour le calcul des continuums (cf. Tab.1) a été établie par calibrages progressifs dans des zones test connues par de nombreuses études de déplacements de la faune effectuées dans les cantons de Vaud et de Fribourg.

Ce calibrage a été poursuivi jusqu'au moment où les résultats cartographiques ont correspondu de manière satisfaisante aux données de terrain sur les déplacements de la faune. Une échelle à 4 niveaux de résistance (0 = nulle ; 5 = faible ; 30 = moyenne ; 100 = forte) s'est révélée la plus réaliste. Un coefficient de 100 points constitue un obstacle considéré comme statistiquement infranchissable par la majorité de la faune.

Un extrait de carte de synthèse au 1:25'000 du REN provisoire est fourni à titre d'exemple (cf. Fig. 2).

Tableau 1 : Coefficients de résistance aux déplacements de la faune appliqués dans la grille hectométrique pour effectuer le calcul de dispersion dans le paysage pour chaque type de continuum. Ces coefficients sont définis par des calibrages progressifs sur des secteurs dans lesquels l'utilisation de l'espace par la faune est connue.

Utilisation du sol selon catégories GEOSTAT (en parenthèse)	Forêts de basse altitude	Marais, zones humides	Zones thermophiles sèches	Zones agricoles extensives	Forêts d'altitude et pâturages
Surfaces boisées : (09-16)					
Altitude <1200 m	0	5	5	5	5
Altitude >1200 m	5	30	100	100	0
Forêts alluviales	0	5	5	5	5
Surfaces agricoles intensives : (71-75 ; 78-82)	30	100	100	5	100
Surfaces improductives : rochers, glaces (98, 99, 90)	30	100	100	100	5
Surfaces agricoles extensives	prés, prairies, haies : (17-19, 82-83-84, 76-77)	5	5	0	100
	alpages, mayens : (85-89)	30	100	100	30
Lacs : (91)	30	5	100	100	100
Cours d'eau, berges, zones humides : (69, 92, 93, 95, 96)	5	0	5	5	5
Bâtiments, aires industrielles, infrastructures : (25-29/45-49/61-66/20-24)	100	100	30	100	100
Surfaces de transport : (30-38/67-68)	100	100	100	100	100
Espaces verts et de détente : (51-59)	30	30	30	30	30

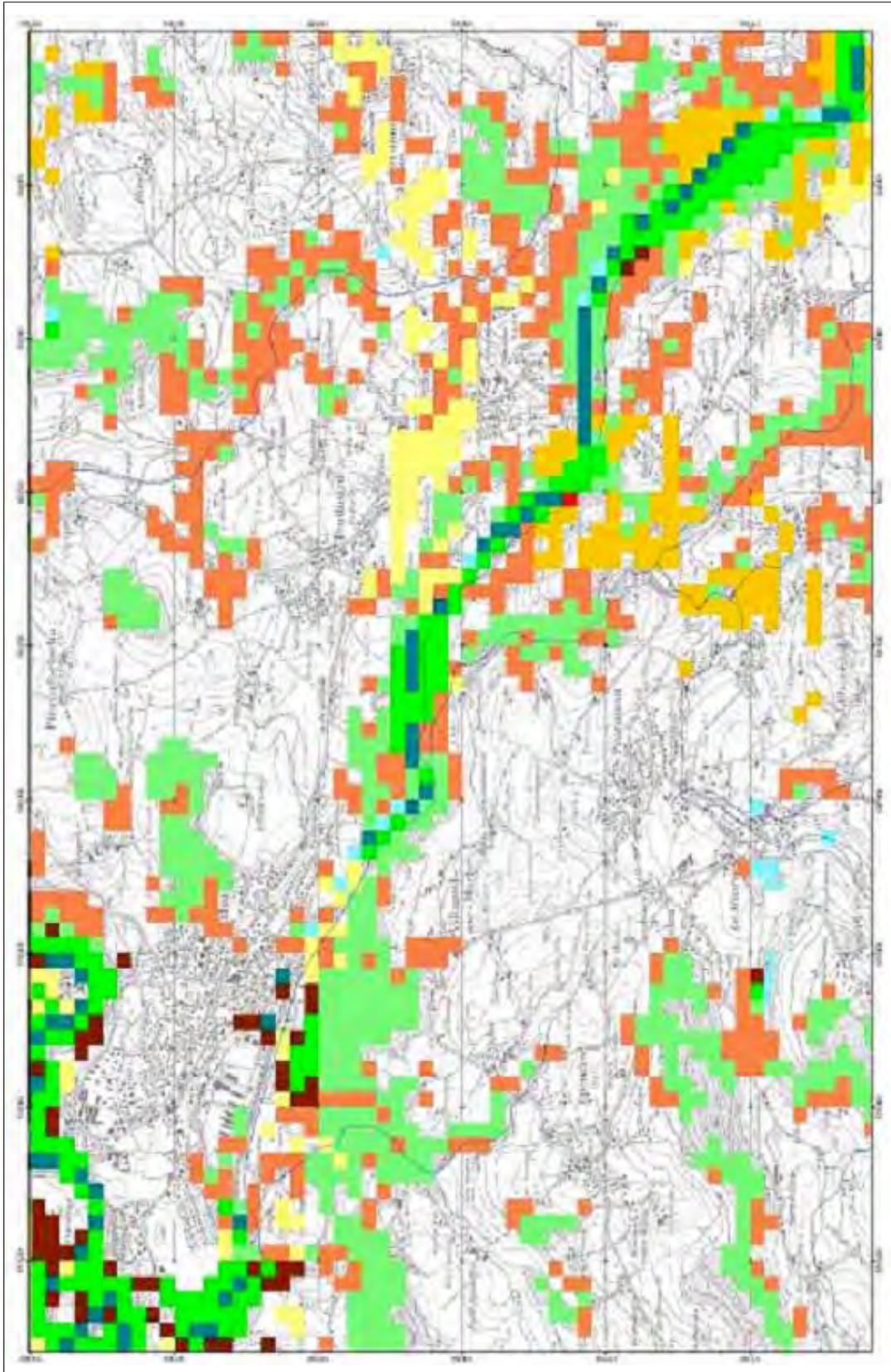


Figure 2 : Extrait de la carte du REN provisoire n° 1205 ROSSENS (1:25'000) présentant l'extension des continnuums calculés selon une grille hectométrique (reproduit avec l'autorisation swisstopo (BM042176)).

4.1.6 Établissement du REN provisoire

La cartographie des éléments favorables et défavorables à la connectivité couvre l'ensemble du territoire.

- Elle identifie la totalité des éléments naturels ou semi-naturels susceptibles de contribuer localement, régionalement ou interrégionalement à l'existence d'un ou de plusieurs réseaux écologiques spécifiques.
- Elle prend aussi en compte les éléments de réseaux non connectés ou en cul-de-sac, qui constituent une information au moins aussi importante que celle des éléments prioritaires pour la connexion.
- Les zones nodales initiales ont été reprises intégralement des inventaires des biotopes d'importance nationale et de zones protégées.
- L'ensemble des obstacles naturels et artificiels a été inventorié comme étant une composante importante d'un réseau écologique.

Les zones d'extension des cinq catégories de **continuum potentiels initiaux** ont été définies au départ par un calcul de potentialité utilisant les données statistiques d'occupation du sol (GEOSTAT). La désignation des **corridors initiaux** a résulté d'une première lecture des cartes de zonages potentiels associée à des informations sur la localisation des principales zones d'échanges de la faune connues par des enquêtes précédentes (cf. chap. 4.1.3). Les résultats de cette étape ont été l'établissement de cartes provisoires selon trois échelles différentes :

- cartes au 1:500'000 présentant la structure générale du REN provisoire,
- extraits au 1:100'000 de la carte nationale présentant les zones potentiellement utiles pour élaborer le REN,
- cartes au 1:25'000 des données détaillées imprimées sur le fond topographique des cartes nationales, permettant de situer précisément les extensions provisoires des divers continuum.

Cette première étape a permis d'établir également un découpage provisoire du paysage en secteurs écologiques selon l'importance des obstacles connus.

Un réseau écologique ainsi défini reste une représentation théorique simplifiée d'un système fonctionnel très complexe. Il fournit toutefois un modèle satisfaisant, dans la mesure où il permet d'expliquer la majorité des échanges et des répartitions de populations animales observées dans un paysage.

4.1.7 Cartographie des continuités écologiques dans le paysage

La perception des continuités écologiques est essentielle pour la cartographie des réseaux écologiques. Dans la démarche utilisée, tous les éléments identifiables de la mosaïque paysagère ont été attribués à un ou plusieurs ensembles d'écosystèmes formant des continuités écologiques appelées continuum, suffisamment proches par leur écologie pour former un réseau écologique spécifique autonome. Le REN utilise 5 types élémentaires de continuum facilement identifiables dans n'importe quel paysage suisse : milieux forestiers, milieux humides, milieux aquatiques, milieux des prairies sèches et milieux agricoles extensifs. Le réseau écologique

global est obtenu par la superposition des différents réseaux spécifiques identifiés (cf. Fig. 3).

Le but visé est de mettre en place un modèle écosystémique paysager simple, permettant une vision large des relations dans un réseau écologique.

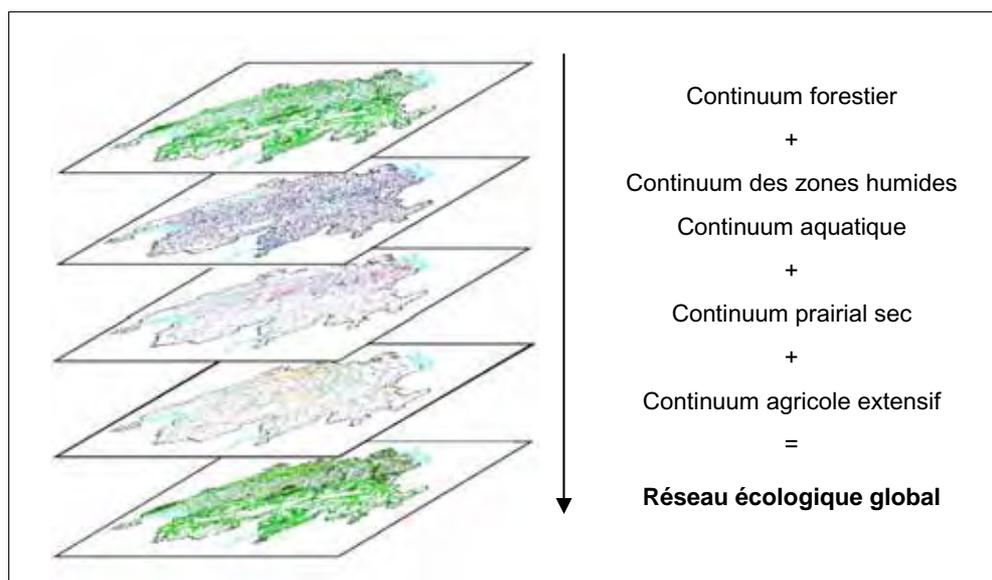


Figure 3 :
Un réseau écologique est toujours constitué de plusieurs réseaux spécifiques (continums) indépendants ou partiellement interconnectés.

Les surfaces composant chaque réseau spécifique peuvent ainsi être analysées séparément en pondérant théoriquement les autres éléments de la matrice paysagère selon un gradient de résistance à la colonisation.

Toutefois, c'est bien en considérant l'interconnexion entre les éléments d'un même réseau que l'analyse devient pertinente.

Cette lecture d'un paysage multifonctionnel organisé en réseaux offre les particularités suivantes :

- Les zones nodales, attribuées à un groupe d'espèces indicatrices, peuvent très bien fonctionner en étant, par exemple, un simple élément du continuum d'une autre guild (cf. glossaire).
- La partie externe d'une lisière forestière, incluse dans le continuum forestier mais non boisée, peut fonctionner comme corridor pour des espèces prairiales thermophiles. En effet, les espaces complémentaires d'un continuum sont généralement polyvalents avec une fonctionnalité importante pour les déplacements d'espèces appartenant à un autre continuum.
- Un site d'étape pour des oiseaux migrateurs, classé comme zone nodale et caractérisé par la forte densité saisonnière d'oiseaux, peut très bien être situé entièrement dans une zone exploitée intensivement, en limite ou au croisement de plusieurs continums. Dans ce cas, c'est la haute fonctionnalité du site qui en fait une zone nodale remarquable, et non la présence d'habitats ou d'espèces prioritaires.

Cette approche du paysage, par la vision de ses multifonctionnalités, permet d'établir un modèle cartographique des réseaux écologiques existants, sans se focaliser uniquement sur la présence obligatoire d'habitats ou d'espèces prioritaires. Elle présente l'avantage de pouvoir tester la connectivité globale du paysage, indépendamment de sa valeur écologique.

Les cartes de réseaux écologiques ainsi obtenues fournissent en premier lieu une représentation graphique des éléments paysagers partiellement organisés en réseaux fonctionnels, dont on connaît généralement les zones nodales prioritaires, identifiées par des inventaires ou des repérages résultant d'expertises scientifiques. Elles constituent avant tout un outil de travail pour répondre aux interrogations urgentes des planificateurs ou des gestionnaires du paysage, et donnent une vision globale de la situation et du rôle stratégique que peut jouer la portion de paysage analysée. Sans décrire les composants de chaque élément du réseau (liste d'habitats et d'espèces, importance des populations, dynamique de développement, etc.), ces cartes permettent cependant de fixer sommairement le potentiel de développement des habitats et leur connectivité probable dans le paysage actuel.

Le REN sert de base pour développer des stratégies régionales de restauration d'espaces naturels, en définissant *a priori* le contexte du secteur considéré par rapport à l'ensemble du réseau écologique national.

4.1.8 Guildes des espèces bioindicatrices

La méthode d'analyse d'un potentiel de répartition, avec l'aide de guildes d'espèces indicatrices, a déjà été utilisée avec succès lors de l'analyse des districts francs de Suisse, pour rechercher les habitats d'espèces de gibier dont la répartition était mal connue (ECONAT 1986 et 1994). Le développement récent de logiciels performants et de systèmes d'information géographique offre actuellement de nombreuses applications possibles.

L'utilisation de guildes d'espèces indicatrices doit permettre de réaliser des tests de cohérence et de robustesse du REN par croisement avec des données existantes, mais également d'obtenir des informations complémentaires à celles des sites inventoriés.

La sélection d'espèces indicatrices pour constituer des guildes représentatives s'est faite par propositions itératives des mandataires du projet et du Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF)⁷. À partir des variables physiques caractérisant les 5 types de continuums, les habitats puis les espèces représentatives ont été sélec-

⁷ Ces données a priori confidentielles (droit d'usage restrictif sur les données scientifiques) fournies par le CSCF étant présentées sous une forme extrêmement résumée, aucune restriction d'utilisation n'a été prévue par le CSCF.

tionnés dans les bases de données de répartition disponibles au CSCF, en s'assurant de la cohérence de la répartition obtenue.

Par définition, une **gilde** est constituée d'un groupe d'espèces écologiquement voisines occupant les mêmes habitats.

Dans le contexte du REN, on utilise en fait un concept de **guildes-clés**, qui cherche à regrouper les espèces spécialisées ayant une forte probabilité de présence dans les habitats caractéristiques de chaque continuum.

Les banques de données nationales recèlent un nombre important d'informations récentes sur la distribution suisse de nombreux organismes vivants (de niveaux d'organisation très divers). Parmi ces organismes, certains présentent des exigences écologiques voisines et/ou colonisent des types de milieux similaires. Le regroupement de ces espèces en guildes ainsi que le cumul des informations disponibles pour les représentants de chacune de ces guildes est susceptible de dessiner un réseau potentiel de réservoirs plus dense et, dans une certaine mesure, plus proche de la « réalité » que celui qui aurait été obtenu par l'approche espèce par espèce.

Une guilda établie au niveau national peut contenir plusieurs dizaines d'espèces, dans la mesure où ce ne sont pas les mêmes espèces qui seront présentes selon la région analysée. Nous avons renoncé à distinguer des guildes par région, en raison des variations souvent progressives (par exemple : nord-sud) et du fait que seule la présence ou l'absence de continuums nous intéressait.

Les guildes retenues (cf. annexe 1) sont basées essentiellement sur des groupes d'insectes qui fournissent d'excellents indicateurs d'habitats, alors que les vertébrés utilisés sont plus des généralistes, occupant des ensembles d'habitats, c'est-à-dire qu'ils indiquent surtout des continuums et des corridors. Ainsi, les batraciens et les reptiles sont utilisés globalement pour désigner des zones nodales (sites de reproduction) incluses dans le continuum des zones humides et le continuum prairial sec.

L'utilisation des guildes a permis de contrôler les données faunistiques fournies lors de l'établissement du REN provisoire et, dans certains cas, de fonder la détermination de nouvelles zones nodales. Au niveau détaillé de la cartographie, les données des guildes ont pu conduire à des significations variées, qui permettent plusieurs interprétations de la part du cartographe :

- Une donnée d'espèces/habitat (1 point sur la carte) devrait en principe toujours coïncider avec le continuum correspondant. Toutefois, les points isolés peuvent parfois indiquer des observations d'individus égarés ou des observations réalisées sur un biotope temporaire aujourd'hui disparu.
- L'absence de données sur un périmètre de continuum relevé sur le terrain ne prouve pas forcément l'absence de continuum, mais peut-être une lacune de prospection.
- Une concentration de points d'espèces d'un même habitat ou d'habitats d'un même continuum indique généralement l'existence d'une zone nodale.

- Une concentration de points d'espèces appartenant à des guildes de continuums différents indique une superposition de continuums (mosaïque de milieux favorables ou zones de développement) ou encore de corridors polyvalents.
- Des points dispersés sur un même secteur confirment l'existence d'un continuum.
- Les points totalement dispersés concernent généralement des individus en perdition lors d'une dispersion au hasard ou entraînés par des modes de locomotion passifs (vent, ruissellement, transport involontaire), mais peuvent aussi signifier que l'habitat est présent, mais dégradé (absence de la plupart des espèces de guildes), ou encore que l'on se trouve en présence d'une surface très petite de l'habitat considéré.

Les 5 types de continuums privilégiés par le REN sont repris comme base de traitement et d'extraction des informations des banques de données nationales. Toutefois, afin de définir plus précisément les types de milieux que ces différents continuums recouvrent et de tenter de dessiner des réseaux indépendants de sites réservoirs présentant une certaine cohérence écologique, des choix de groupements d'habitats puis d'espèces ont été réalisés (cf. annexe 1). Les espèces ont été sélectionnées en fonction de leurs affinités écologiques et de leur représentativité dans les différentes guildes. Ainsi, les espèces très mobiles et migratrices, susceptibles de se rencontrer temporairement dans des milieux variés, sont éliminées. Les espèces spécialistes, colonisant une palette limitée de milieux différents, ne sont pas privilégiées, car les autres types de milieux non favorables représentent des « discontinuités » de leur habitat potentiel. À l'inverse, des espèces moins exigeantes peuvent coloniser indifféremment des milieux de qualité élevée ou moindre. Ces espèces représentent donc de bons indicateurs pour les continuums et sont sélectionnées de préférence pour constituer les guildes. Les cartes du REN provisoire étaient accompagnées d'une carte de répartition des guildes d'espèces indicatrices extraites des banques de données nationales et d'une fiche technique de procédure permettant d'analyser sur le terrain les cartes fournies. Ces données constituent donc une aide précieuse pour la cartographie des réseaux locaux, mais ne fournissent pas une indication absolue de présence ou d'absence de continuums.

Les données géoréférencées des guildes retenues ont été portées sur des cartes de travail au 1:25'000 avec comme indications de base :

- le code de la guildes correspondante,
- le nombre d'espèces de la guildes rencontrées dans le milieu considéré.

Un exemple de carte sur laquelle apparaissent les encodages et les symboles des données des guildes (cf. Fig. 4) permet de comprendre la démarche.

4.2 Étape de validation par les cantons

4.2.1 Validation par les cantons

L'établissement des cartes du REN provisoire a permis une approche uniforme sur l'ensemble du territoire national, en établissant dès le départ du projet une base commune, déjà relativement élaborée et fiable, du futur réseau.

Ces premières données cartographiques ont été établies dans un but d'information, à l'intention des administrations cantonales chargées de les valider. La présentation des zones potentiellement utiles à l'établissement d'un réseau écologique au niveau national était l'occasion de mener une première réflexion sur les avantages ou les risques de l'interconnexion des habitats naturels. La démarche a été également l'occasion pour les cantons de s'impliquer dans la correction et la mise à disposition de données supplémentaires. À ce sujet, les cantons ont mandaté des spécialistes ayant suivi trois jours de cours de formation donnés par la direction du projet. Plusieurs cantons ont demandé également des appuis intermédiaires de la part de la direction du projet national pour assurer le suivi des travaux de vérification dans certaines régions.

4.2.2 Démarche itérative pour l'identification des éléments du réseau écologique national

Un processus « top-down, bottom-up » a permis une amélioration de la cohérence des données cartographiques :

- Établissement de cartes provisoires en utilisant un calcul de domaine potentiel des réseaux spécifiques en fonction de données statistiques d'occupation du sol.
- Recoupement des cartes provisoires avec les cartes des guildes (cf. chap. 4.1.8).
- Vérification sur le terrain avec cartographie des éléments favorables et défavorables.
- Établissement de cartes finales par synthèse des données.
- Tests de dispersion permettant d'obtenir les gradients de connectivité existant dans le paysage.

L'absence d'informations détaillées sur les fonctionnalités écologiques et sur les qualités de la matrice paysagère en termes de biodiversité a pu être compensée par une approche progressive itérative et consensuelle (par hypothèses, vérifications et validations). Le but était d'étayer progressivement une démarche fondée sur des faits établis mais encore très lacunaires par des postulats développant des aspects potentiels ou hypothétiques, avec l'aide d'avis d'experts naturalistes connaissant le terrain.

4.2.3 Cartographie sur le terrain avec des experts naturalistes

La définition d'un modèle d'espaces paysagers prenant en compte les multiples interrelations des milieux qui le composent est basée sur la notion théorique, partiellement intuitive, de réseaux écologiques. Cette approche, parfois jugée empirique, est toutefois utilisable si elle est appuyée par des faits réels constatés à partir des connaissances comportementales de certains groupes de faune, acquises par les naturalistes de terrain. Cette approche de spécialistes ayant la connaissance du comportement des espèces, des besoins, des capacités locomotrices et du comportement des groupes fauniques considérés (vision d'experts) fait partie de la démarche itérative permettant d'élaborer progressivement le réseau.

La cartographie sur le terrain avec l'aide d'experts régionaux constitue la base de cette phase de travail. Elle a permis un gain de temps considérable dans la mesure où la connaissance du terrain, des espèces et de leurs habitats par des naturalistes locaux a pu faire émerger rapidement les points essentiels des structures du réseau écologique à cartographier. Les nouvelles zones nodales, les limites des continuums, les corridors utilisables ainsi que les obstacles majeurs ont pu être repérés avec une bonne fiabilité au cours des prospections sur le terrain.

Cette procédure a été effectuée par deux approches complémentaires :

- a) Le recoupement des surfaces sélectionnées par le REN provisoire avec des données locales ou régionales d'inventaires biologiques non publiés.
- b) La vérification sur le terrain de l'extension probable des continuums, des zones nodales, des corridors et des connectivités effectives et probables.

Pour ce dernier point, la valeur bioindicative des groupes de faune utilisés concerne deux niveaux différents en termes de continuum, de réseau et de zone nodale. En effet, certains groupes d'animaux sont des indicateurs fiables de milieux et d'ensembles de milieux favorables, alors que d'autres groupes sont plutôt indicateurs de structures paysagères et de macrohabitats (cf. Tab. 2).

Ainsi, parmi les vertébrés, le groupe des ongulés (cerf, chevreuil, sanglier) est un bon indicateur des continuums forestiers, c'est-à-dire de l'ensemble des milieux boisés et des milieux complémentaires utilisables préférentiellement par le groupe, tels que les prairies et les pâturages ainsi que les cultures proches des forêts. Le groupe des « mustélidés, hérissons, musaraignes, campagnols » est, par contre, indicateur surtout de la diversité des structures paysagères, telles que les lisières et les haies.

Les invertébrés tels que les Rhopalocères ou les Orthoptères comptent de nombreux bioindicateurs de la qualité des habitats et des éléments de réseaux, mais ne sont que de piètres indicateurs de corridors de déplacements transformés. Ce groupe impose des contraintes supplémentaires avec des critères précis de « proximité entre milieux » permettant les échanges. Le respect de ces critères est indispensable pour maintenir la diversité des invertébrés dans un programme de gestion de réseau écologique.

Cela signifie, une fois de plus, qu'une approche croisée utilisant différents groupes indicateurs est indispensable pour obtenir un résultat d'ensemble fiable.

L'analyse et la vérification des cartes provisoires ont été effectuées séparément dans chaque canton par des mandataires cantonaux, chargés d'appliquer strictement un cahier des charges pour l'organisation du travail de terrain et pour la mise en forme des polygones de délimitation des différentes zones attribuées aux éléments des 5 continuums et aux corridors prédéfinis.

Selon le cahier des charges, les informations fournies par les cartes provisoires ont été annotées et corrigées de la manière suivante :

- Les corridors proposés ont dû être confirmés par un faisceau convergent d'informations de terrain, en se basant sur les connaissances du comportement locomoteur et sur les indices de déplacement (animaux tués sur les chaussées ou encore observations directes de traces ou d'animaux). Les informations récoltées ont été enregistrées sur une fiche d'observation.
- Les obstacles aux déplacements ont été recherchés systématiquement sur la carte et sur le terrain. Leur nature et leur importance ont également été relevées sur une fiche ad hoc.

La correction des données cartographiques du REN provisoire a été effectuée à l'échelle 1:25'000 sur des calques préparés préalablement, avec le découpage et la géoréférenciation nécessaires, correspondant à ceux des cartes nationales officielles. Les remarques sur la qualité des milieux, les perturbations observées ou l'importance des obstacles ont fait l'objet de fiches de remarques liées à la banque de données.

Une fois collectées, les données cantonales corrigées ont été validées par les administrations cantonales concernées (services de protection de la nature et du paysage, de la chasse, etc.) avant d'être retournées aux mandataires du projet pour traitement par numérisation, mise en forme standard des données et pour les analyses de synthèse du REN final.

Tableau 2 : Valeur bioindicatrice de quelques groupes de faune dans l'analyse des éléments constituant un réseau écologique régional (d'après BERTHOUD 1998, modifié).

GROUPES BIOINDICATEURS :	Chevreuil, sanglier	Chamois, cerf, tétaras	Mustélidés, hérisson, musaraignes, campagnols	Lièvre, perdrix	Reptiles xérophiles, Orthoptères, Lépidoptères	Reptiles méso-, hydrophiles, batraciens	Insectes et oiseaux aquatiques, Odonates, castor, poissons, crustacés	Chiroptères, hirondelles
CONTINUUM :								
Forêts de basse altitude	■	■			■	■		
Forêts + pâturages d'altitude	■	■			■			
Agricole extensif	■		■	■				
Prairial thermophile	■		■	■	■	■		■
Prairial marécageux					■	■	■	■
Aquatique (étangs et cours d'eau)						■	■	
Rocheux de basse altitude		■						
STRUCTURES PAYSAGÈRES :								
Lisières forestières, haies	■		■	■	■	■		■
Talus, coteaux ensoleillés			■	■	■			■
Vallons, coteaux ombragés	■	■				■		
Cours d'eau							■	■
Végétation riveraine	■	■				■	■	■
Crêtes sommitales		■						
Espaces interforestiers	■							

Valeur bioindicatrice du groupe: ■ très bonne ■ bonne □ faible à nulle r

4.3 Étape de l'établissement du REN final

4.3.1 Cartes de base du REN final

Les cartes de travail, établies par les cantons au cours de la vérification, sont en principe utilisables à l'échelle 1:25'000. Toutefois, ce niveau de précision dépend toujours de la seule appréciation des cantons ou de leurs mandataires qui ont établi les données de base et qui feront évoluer les documents.

La précision des informations sur les cartes finales est arrêtée au 1:100'000. C'est la précision nécessaire à l'administration fédérale pour l'accomplissement de ses tâches. Les cartes présentent l'état à fin 2003, qui vise à faciliter l'établissement de plans directeurs ou le choix d'aménagements dans l'espace paysager.

Il faut noter que même si les structures principales des réseaux figurant sur les cartes du REN ne vont probablement se modifier que faiblement dans l'avenir (la majorité des éléments est en effet fortement liée à la géomorphologie et au réseau hydrographique), les cartes REN représentent une situation transitoire en fonction de l'utilisation actuelle du sol (à fin 2003).

La représentation graphique des résultats de la cartographie des continuums à l'aide d'un SIG⁸ implique des choix au niveau de la présentation des éléments paysagers qui se superposent plus ou moins systématiquement.

Afin d'obtenir une présentation standard sur l'ensemble des cantons, les règles suivantes ont été retenues :

- Au niveau de chaque réseau spécifique, les surfaces occupées par les zones nodales et les zones de développement constituent des entités réelles d'occupation du sol (forêt, prairie, marais, cours d'eau, etc.) et peuvent être figurées par des couleurs pleines standards.
- Les surfaces complémentaires attribuées aux divers continuums ainsi que les corridors occupent, par contre, des types de milieux variés, ayant en commun leur rôle fonctionnel pour l'interconnexion. Nous avons donc opté pour une figuration en transparence, avec ou sans hachure colorée, pour permettre la superposition des informations.

Un conflit s'est présenté pour la représentation des zones boisées de type sec ou humide, qui devraient être attribuées à des zones nodales et de développement de même type (cas des chênaies buissonnantes, des pinèdes sèches ou des forêts alluviales, par exemple). Dans ces cas, il a été choisi de retenir le continuum forestier comme milieu de base (ce qui correspond à la signature sur les cartes nationales et

⁸ La gestion des volumineuses données cartographiques géoréférencées a été réalisée au bureau ECONAT à l'aide de plusieurs logiciels SIG de la firme ESRI. Il s'agit notamment des logiciels ARC Info, ARC View et ARC Plot.

dans GEOSTAT) et de surimprimer par des hachures colorées les continuums secs ou humides, qui expriment la potentialité du milieu.

Les cantons qui ont la chance de posséder des banques de données d'espèces suffisamment complètes pourront toujours les croiser avec la base de données géoréférencées du REN et ainsi mieux mettre en valeur leurs particularités régionales.

4.3.2 Synthèse et exploitation des données

Les données statistiques initiales d'utilisation du sol (GEOSTAT) disponibles en format de grilles hectométriques corrigées par la vérification sur le terrain sont utilisées dans le REN sous la forme de polygones géoréférencés. Ces données sont ainsi plus précises dans la définition des habitats concernés et moins volumineuses dans la banque de données. Ces données, numérisées à partir des calques établis dans chaque canton, ont été assemblées pour créer les cartes du REN final.

Divers traitements et analyses ont été effectués, afin d'aboutir à la présentation des cartes du REN final accompagnées d'une proposition de hiérarchisation des éléments du réseau :

- a) Un test de dispersion à partir de l'ensemble des zones nodales a été pratiqué sur les assemblages des cartes cantonales pour les 5 types de réseaux.
- b) Les classes de connectivité interne de chaque sous-ensemble de réseaux composant le REN ont été définies.
- c) Diverses cartes de synthèse présentant les structures combinées des réseaux et de leur niveau hiérarchique ont été élaborées.

Les méthodes de travail propres à chaque étape de la procédure sont décrites ci-après.

4.3.3 Hiérarchisation du REN

En l'absence de données bibliographiques fournissant des méthodes de hiérarchisation applicables à un réseau écologique, on utilise dans la pratique des techniques d'appréciation globale au niveau des éléments ou des groupes d'éléments qui constituent un réseau.

Ainsi, au niveau des zones nodales, on utilise par exemple la combinaison de deux critères élémentaires : la superficie totale et l'importance des populations d'espèces patrimoniales. Dans une analyse sélective d'un ensemble de sites protégés organisés en réseaux interconnectés abritant divers types d'habitats, en plus des deux critères déjà cités, on introduit généralement une appréciation de l'interconnexion des habitats, ce qui permet d'établir une hiérarchisation sommaire de l'ensemble par rapport au contexte régional.

Dans le cas d'une approche globale des réseaux écologiques présents sur un territoire, l'analyse devient nettement plus complexe. Cependant, dans l'optique de

faciliter l'utilisation des données cartographiques du projet dans les procédures administratives, le REN propose la hiérarchie globale suivante :

- une démarche basée sur les cartes de connectivité et
- une démarche évaluative, utilisant tous les critères utiles à la pondération des facteurs de la valeur écologique des milieux concernés par les réseaux spécifiques.

Une carte de connectivité s'appuie sur l'hypothèse que les zones nodales sont capables de produire des individus surnuméraires alimentant une certaine dispersion en direction des habitats voisins, pour autant qu'ils soient connectés ou suffisamment proches et que ces milieux fonctionnent ainsi selon le principe des métapopulations. Ce potentiel de dispersion, à partir des zones nodales, peut servir de référence pour la hiérarchisation du réseau global en faisant figurer sur les cartes REN toutes les parties de réseaux ayant des zones nodales suffisantes et bien connectées, ce qui permet d'établir un zonage de connectivité selon un gradient d'intensité. Ce zonage est croisé avec le découpage du paysage en secteurs fonctionnels, selon la présence des obstacles naturels et artificiels. Cette cartographie élémentaire peut servir de base à des analyses plus détaillées.

Dans un second temps, une fois ce zonage effectué, une évaluation de chaque élément constituant un réseau sectoriel est possible, en utilisant une méthode d'évaluation multifactorielle des milieux.

Deux approches complémentaires peuvent être utilisées :

- Une approche cartographique, utilisant la représentation visuelle des structures des réseaux à l'aide d'un SIG qui permet notamment de tester la connectivité relative de chaque sous-réseau cartographié. Cette première méthode permet d'apprécier la connectivité générale d'une région, en produisant diverses cartes thématiques sur chaque type de réseaux, séparés ou combinés.
- Une approche évaluative par pondération des facteurs déterminant la valeur relative des différents éléments qui composent le réseau.

La combinaison des deux approches permet d'obtenir une évaluation complète d'un ensemble interconnecté d'habitats. Dans le cadre du REN, la démarche s'est limitée volontairement à une vision évolutive dynamique de chaque réseau spécifique, applicable à une guilda d'espèces bien définie.

À l'échelle d'une région ou d'un territoire national, on obtient une multitude d'ensembles organisés en micro-réseaux d'habitats, plus ou moins interconnectés, qui fonctionnent comme des **métapopulations**. Chaque ensemble doit pouvoir être caractérisé par ses aptitudes à survivre (résilience).

Dans un système naturel fonctionnant en réseau, la résilience de chaque ensemble de réseaux sectoriels peut être évaluée en utilisant les critères suivants :

- la qualité des milieux reliés (définie notamment par divers indicateurs tels que la diversité spécifique, le ratio d'espèces spécialisées et ubiquistes, ainsi que la présence d'habitats et d'espèces rares),
- le nombre et la surface totale des zones nodales interconnectées,
- la capacité d'accueil du système (zones de développement et zones d'extension reliées aux zones nodales),
- la multiplicité et la qualité des connexions intra- et extrasectorielles,
- la polyvalence des éléments de réseaux et notamment des corridors.

Ces critères peuvent facilement être réunis par une expertise locale, motivée par un projet ou une planification. La démarche n'utilise plus, dans ce cas, un modèle général avec des valeurs standard, mais s'applique à un modèle local ou régional, avec des valeurs de critères calculées pour chaque surface cartographiée. Les étapes de la démarche d'analyse sont illustrées par des extraits de cartes au 1:25'000 (cf. chap. 6.3).

4.3.4 Identification des réseaux sectoriels

Même si le but du REN est de fixer à l'échelle nationale un cadre de référence pour le fonctionnement en réseau des habitats homologues, l'échelle de référence habituelle pour l'analyse d'un projet local ou régional sera toujours le secteur écologique. Cette unité spatiale fonctionnelle, qui renferme la majorité des échanges possibles entre habitats, reste en effet l'unité spatiale permettant de comprendre et de gérer les modifications liées aux activités humaines.

Les secteurs écologiques sont identifiés *a priori* en repérant tous les obstacles physiques, naturels ou artificiels qui vont limiter les échanges biologiques et créer ainsi un ensemble fermé de milieux. Ainsi défini, chaque secteur contient en principe un unique réseau sectoriel pour chaque type de continuum caractérisant le paysage. Dans la réalité, un secteur écologique contient souvent plusieurs fragments de sous-réseaux non connectés (cf. Fig. 5).

Chaque réseau sectoriel est confirmé par un test de dispersion à partir des zones nodales contenues dans le secteur. L'échelle des limites de classes du capital de dispersion, fixé pour chaque groupe écologique, est relativement empirique. Il a été obtenu par des essais successifs, de manière à obtenir une signature graphique standard, permettant de mettre en évidence les connexions et les dysfonctionnements existant dans chaque réseau spécifique.

Il ne faut pas oublier que la démarche visant la définition de réseaux écologiques utilise essentiellement des potentialités de présence, de développement et de circulation d'espèces indicatrices. Ainsi, dans ce contexte, les zones de dégradation ou de dysfonctionnement sont tout aussi importantes que les zones réservoirs à forte biodiversité.

Les obstacles, tels que les principales infrastructures de transport et les zones construites, sont considérés comme des limites potentielles d'extension d'un réseau sectoriel. Dans le cas où un ouvrage de franchissement a été noté et où l'information collectée identifie le passage comme étant franchissable par les diverses catégories de faune, il est alors considéré comme une suite possible de l'extension du réseau sectoriel.

La résilience d'un secteur écologique peut être évaluée en analysant les principales caractéristiques de ses réseaux spécifiques :

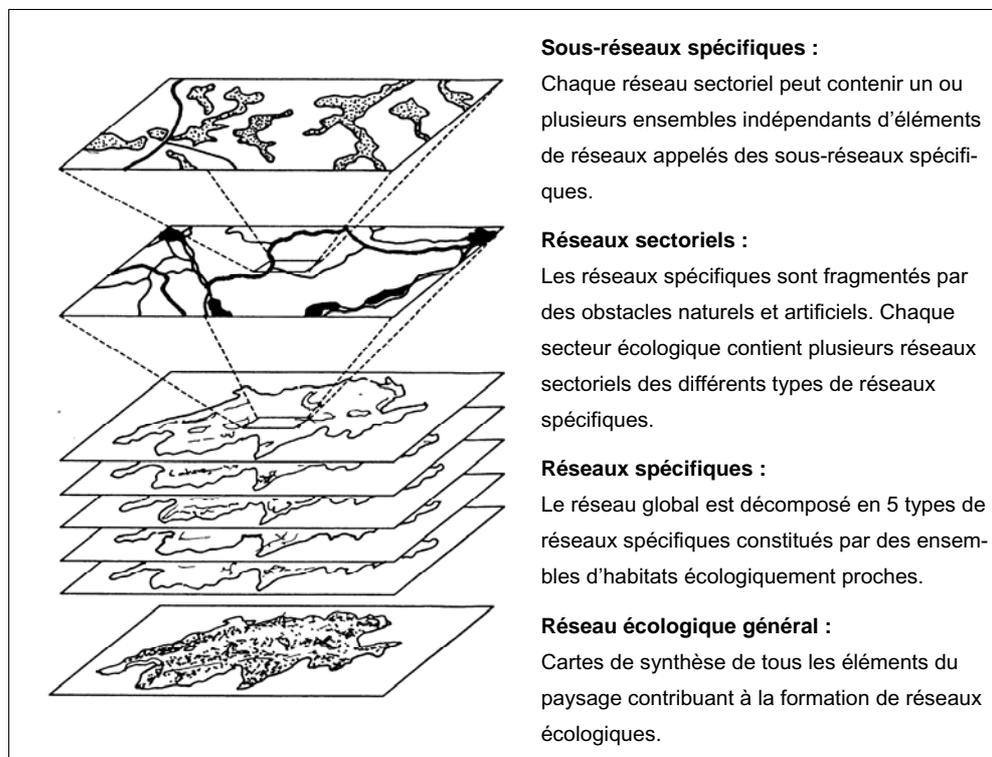
- leur capacité d'accueil obtenue au niveau de chaque réseau sectoriel par le calcul de la surface totale couverte par les divers polygones (zones nodales, zones d'extension, continuums, etc.) des différents continuums présents sur le secteur,
- leur connectivité intra- et extra-sectorielle calculée par les surfaces des zones de dispersion résultant du test de dispersion,
- la polyvalence de certains éléments du réseau écologique obtenue par la superposition des réseaux spécifiques.

Ce dernier critère permet notamment d'obtenir une représentation graphique intéressante des cartes du REN, en mettant en évidence les parties de continuums prioritaires par leur haute valeur fonctionnelle dans un paysage (cf. Fig. 24).

Dans une démarche conservatoire axée sur la gestion d'organismes cible, le REN met en exergue les déficits du système de réseaux spécifiques en place et fournit ainsi les premières bases pour mettre en place une politique de revitalisation. Toutefois, les données relatives aux organismes cible (espèces patrimoniales ou emblématiques) ne relèvent plus du modèle général, mais doivent encore être réunies par des études de terrain (cartographie des espaces vitaux, dénombrement des populations, identification des flux d'échanges, dynamique évolutive, etc.).

Le but recherché avec l'analyse des cartes du REN est de pouvoir proposer une hiérarchisation des réseaux spécifiques.

Figure 5 :
Les différents niveaux
d'analyse des réseaux
écologiques.



4.3.5 Cartes du REN

Les données géoréférencées traitées par le SIG ont permis de présenter une sélection de cartes thématiques (cf. encart et SRU 373a). Un premier lot de cartes concerne la présentation des données brutes de la cartographie générale du réseau écologique, obtenue par assemblage des données cantonales. Le second réunit l'ensemble des cartes des réseaux écologiques spécifiques obtenues par sélection des éléments contribuant à la formation de ces réseaux spécifiques. Ces cartes thématiques sont présentées sous deux formes de données brutes et de grilles hectométriques d'évaluation de la connectivité, soit pour l'ensemble de la Suisse :

- 1 carte des principaux éléments du réseau écologique national (REN) au 1:500'000,
- 1 carte simplifiée des principaux réseaux écologiques potentiels et de leurs connexions au 1:500'000,
- 5 cartes des réseaux écologiques spécifiques au 1:500'000,
- 6 cartes de la connectivité des réseaux spécifiques au 1:500'000,
- 22 cartes détaillées du réseau écologique national au 1:100'000.

L'ensemble des cartes se trouve dans le « Cahier de l'environnement », SRU 373a, OFEFP, 2004 (numéro de commande : SRU 373-TD).

Les cartes intermédiaires au 1:25'000 des données brutes sont uniquement des cartes de travail, non disponibles en l'état et établies en fin de phase de validation à l'intention des cantons.

Méthodes de travail

La modélisation du REN a été effectuée en trois étapes :

1. Une **étape préparatoire** comprenant l'établissement de cartes provisoires du REN ainsi que la préparation de documents de travail permettant la vérification des hypothèses initiales.
2. La **validation** de ces documents provisoires par les administrations cantonales concernées, comprenant la vérification des données sur le terrain et la consultation de spécialistes régionaux.
3. Une étape de **synthèse** et d'exploitation des données, établissant les bases cartographiques et la **hiérarchisation** du REN final.

L'étude du REN a nécessité l'utilisation combinée de **plusieurs méthodes originales** :

- Le calcul des continuums potentiels a été possible grâce à l'utilisation des données statistiques de l'utilisation du sol GEOSTAT croisées avec les données numériques de la cartographie nationale VECTOR25.
- Les zones nodales du REN ont été désignées en complétant les données des inventaires officiels des biotopes d'importance nationale par des informations cantonales et par l'établissement de cartes des guildes d'espèces indicatrices des divers continuums.
- La désignation des corridors est basée sur plusieurs études préliminaires (notamment Holzgang et al. 2001 ; Broggi & Schlegel 1998), mais a surtout été complétée par la définition de plusieurs réseaux spécifiques ayant chacun leurs connexions particulières.
- La vérification sur le terrain a été facilitée en concentrant les efforts des cartographes sur des zonages prédéfinis dont il s'agissait de vérifier les limites et les compléments identifiables de zones potentiellement intéressantes. Les apports originaux du terrain portent essentiellement sur l'identification de zones dites « de développement » et de corridors à fréquentation périodique ou diffuse.
- La validation par les administrations cantonales a été obtenue par la démarche de correction et d'introduction de données cantonales dans le REN. Elle devrait se renforcer progressivement avec l'utilisation de l'outil d'analyse et de cartographie sur SIG mis à la disposition des cantons.
- La hiérarchisation du REN utilise deux approches complémentaires. Une première au niveau de la fragmentation paysagère et une seconde au niveau de l'interconnexion. En effet, d'une part, la fragmentation paysagère a induit un découpage important en secteurs écologiques liés à la présence d'obstacles naturels et artificiels, ce qui a pour effet de diminuer la capacité d'accueil et la connectivité interne. D'autre part, la vision nationale permet d'examiner l'interconnexion réelle ou potentielle des secteurs écologiques formant ou non de plus vastes continuums paysagers.

5 Résultats

5.1 Introduction

Le REN a cherché à mettre en évidence les principales structures d'interconnexions écologiques, existantes ou potentielles, qui lient entre eux les écosystèmes naturels et semi-naturels des différentes régions du pays. Il propose une vision dynamique de type naturaliste, conciliant les intérêts des espèces de la flore et de la faune sauvages aux réalités de l'occupation actuelle du territoire. La définition cartographique du contexte écologique des espaces vitaux les plus importants pour la biodiversité, connus pour leurs particularités et leur richesse biologique, vise à guider l'évaluation des possibilités de développement et de survie de ces populations, afin que soient perpétués les flux d'échanges génétiques de notre patrimoine naturel dans l'ensemble du paysage de la Suisse.

La carte du REN (cf. Fig. 6) présente de manière synoptique tous les éléments cartographiés sur le terrain qui constituent le réseau écologique général. Elle montre l'importance de la couverture des éléments de paysages naturels et semi-naturels qui contribuent au fonctionnement du système, et finalement l'extrême complexité d'un réseau écologique au niveau national.

La répartition des réseaux spécifiques dans les régions biogéographiques (Gonseth et al. 2001) est intéressante à analyser (cf. Tab. 3). Le découpage sur les cartes de synthèse n'utilise, par analogie avec le découpage adopté dans le « Guide des milieux naturels de Suisse » (Delarze et al. 1998), que les six principales unités biogéographiques (Jura, Plateau, Préalpes, Alpes centrales orientales, Alpes centrales occidentales et Sud des Alpes). Les données des surfaces occupées dans chaque région mettent en évidence d'importantes différences.

Les deux types de réseaux forestiers, qui se superposent largement, occupent ensemble environ 57% du territoire national. Ils sont suivis par le réseau humide (36%), le réseau agricole extensif (36%), le réseau des prairies sèches (35%) et enfin le réseau aquatique (10%).

Les zones d'altitude couvrent environ 15% du territoire. Elles offrent certes un intérêt naturel majeur, mais constituent également un obstacle naturel important pour l'ensemble des réseaux de basse altitude.

Notons que les surfaces qui contribuent peu au fonctionnement en réseau dépassent les 20%. Elles sont constituées des secteurs urbanisés, des voies de communications et des surfaces agricoles intensives. Elles jouent un rôle déterminant dans la fragmentation de certaines régions, notamment sur le Plateau.

Par ailleurs, rappelons que les surfaces polyvalentes représentent une part importante de l'ensemble des réseaux.

Tableau 3 : Représentativité des types de réseaux dans les régions biogéographiques.

Régions biogéographiques :							
Connectivité par zone :	Jura	Plateau	Préalpes	Alpes centrales occidentales	Alpes centrales orientales	Sud des Alpes	Suisse
Forestier de basse altitude	4'044 km ² 17,5%	4'509 km ² 19,5%	8'004 km ² 34,6%	1'471 km ² 6,3%	2'734 km ² 11,8%	2'315 km ² 10,0%	23'079 km ² 100%
Forestier montagnard	3'862 km ² 17,2%	4km ² 0,0%	7'934 km ² 35,3%	1'484 km ² 6,6%	2'745 km ² 12,2%	2'285 km ² 10,1%	18'224 km ² 100%
Agricole extensif	2'226 km ² 14,8%	2'807 km ² 18,7%	5'752 km ² 38,4%	1008 km ² 6,7%	1'949 km ² 13,0%	1'227 km ² 8,2%	14'972 km ² 100%
Prairial sec	2'170 km ² 14,9%	27 km ² 0,2%	5'592 km ² 38,5%	915 km ² 6,3%	1'820 km ² 12,5%	120 km ² 1,1%	10'644 km ² 100%
Aquatique	210 km ² 4,8%	1'550 km ² 35,3%	1'452 km ² 33,1%	310 km ² 7,0%	486 km ² 11,1%	369 km ² 8,4%	4'383 km ² 100%
Humide	1'947 km ² 13,0%	2'914 km ² 19,5%	5'776 km ² 38,7%	943 km ² 6,3%	2'002 km ² 13,4%	1'337 km ² 8,9%	14'921 km ² 100%
Hors réseaux	1'270 km ² 8,7%	3'848 km ² 26,3%	2'632 km ² 17,9%	3'001 km ² 20,5%	3'094 km ² 21,2%	746 km ² 5,1%	14'593 km ² 100%
Réseau global	4'367 km ² 16,3%	5'989 km ² 22,4%	8'852 km ² 33,1%	1'835 km ² 6,8%	3'158 km ² 11,8%	2'498 km ² 9,3%	26'702 km ² 100%

Remarque : Les différents réseaux spécifiques se superposent largement et leurs surfaces ne peuvent donc pas s'additionner.

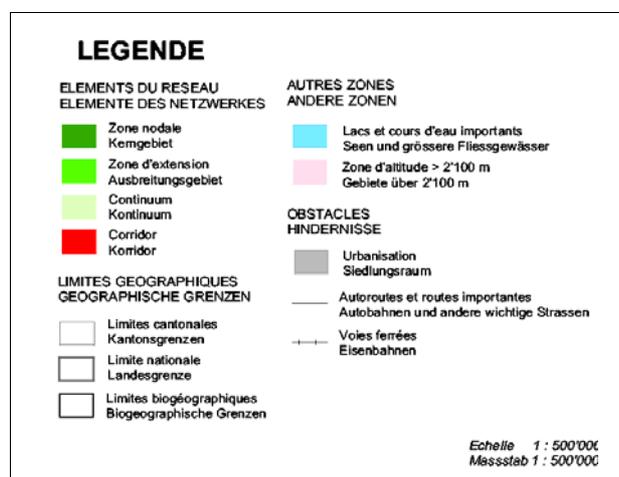
5.2 Présentation des cartes des réseaux spécifiques

Les cartes des réseaux spécifiques résultent d'une sélection des informations cartographiques brutes du réseau global. Les zones nodales et les zones d'extension sont propres à chaque type de réseau spécifique. Par contre, les surfaces de continuums et de corridors, généralement polyvalentes, se retrouvent de ce fait dans plusieurs réseaux spécifiques. Elles n'apparaissent donc pas clairement sur les cartes des données brutes.

Ainsi, par exemple, les surfaces agricoles situées en lisière de forêt ou le long des cours d'eau boisés se retrouvent simultanément, dans le premier cas, dans les continuums agricoles et forestiers ou encore, dans le second cas, dans les continuums agricoles, aquatiques et forestiers.

La légende des cartes (cf. Fig. 7) fait apparaître à l'aide d'un gradient de couleurs les éléments caractéristiques des réseaux spécifiques. Les corridors, souvent très discrets, sont signalés en rouge, afin de rappeler leur valeur stratégique.

Figure 7 :
Présentation de la légende
standard des cartes des réseaux
spécifiques.



Les cartes à l'échelle 1:100'000 doivent permettre la lecture des éléments fins et, notamment, des divers obstacles qui provoquent la fragmentation des réseaux. La consultation des cartes met en évidence certaines disparités au niveau de la qualité des données de base. Ces différences, inévitables dans un travail collectif mené à une échelle nationale, ont deux causes :

1. Une interprétation non homogène des critères de classification des milieux dans les divers types de continuums.

Par exemple : Entre les surfaces riches en prairies semi-naturelles sèches ou humides, attribuées au continuum agricole extensif, et les surfaces riches en prairies naturelles sèches, réservées en principe au continuum des prairies sèches. Dans cette situation, les cantons bien pourvus en zones nodales de prairies sèches

ches ont souvent englobé les prairies diversifiées mésophiles uniquement dans le continuum des prairies sèches, en écartant le continuum agricole extensif.

Dans les régions fortement boisées à tendance sèche ou humide, les continuums respectifs ont souvent été généreusement étendus, au détriment des continuums forestiers également présents.

2. Certains cantons ont seulement vérifié les zones nodales reconnues par des inventaires officiels et ont proposé certaines zones d'extension, en écartant les surfaces complémentaires éventuellement présentes dans les continuums. De ce fait, les espaces nécessaires pour définir l'interconnectivité sont régionalement déficitaires.

Dans tous les cas, les éléments cartographiés présentent la structure élémentaire minimale des réseaux spécifiques potentiels. Ces données peuvent servir de base aux réflexions sur l'interconnexion des habitats, notamment sur les besoins en renforcement des réseaux écologiques existants. Par une approche successive, la consultation des cartes permet d'avoir sous les yeux la vision globale d'un espace dans lequel on analyse plus en détail une zone restreinte. Cette vision synoptique devient indispensable lorsqu'il s'agit d'analyser les fonctionnalités des réseaux présents à l'intérieur d'un secteur paysager. En effet, si les connexions internes entre les zones nodales d'un secteur sont importantes, les connexions externes vers d'autres zones nodales plus éloignées peuvent être tout aussi vitales. Ainsi, la vision globale du compartiment paysager va servir de référence pour toute la zone d'étude.

Dans la pratique, toute démarche d'évaluation d'un site ou de restauration d'un corridor n'a de sens que si l'on connaît aussi les informations essentielles des réseaux spécifiques situés à l'extérieur de la zone d'étude :

- Où se situent les zones nodales ?
- Quels milieux servent de zones d'extension ou de continuums ?
- Quelle position occupe le site ou la zone aménagée dans le fonctionnement du système ?
- Pour quels groupes de faune ou de flore le site a-t-il une fonction ?

Les réponses à ces questions sont fournies par la lecture des cartes des réseaux spécifiques du REN.

5.3 Principales caractéristiques des réseaux spécifiques

Les cartes des réseaux spécifiques permettent de mieux comprendre la notion de réseau écologique et surtout de mettre en évidence les structures essentielles, les fragments de réseaux ainsi que les zones de dysfonctionnement. Elles servent de base aux analyses de connectivité et à la hiérarchisation générale du REN.

Le **réseau forestier de basse altitude** (cf. Fig. 8) est bien représenté dans les Préalpes (34,6%) et sur le Plateau (19,5%). Les forêts de basse altitude y sont en contact direct avec les massifs boisés montagnards et forment de vastes continuums qui se

prolongent vers les zones de plaine le long des principaux cours d'eau. La fragmentation y est plus faible et localisée, en fonction de la dispersion des villages. Les zones nodales, peu nombreuses, sont réparties régulièrement sur l'ensemble de la région.

Sur le Plateau, des surfaces forestières relativement importantes ont subsisté pour des raisons économiques (sylviculture à forte rentabilité) et orographiques (vallons encaissés et protection des berges de cours d'eau). Toutefois, ces surfaces sont fortement transformées par les pratiques culturelles traditionnelles (« enrésinement » important) ou liées au réseau hydrographique. Hormis la présence de grands massifs forestiers dans les zones de collines en moyenne altitude, on observe généralement une structure paysagère particulière, constituée de bosquets et de ripisylves, plus ou moins connectés par des corridors, en fonction de la proximité des surfaces boisées et des possibilités de maintenir une agriculture extensive. Ces types de paysages sont souvent fortement fragmentés par de vastes surfaces agricoles, des zones urbanisées et des voies de communication. Les zones nodales de forêts naturelles sont devenues rares du fait de la pression humaine ou se maintiennent localement, en raison de leur inaccessibilité relative (cas des zones alluviales et des vallons molassiques).

Le **réseau forestier montagnard** (cf. Fig. 9) est régulièrement réparti dans tous les massifs montagneux et forme une ceinture plus ou moins continue entre 1000 et 2000 m d'altitude, lorsque la déclivité n'a pas permis son usage agricole. Ce type de réseau, relativement bien connecté, avec des zones nodales régulièrement réparties, n'est pas présent sur le Plateau ni au fond des vallées alpines. Il présente de ce fait un isolement naturel que seules les espèces forestières d'altitude peu spécialisées peuvent éviter lors de leur dispersion.

Le **réseau agricole extensif** (cf. Fig. 10) est bien représenté dans les Préalpes (38,4%), sur le Plateau (18,7%) et dans le Jura (14,8%) où il est fortement lié à la présence des lisières forestières de basse altitude. Dans les vallées des Alpes, le réseau des prairies sèches se substitue largement aux ensembles de milieux diversifiés et structurés caractérisant le réseau agricole extensif. Les zones nodales de ce réseau sont irrégulièrement réparties. Rares en plaine, elles sont nombreuses sur les pentes ensoleillées de moyenne altitude, dans les zones riches en prairies sèches.

Le **réseau des prairies sèches** (cf. Fig. 11) est bien représenté dans les Préalpes (38,5%), dans les Alpes centrales occidentales, le long du Jura (14,9%) et dans la région des Alpes centrales orientales (12,5%). Il apparaît globalement très morcelé dans la majorité des régions et figure en concurrence avec les milieux forestiers et l'agriculture intensive, sauf en Valais, où il forme un réseau compact remarquable. Il est réparti régulièrement au Sud des Alpes, bien que les surfaces de ce réseau soient envahies progressivement par les buissons qui découlent de l'abandon des pratiques de fauche et de pâture. Liés aux pentes et aux flancs des vallées, les habitats favorables de ce type de réseau constituent des continums cohérents

relativement peu fragmentés, dans lesquels les zones nodales se maintiennent uniquement par des pratiques agricoles appropriées.

Le **réseau des zones humides** (cf. Fig. 12) est bien représenté dans les Préalpes (38,2%) et dans les régions alpines (18,2%), où il est formé de vastes zones marécageuses d'altitude peu morcelées, possédant de nombreuses zones nodales. Sur le Plateau (19,5%), il est réparti régulièrement, avec d'importantes zones alluviales situées le long des lacs et des cours d'eau.

Le **réseau aquatique** (cf. Fig. 13) est formé entièrement du réseau hydrologique, lié lui-même aux caractéristiques topographiques, géologiques et hypsographiques de ces régions.

Le Plateau et les Préalpes regroupent la part la plus importante du réseau cartographié (77%). Le Jura est pauvre en surfaces (4%), du fait de la présence d'un karst important. Les régions des Grisons et du Sud des Alpes (7,2%) ont un réseau hydrologique qui comporte de nombreux cours d'eau temporaires. Les Alpes internes (Valais), malgré les apports glaciaires importants, possèdent un climat continental sec et une orographie marquée, peu favorables au développement d'un réseau aquatique important en surface (1,8%).

Figure 10 :
Carte
d'ensemble
du réseau
agricole
extensif.

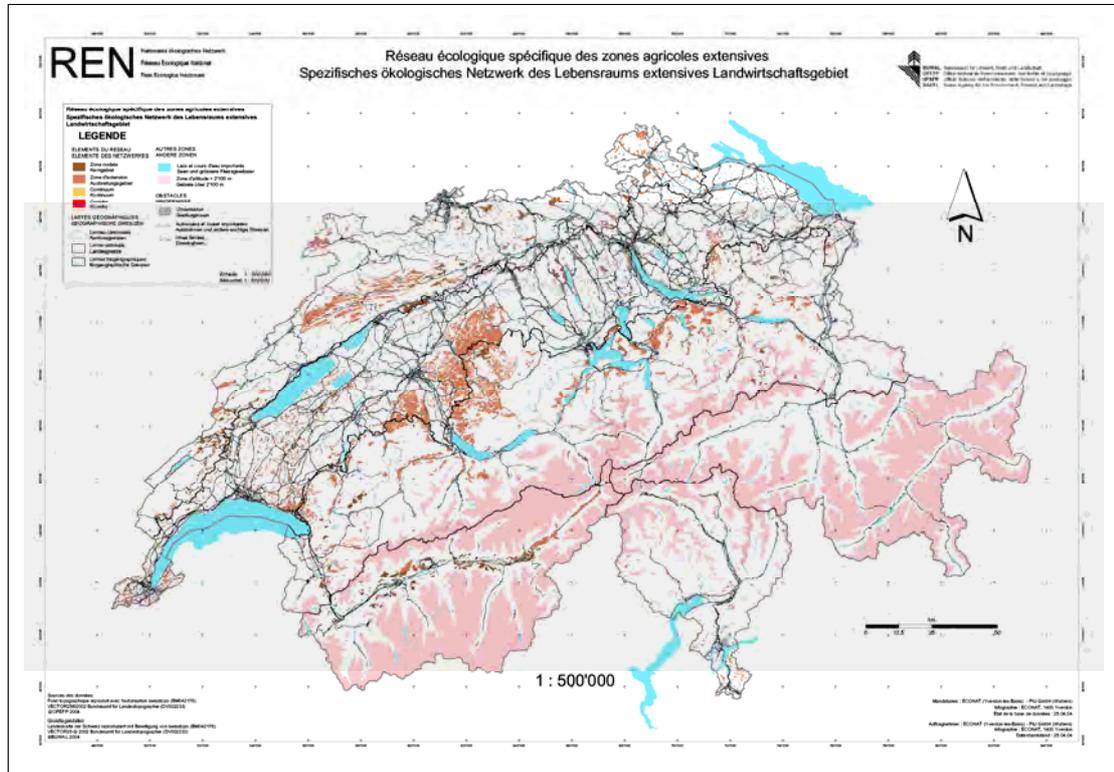
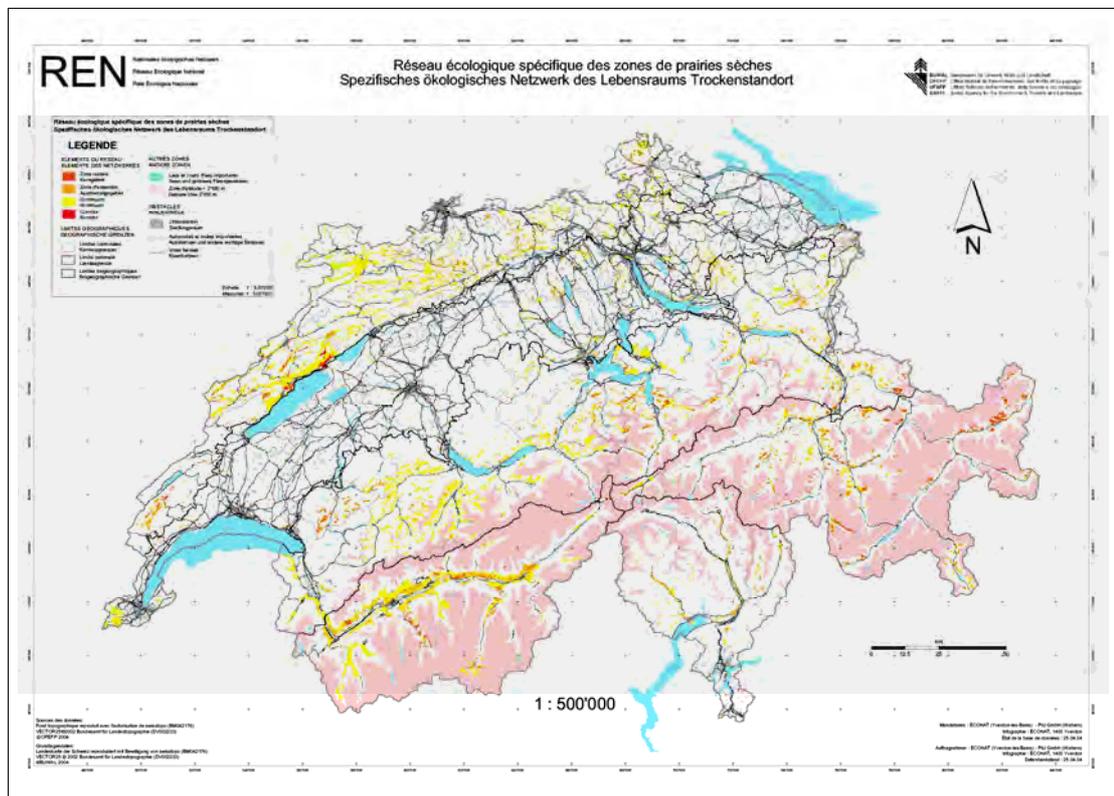


Figure 11 :
Carte
d'ensemble
du réseau
des prairies
sèches.



5.4 La fragmentation des réseaux en secteurs écologiques

Le découpage sectoriel des écosystèmes par des obstacles naturels ou artificiels est pris en compte par deux approches complémentaires :

1. La cartographie des obstacles créant une coupure physique dans les habitats favorables (zones nodales et zones d'extension) et des diminutions significatives des flux d'échanges au niveau des corridors a fait l'objet d'une attention particulière lors des vérifications sur le terrain. Les obstacles ont été classés en trois catégories de perméabilité : classe 1 = perméabilité faiblement perturbée ; classe 2 = perméabilité moyenne avec pertes d'espèces peu mobiles ; classe 3 = perméabilité fortement perturbée pour l'ensemble de la faune. Les points de franchissement utilisables, tels que les passages à faune et autres ouvrages d'art, ont été également enregistrés avec une appréciation des possibilités de franchissement par catégorie de faune.
2. Les tests de connectivité utilisés pour obtenir une hiérarchisation des ensembles d'éléments de réseaux écologiques ont également servi à localiser les sous-ensembles actifs, et donc à confirmer ou à infirmer la réalité effective d'un secteur.

Les obstacles et les ouvrages de franchissement apparaissent sur les cartes au 1:100'000 et sont systématiquement pris en compte dans les calculs de connectivité. La présence de corridors bien conservés, équipés d'ouvrages de franchissement efficaces lorsque c'est nécessaire, rétablit l'interconnexion entre des secteurs qui seraient normalement isolés.

La carte des secteurs écologiques (cf. Fig. 14) présente la synthèse de cette analyse du découpage du paysage. On constate ainsi une disparité importante entre les différentes régions biogéographiques. Ainsi, sur le Plateau, les secteurs écologiques n'occupent en moyenne que 74 km², alors que dans le Jura et les Préalpes on passe respectivement à 126 et 132 km². Dans le Valais, les Grisons et le Sud des Alpes, malgré un découpage très serré dans les fonds de vallées, la taille des secteurs est comprise entre 250 et 360 km². Enfin, dans la zone de haute altitude, entrecoupée uniquement par des obstacles naturels formés par les zones rocheuses et nivales, la moyenne est de 540 km².

Ces différences vont jouer un rôle déterminant dans l'évaluation de la connectivité.

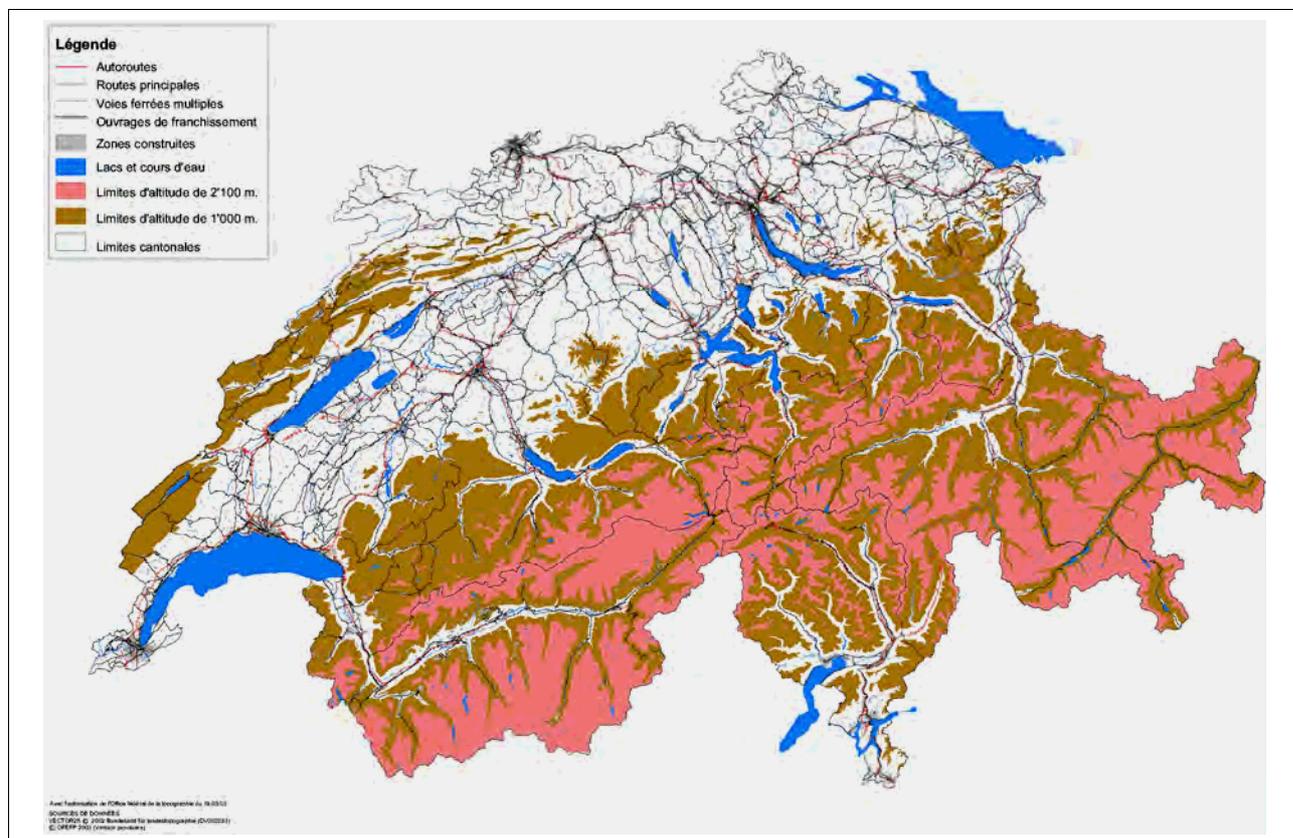


Figure 14 : Carte synoptique de la fragmentation paysagère par des obstacles naturels et artificiels définissant les secteurs écologiques.

5.5 Hiérarchisation des réseaux spécifiques (Cartes de connectivité)

Le test standard de connectivité, appliqué à chaque réseau spécifique, fait apparaître clairement des ensembles dans lesquels les réseaux sont bien développés, c'est-à-dire qu'ils sont largement étendus, alimentés par plusieurs zones nodales et bien interconnectés. Les données acquises pour chaque type de réseau sont regroupées pour permettre une comparaison de la situation entre les différentes régions biogéographiques.

L'utilisation d'un SIG a permis d'établir des données théoriques traitées dans des tableaux de synthèse comprenant notamment :

- le nombre de réseaux connectés,
- les surfaces totales concernées par niveau de connexion,
- les surfaces totales non connectées.

Toutefois, en raison de la nature théorique et d'expérimentation de la méthodologie, seules les cartes de connectivité à l'échelle 1:500'000 des six réseaux spécifiques et quelques chiffres significatifs sont cités dans le rapport.

Le test de connectivité appliqué aux données existantes a pour but de présenter un outil d'analyse de l'état actuel des divers réseaux spécifiques bien interconnectés, ainsi que les principaux problèmes de la fragmentation paysagère existante.

Les résultats présentés sous forme de cartes sont à prendre avec précaution. D'une part, le travail de traitement des données pour l'ensemble de la Suisse atteint les limites de capacité des ordinateurs utilisés. Ce qui a eu pour conséquence que certaines erreurs flagrantes n'ont pas pu être corrigées. En effet, le modèle matriciel appliqué à l'hectare pour désigner l'extension potentielle des continuums (cf. annexe A4) et ensuite pour tester la connectivité (cf. annexe A6) s'applique aisément à l'échelle régionale, mais très difficilement à l'échelle nationale, du fait du nombre exponentiel des combinaisons possibles.

D'autre part, plusieurs cantons, bien qu'ayant validés et complétés correctement les données de base du REN, ne disposent pas encore des inventaires finaux de certains biotopes d'importance nationale et régionale. De ce fait, ils n'ont pas pu fournir toutes les zones nodales nécessaires au calcul de connectivité. Il en résulte globalement que sur de nombreux secteurs des cartes de connectivité où la répartition des habitats est néanmoins connue, l'absence de zones nodales désignées ne permet pas d'effectuer le calcul de connectivité, donnant ainsi une impression faussée.

Le résultat cartographique est encore imparfait, mais l'outil d'analyse se confirme comme étant très intéressant.

Réseau forestier

Les deux cartes présentées reflètent largement l'état d'avancement des inventaires et d'autres études en cours, soit sur les stations d'associations végétales forestières, soit sur les valeurs naturelles des forêts. Plusieurs zones du réseau forestier de basse altitude cartographiées dans le REN n'ont pas encore été formellement désignées comme zones nodales.

Les deux réseaux forestiers de plaine et de montagne sont totalement liés et doivent être analysés en rapprochant les informations des deux cartes de répartition. Toutefois, du strict point de vue des réseaux potentiels de dispersion des espèces, il est apparu intéressant de décrire séparément les deux systèmes, certes largement complémentaires, mais également antagoniques, notamment pour certaines espèces typiques. Ainsi, les tétraonidés d'altitude, tels que le grand tétras, le tétras-lyre et le lagopède, sont fortement liés à des milieux forestiers de montagne, à des clairières ou à des milieux bordés de landes à buissons ou de pâturages, pour lesquels ce type de réseau a une signification particulière. Inversement, pour plusieurs pics et de nombreux insectes liés à des associations forestières de basse altitude, le réseau forestier montagnard n'a pas de rôle réel pour le développement des populations. Ainsi, l'écologie des espèces va permettre de compléter la vision très globale des deux modèles de sous-réseaux forestiers de basse et de haute altitude, en distinguant encore d'autres sous-ensembles.

Réseau forestier de basse altitude (cf. Fig. 15)

Analyse sommaire par région biogéographique :

Jura	Le continuum forestier de basse altitude couvre largement la région avec une connectivité élevée et relativement peu d'interruptions.
Plateau	Paradoxalement, l'on constate que les surfaces boisées de ce réseau sont encore bien présentes et parfois même bien connectées dans certains cas (région centrale), malgré les fragmentations importantes dues aux voies de communication, aux surfaces urbanisées et, en partie, aux surfaces agricoles très intensivement exploitées. Dans la partie occidentale du Plateau (Romandie) la carte de connectivité n'indique que peu de surfaces et en plus peu connectées. Cet artefact est dû à l'absence de données pour la fixation de zones nodales dans ce secteur pour le réseau spécifique en question. Les connexions néanmoins indiquées ne se rapportent cependant qu'aux exigences de la grande faune.
Préalpes	Le milieu forestier de basse altitude forme une ceinture relativement continue en bordure nord du réseau forestier montagnard, dont il est complémentaire.
Alpes centrales occidentales	Le réseau forestier de basse altitude présente une continuité marquée sur l'ubac de la vallée du Rhône. Sur l'adret du Valais central, il est par contre interrompu en plusieurs endroits par les surfaces des vignobles et les parois rocheuses. La zone alpine de haute altitude n'est pas concernée et forme même un immense obstacle naturel, entre les versants sud et nord, pour l'ensemble des réseaux de basse altitude.
Alpes centrales orientales	Les milieux forestiers de basses altitudes sont bien développés dans l'ensemble des vallées du nord des Grisons, mais sont par contre très isolés en Engadine.
Sud des Alpes	Le continuum forestier de basses altitudes est bien développé, ce qui fait apparaître un vaste continuum, fortement structuré par les obstacles naturels, tels que les zones rocheuses, les lacs et les cours d'eau. Toutefois, les zones nodales identifiées sont trop petites et dispersées pour permettre d'identifier l'étendue des réseaux sectoriels.

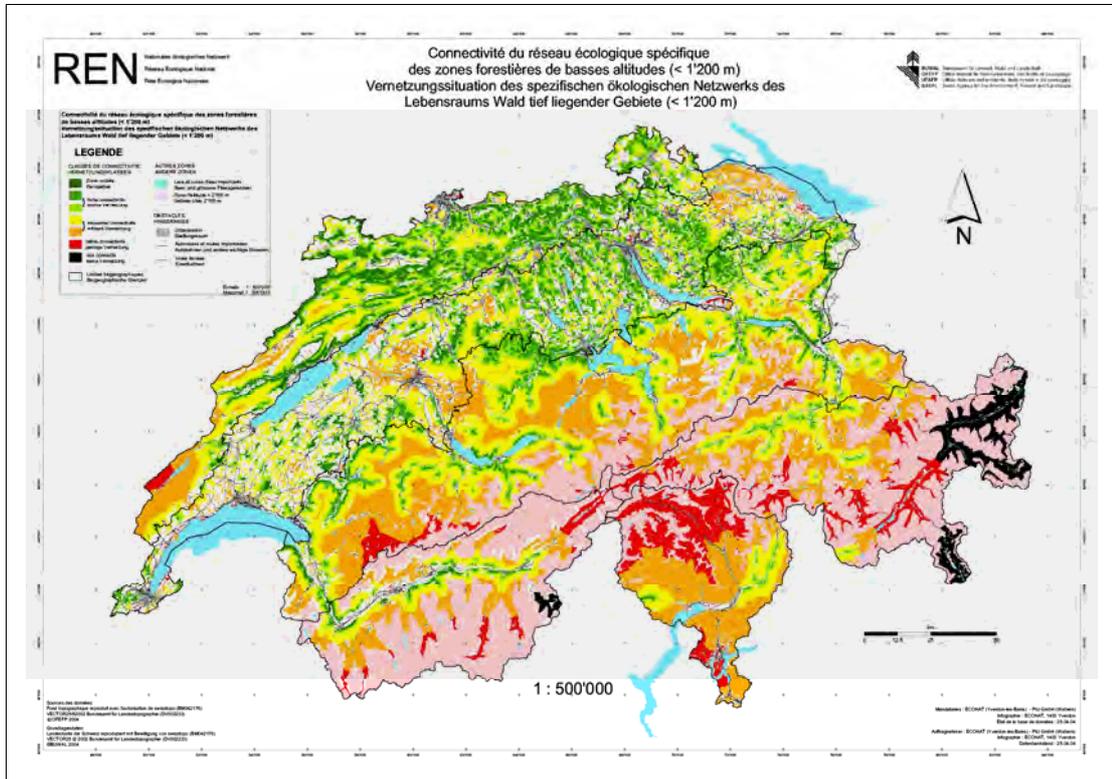


Figure 15 :
Carte
de connectivité
du réseau
forestier de
basse altitude.

Réseau forestier montagnard (cf. Fig. 16)

Le réseau forestier montagnard est réparti régulièrement dans tous les massifs montagneux et forme une ceinture de végétation plus ou moins continue entre 1200 et 2100 m d'altitude.

Analyse sommaire par région biogéographique :

Jura

Le réseau forestier montagnard couvre largement toute la région avec une connectivité élevée et relativement uniforme. La totalité du réseau mis en évidence recouvre l'habitat potentiel du grand tétras.

Plateau

Ce type de continuum ne touche pas le Plateau, mais reste complémentaire du réseau forestier de basse altitude.

Préalpes

Le milieu forestier montagnard est fortement développé sur l'ensemble de la région, avec des interruptions créées naturellement par les fonds de vallées, et parfois provoquées par des voies de communication récemment construites.

Alpes centrales occidentales

Le réseau forestier montagnard forme une ceinture continue sur les deux versants de la vallée du Rhône. Il est plus important que le réseau forestier de basse altitude. Les milieux forestiers montagnards forment un continuum relativement important sur le versant nord des Alpes en limite de la région préalpine. Les réseaux créés ne sont interrompus que par quelques vallées importantes.

Alpes centrales orientales

Les milieux forestiers montagnards sont répartis régulièrement sur l'ensemble des vallées des Grisons et forment des réseaux en général cohérents.

Sud des Alpes

Cette région présente un vaste continuum forestier montagnard, fortement structuré par les obstacles naturels, tels que les zones rocheuses, les lacs et les cours d'eau. Toutefois, peu de zones nodales ont été identifiées et donc ce n'est pas possible de préciser l'étendue des réseaux sectoriels.

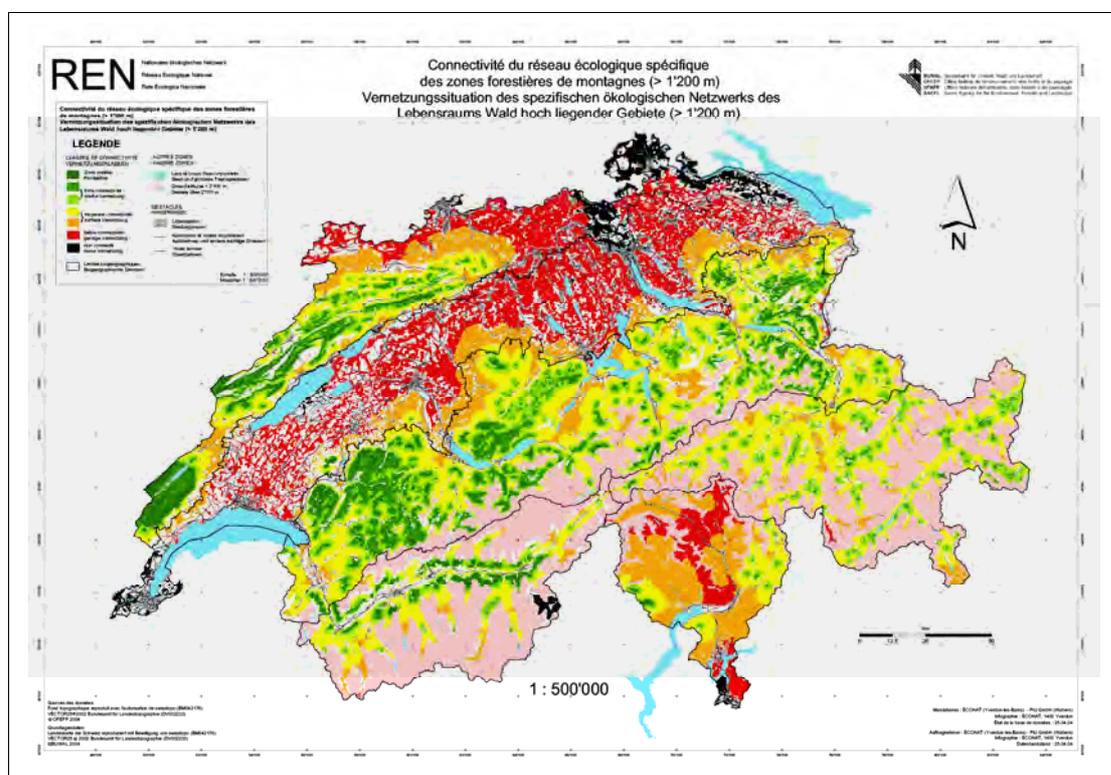


Figure 16 :
Carte
de connectivité
du réseau
forestier
montagnard.

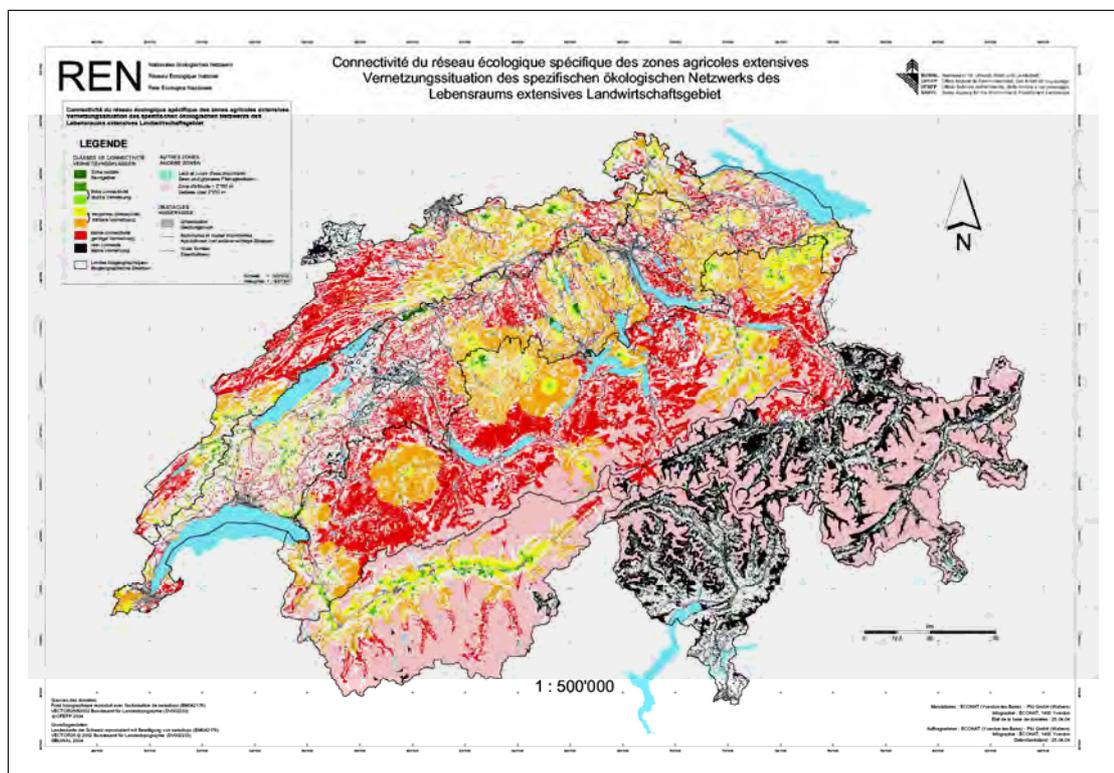
Réseau agricole extensif (cf. Fig. 17)

Le réseau agricole extensif, associé aux éléments de réseaux forestiers créés par les lisières de forêts et les rives de cours d'eau, offre de très importantes surfaces potentielles dans les zones favorables à l'agriculture. Toutefois, de nombreuses surfaces sont souvent exploitées de manière intensive, ce qui altère leurs capacités de fonctionnement écologique dans les réseaux, notamment en qualité de corridors. Les surfaces de revitalisation proposées y sont donc très nombreuses. D'importantes surfaces du continuum agricole extensif ont été cartographiées ou désignées automatiquement comme étant des zones favorables de par leur situation. Cependant, une grande partie des zones nodales de ce réseau a été attribuée à des zones sèches ou humides (au niveau montagnard même au réseau forestier), correspondant mieux à leur fonctionnalité spécifique. De ce fait, dans le REN, les réseaux agricoles extensifs sont sous-représentés – surtout dans les Alpes centrales orientales et au Sud de Alpes, partiellement aussi dans le Jura occidentales et dans les Préalpes.

Analyse sommaire par région biogéographique :

- Jura** Les continuums du réseau agricole extensif sont nombreux et offrent des surfaces potentielles importantes. Toute la région est uniformément concernée par des mises en réseaux potentielles.
- Plateau** Les surfaces de continuums sont nombreuses mais fragmentées et réparties uniformément sur l'ensemble de la région. Dans cette région, favorable aux terres d'assolement et aux grandes cultures, les zones nodales sont encore insuffisantes et souvent trop isolées pour créer à cette échelle des réseaux écologiques majeurs.
- Préalpes** Les surfaces de continuums sont très importantes et peu fragmentées dans différentes régions des cantons de Berne, de Lucerne et de Glaris.
- Alpes centrales occidentales** Les continuums du réseau agricole extensif, étant largement complémentaires à ceux des prairies sèches, forment de nombreux réseaux, bien répartis sur les deux versants de la vallée principale et au bas des vallées latérales.
- Alpes centrales orientales** Les continuums sont bien développés et les réseaux complets sont nombreux et bien répartis sur les deux versants des vallées principales et au bas des vallées latérales.
- Sud des Alpes** Les continuums du réseau agricole extensif sont en principe bien développés sur l'ensemble de la région, mais les zones d'extension réelles et les zones nodales étaient insuffisamment désignées pour faire le calcul de connectivité ou bien sont incluses dans les réseaux des zones sèches ou humides.

Figure 17 :
Carte de connectivité du réseau agricole extensif.



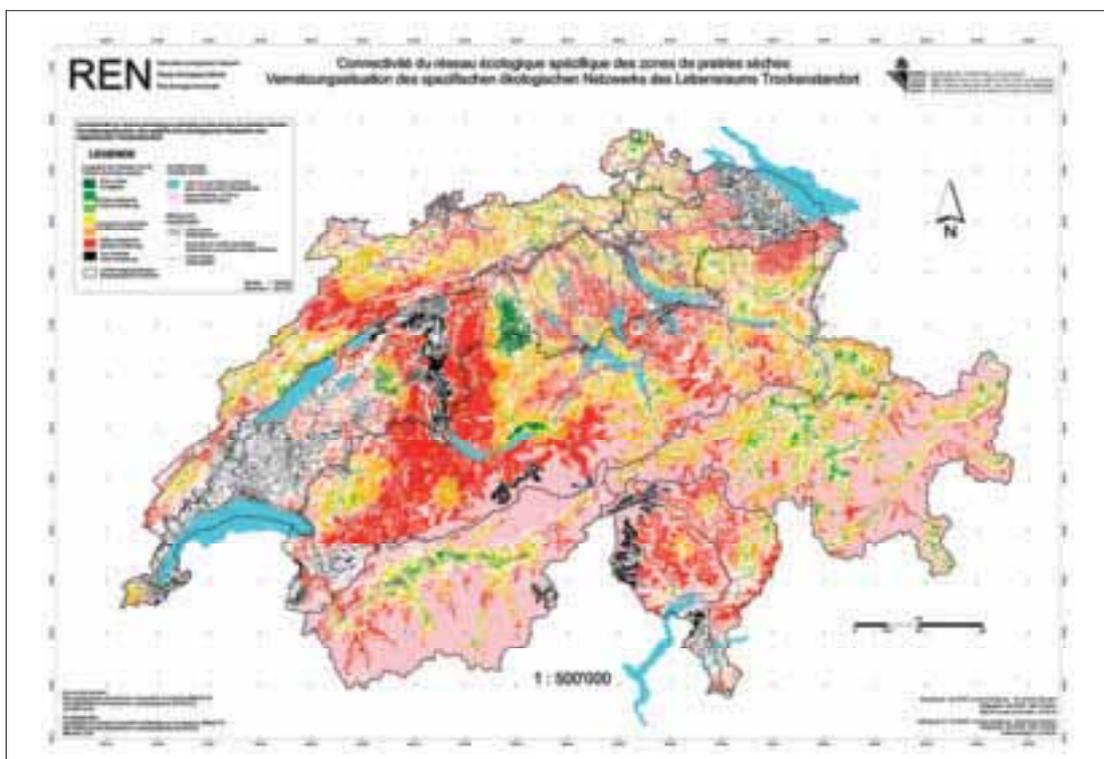
Réseau des prairies sèches (cf. Fig. 18)

La carte présentée reflète largement l'avancement de l'inventaire fédéral des prairies et des pâturages secs d'importance nationale (PPS). Dans ce contexte, il n'a pas été possible de déterminer les zones nodales de ce réseau avec suffisamment de précision et d'homogénéité pour l'ensemble de la Suisse – cas particulièrement bien visible dans le Simmental et Kandertal (canton de Berne), où l'inventaire est en train d'être établi et par conséquent la délimitation des zones nodales n'était pas encore possible.

Analyse sommaire par région biogéographique :

Jura	Le pied du Jura et les grandes vallées qui le sillonnent abritent de vastes ensembles, susceptibles de former des réseaux cohérents. Toutefois, l'absence de zones nodales désignées systématiquement limite actuellement les possibilités de faire apparaître les potentialités réelles de réseaux.
Plateau	Les milieux prairiaux secs sont rares sur le Plateau molassique et ne forment pratiquement pas de réseaux dans la partie sud-ouest, alors que plusieurs zones morcelées forment quelques éléments de réseaux dans la moitié nord-est. Les zones les plus importantes concernent la région du Toggenburg, ainsi que deux régions des cantons de Schaffhouse et d'Argovie, situées en bordure du Jura tabulaire.
Préalpes	La région préalpine offre en général un fort potentiel de développement de prairies sèches en mosaïque, avec des prairies humides et des forêts. Les continuums occupent d'importantes surfaces bien connectées, avec peu de coupures liées aux voies de communications et à l'urbanisation dans les vallées. Pourtant, des surfaces encore non inventoriées n'ont pas été délimitées en tant que zones nodales.
Alpes centrales occidentales	Le versant nord de la vallée du Rhône possède l'un des principaux ensembles de réseaux de milieux secs de Suisse. Sur le versant sud, les continuums sont moins développés, mais se prolongent largement dans toutes les vallées latérales.
Alpes centrales orientales	Les prairies sèches sont nombreuses dans toutes les vallées et présentent une répartition régulière de zones nodales. L'ensemble forme un grand réseau pratiquement ininterrompu. Cette même situation se retrouve en Engadine.
Sud des Alpes	Bien qu'offrant un potentiel important de développement des prairies sèches, les zones favorables sont dominées par le continuum forestier, qui a tendance à s'étendre avec l'abandon massif des pratiques agricoles traditionnelles. D'importants continuums intacts forment un ensemble remarquable dans le val Mésolcina et le val Calanca.

Figure 18 :
Carte
de connectivité
du réseau des
prairies sèches.



Réseau des zones humides (cf. Fig. 19)

Les zones humides sont bien représentées dans toutes les régions, mais offrent des particularités liées à la morphologie du terrain et à l'intensité des pratiques agricoles.

Analyse sommaire par région biogéographique :

Jura

Les milieux humides sont rares tout en étant regroupés dans certaines vallées, en formant de petits ensembles isolés.

Plateau

Les zones humides en réseaux sont rattachées aux zones alluviales des grands cours d'eau et des lacs. Les réseaux sectoriels sont souvent isolés dans le sud-ouest du Plateau, alors qu'ils sont encore cohérents dans la partie nord-est, malgré une forte fragmentation de l'espace.

Préalpes

Cette région possède de vastes ensembles non fragmentés de zones humides. On note un fort gradient du sud au nord avec, notamment, un grand ensemble interconnectés entre Sigriswil à l'Ouest et le Glauenberg à l'Est, comprenant ainsi une partie des cantons de Berne, de Lucerne et d'Obwald.

Alpes centrales occidentales

Région relativement pauvre en zones humides, seule la région du Bois de Finges présente un ensemble important de zones alluviales et de petits marais formant un réseau. Par contre, la zone alpine de haute altitude possède de nombreuses zones humides liées aux marges glaciaires, dont certaines créent un début de réseau lorsque les zones humides situées dans d'autres vallées latérales sont suffisamment proches.

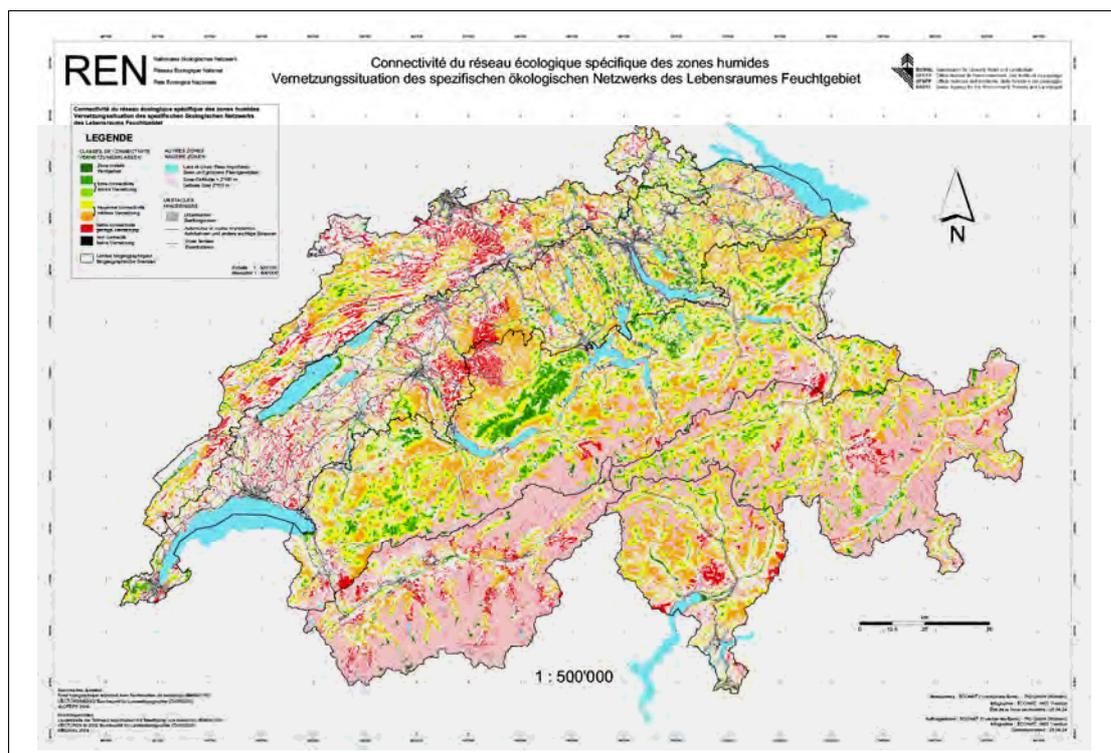
Alpes centrales orientales

Chaque fond de vallée possède des chapelets de petites zones humides en relation avec le cours d'eau principal, qui forment ainsi des réseaux cohérents, mais isolés.

Sud des Alpes

Plusieurs fonds de vallées possèdent des réseaux de zones humides importants. C'est le cas, notamment, de la plaine de Magadino et des deux vallées confluentes de la Moesa et de la Calanca.

Figure 19 :
Carte
de connectivité
du réseau
des zones
humides.



Réseau aquatique (cf. Fig. 20)

Bien que la totalité du réseau aquatique soit connue, l'écologie des réseaux aquatiques en détail est mal documentée pour l'ensemble de la Suisse. C'est le cas, par exemple, pour la localisation des frayères autres que celles des Salmonidés et pour les voies de migration des poissons. Ce type de réseau mérite donc d'être étudié plus en détail afin de compléter la base de données et en particulier pour améliorer la désignation de zones nodales.

Analyse sommaire par région biogéographique :

Jura

Le réseau hydrographique de surface est relativement peu développé. Il faut néanmoins noter les potentialités de développement de réseaux offertes par les principaux cours d'eau descendant du Jura (par exemple : l'Orbe, l'Arnon, l'Areuse). Malheureusement, la plupart de ces cours d'eau ont été aménagés par des barrages hydro-électriques et par des seuils souvent infranchissables pour la faune, notamment la faune piscicole.

Résumé sur les potentialités des réseaux spécifiques

Malgré des données de base encore lacunaires sur le contenu des continuums de l'ensemble des réseaux, il a été possible de mettre en évidence les potentialités particulières de chaque réseau spécifique dans les différentes régions biogéographiques :

Jura	Le Jura, fragmenté localement par des grandes infrastructures de transport, a conservé des ensembles de milieux cohérents et bien connectés, formant pratiquement un seul continuum pour les milieux forestiers, prairiaux secs et agricoles extensifs. Par contre, les continuums de zones humides et aquatiques restent localisés et même relativement isolés.
Plateau	Le Plateau abrite encore une multitude de petites zones se rattachant aux cinq types de réseaux. Mais tous ces ensembles sont fortement fragmentés, en raison de l'utilisation intensive du sol par les activités humaines, de l'urbanisation croissante et d'un réseau très dense de voies de communication.
Préalpes	Les Préalpes présentent de vastes continuums peu fragmentés et bien connectés de tous les types de réseaux. Le continuum forestier montagnard, en dehors des vallées majeures, forme une ceinture pratiquement continue en marge des zones situées à plus de 2000 m.
Alpes centrales occidentales	Les Alpes centrales occidentales abritent également des continuums importants, fortement structurés en fonction des axes des vallées, parmi lesquels le continuum des prairies sèches domine, alors que celui des zones humides est très localisé.
Alpes centrales orientales	Les Alpes centrales orientales possèdent de bons ensembles de tous les continuums, caractérisés par leur structure spatiale organisée selon l'axe des vallées.
Sud des Alpes	Le Sud des Alpes abrite également de bons ensembles de continuums, parmi lesquels les milieux forestiers dominent nettement. Les continuums des milieux humides et des prairies sèches sont relativement isolés et groupés dans les fonds de vallées suffisamment larges.

Cette image apparemment favorable des réseaux écologiques dans les différentes régions biogéographiques ne se rapporte malheureusement qu'à la structure potentielle des réseaux en place, mais pas obligatoirement à leur qualité et encore moins à leur fonctionnalité. Seule une analyse régionale, voire locale, utilisant des critères d'évaluation précis (cf. chap 6.6) – démarche non réalisée dans le cadre de ce projet – permettra d'obtenir un aperçu plus réaliste de la situation.

5.6 Prise en compte des inventaires de biotopes d'importance nationale et internationale dans le REN

Les inventaires officiels des biotopes d'importance nationale ont été intégralement repris dans le REN pour constituer les zones nodales de base du réseau national. Sans toutefois être exhaustives et systématiques, les procédures de vérification sur le terrain, puis de validation par les cantons, ont normalement permis d'étendre la détermination de nouvelles zones nodales à des sites jugés favorables pour la conservation de la diversité biologique.

Par conséquent, il paraissait intéressant de vérifier dans quelle mesure les 139 sites identifiés de manière scientifique en Suisse comme répondant aux critères du réseau ÉMERAUDE de la Convention de Berne pouvaient coïncider avec les zones jugées prioritaires dans l'analyse de connectivité du REN.

La surimpression des zones ÉMERAUDE (sélectionnées quasiment selon les critères des Directives européennes « Habitats » et « Oiseaux » de l'Union européenne) sur la carte de synthèse du REN (cf. Fig. 21), permet de vérifier la pertinence des deux démarches. Elle confirme que les sites suisses ÉMERAUDE sont tous concernés par diverses zones nodales d'un ou de plusieurs continuums. Les analyses des cartes REN apportent des précisions intéressantes sur la connectivité des sites, critère qui devrait être utile pour le suivi des engagements internationaux de la Suisse en matière de conservation de la biodiversité. On constate en effet, par une analyse sommaire, les points suivants :

- Les sites du **Jura** sont largement interconnectés puisqu'ils sont inclus dans des continuums forestiers, agricoles et prairiaux secs bien développés.
- Les sites du **Plateau** désignant, d'une part, des espaces agricoles extensifs riches en oiseaux et, d'autre part, des parties de rivages lacustres apparaissent sur les cartes du REN comme isolés et fragmentés par l'urbanisation et les voies de communication. Ils ne semblent pas concernés par des réseaux de continuums connectés. Il faut donc chercher la justification de ce choix dans leur situation stratégique sur les grands axes des migrations aviennes traversant tout le Plateau suisse et dans la proximité de zones de gagnage utiles aux oiseaux migrateurs hivernant dans ces régions. Ces sites se justifient donc par la présence des voies de connexion aérienne d'importance européenne, et non par l'existence de réseaux terrestres ou aquatiques tels que présentés sur les cartes du REN.
- Les sites des **Préalpes** se retrouvent par contre dans une logique de zones nodales et de réseaux terrestres interconnectés au niveau régional. Ils sont tous situés sur des parties de réseaux spécifiques riches en zones nodales et bien connectés.
- La **zone d'altitude** n'inclut pas pour l'instant (2003) de sites ÉMERAUDE identifiés.
- Les sites des **Alpes centrales occidentales** sont issus d'une sélection représentative de quelques zones nodales provenant surtout des continuums des prairies sèches, ainsi que d'ensembles paysagers remarquables par leur biodiversité.
- Les sites des **Alpes centrales orientales** sont représentatifs des réseaux de prairies sèches et de zones humides.

- Les sites du **Tessin** désignent de vastes ensembles forestiers naturels, ainsi que plusieurs zones humides remarquables.

Le simple assemblage brut des informations provenant des divers inventaires fédéraux, des données cantonales et des sites ÉMERAUDE ne permet pas de fournir les réponses souhaitées aux questions suivantes :

- Quels sites sont reliés et par quel type de connexion ?
- Comment vérifier si cette connexion fonctionne ?

Par contre, la lecture des cartes REN y répond de manière générale, car l'on peut alors observer la structure de base de la répartition des espaces vitaux en Suisse.

Ces derniers vont former des ensembles compacts autonomes, des habitats groupés pouvant fonctionner en métapopulations ou des habitats isolés. Dans tous les cas, la cartographie REN donne des informations, en indiquant les zones d'extension, les continuums et les corridors susceptibles de soutenir les mécanismes de dispersion des populations des espèces sauvages. Les sites sélectionnés, comme l'ensemble des zones nodales, vont théoriquement alimenter le modèle de système en réseaux, en fonction de la qualité des éléments qui le composent.

Le REN, ayant identifié les réseaux spécifiques, fournit également, pour chaque site ou groupe de sites, le potentiel de connectivité existant dans la matrice paysagère. Une évaluation écologique simple (cf. chap. 6.6) des milieux concernés permet de comprendre l'importance des enjeux nationaux et de mieux définir pour chaque site son rôle global au titre de réservoir de biodiversité ou son rôle de population-source pour une espèce donnée.

Cette notion de matrice paysagère, dont certains éléments organisés en réseaux spécifiques permettent l'interconnexion des zones nodales, est un facteur déterminant à retenir. **Cela signifie que toutes les parties actives dans un réseau doivent être reconnues et gérées à long terme pour maintenir intacts les flux d'échanges entre les zones nodales.** La diversité des connexions est aussi importante que celle des zones nodales. Au niveau régional, la vision d'un corridor de connexion unique reliant des zones nodales est rare, voire inexistante. C'est toujours un faisceau de corridors ou un ensemble de milieux favorables qui vont permettre l'interconnexion.

En passant à une analyse de la situation à l'échelle supra-nationale, la notion de régions biogéographiques prend tout son sens dans ce contexte. En effet, chaque région fonctionne essentiellement en vase clos, mais s'étend évidemment au-delà des frontières nationales si les conditions écologiques se prolongent et que des obstacles majeurs ne viennent pas les interrompre.

L'analyse à petite échelle des données du REN et la consultation d'une image satellitaire permet d'esquisser les axes des principaux échanges transfrontaliers (cf. Fig. 22) :

- Les réseaux de la région du Jura s'étendent largement vers la France, en direction du nord-ouest. Ils se prolongent par des connexions en direction du sud-ouest, vers les massifs calcaires du Jura méridional français et, en direction du nord-est, vers le massif cristallin des Vosges. Ces connexions concernent essentiellement les continums des forêts de basse altitude, des prairies sèches et des zones agricoles extensives.
- La région du Plateau permet surtout le développement de réseaux aquatiques et de zones humides, qui vont s'étendre en direction du nord vers le Rhin et en direction du sud le long du Rhône. Les continums agricoles extensifs sont pratiquement confinés au Plateau suisse, en étant interrompus au sud par le Léman et les Alpes de Savoie et au nord par le Rhin et le lac de Constance. Les continums forestiers de basse altitude forment quelques rares corridors transversaux d'importance suprarégionale, sans créer de véritables connexions transfrontalières. Toutefois, dans la région genevoise, on observe plusieurs continums forestiers pénétrant depuis la France dans des zones agricoles fermées.
- La région des Préalpes offre à travers la Suisse, selon un axe nord-est/sud-ouest, un développement important de tous les continums. Cet axe se prolonge théoriquement au sud, en direction de la Savoie, mais est interrompu par le Léman et la vallée du Rhône, zone fortement urbanisée et parcourue par plusieurs voies de communication. Il s'étend aussi vers le nord, en direction du Baden-Wurtemberg (Allemagne), où il est également interrompu par la vallée du Rhin avec plusieurs voies de communication.
- La région des Alpes centrales occidentales est pratiquement fermée du point de vue des réseaux écologiques, si l'on excepte le continuum aquatique du Rhône.
- La région des Alpes centrales orientales (Grisons), est également organisée en bassin fermé, avec toutefois des faisceaux de divers continums, parallèles au Rhin et à l'Inn, en direction de l'Autriche.
- La région du Sud des Alpes fait figure de clé de voûte du versant méridional des Alpes, étant traversée d'est en ouest par divers réseaux se prolongeant vers l'Italie.

Résultats

La cartographie de synthèse du REN donne en premier lieu une image du développement des divers réseaux spécifiques et de la fragmentation des écosystèmes en Suisse.

On constate ensuite une disparité importante entre les différents réseaux en fonction des zones biogéographiques considérées. Comme prévu, les réseaux spécifiques sont beaucoup plus lacunaires dans les régions de basse altitude, fortement transformées par les activités humaines, que dans les régions de montagne.

L'analyse de réseaux spécifiques obtenus par le tri des données de la carte générale permet d'avoir une représentation précise des surfaces disponibles pour le développement des divers groupes écologiques d'espèces et de repérer rapidement les régions bien pourvues en zones nodales.

Cette première vision cartographique est encore améliorée par l'application d'un test de connectivité, qui permet de classer selon un gradient d'accessibilité les parties de réseaux bien connectées et suffisamment pourvues en zones nodales. Il permet aussi de mettre en évidence les zones formant des isolats.

On constate ainsi que certaines régions, telles que le Jura et les Préalpes, forment des ensembles de continuums variés traversant une large partie du pays, alors que dans les vallées alpines les importants continuums forestiers ou prairiaux observés sont en réalité très isolés des autres régions.

La superposition des données cartographiques du REN avec celles des sites ÉMERAUDE identifiés du point de vue scientifique apporte des informations complémentaires utiles sur les connectivités internes et externes de notre pays. Cet exercice démontre les possibilités d'utilisation de la démarche du REN pour les programmes de surveillance et de gestion des espaces prioritaires pour la conservation et la gestion de la diversité biologique et paysagère.

6 Applications

6.1 Introduction

Le REN a intégré toutes les données d'inventaires disponibles au niveau fédéral concernant les habitats et les espèces protégées en les reportant de manière synthétique sur des projections cartographiques formant des espaces favorables au développement de divers réseaux écologiques.

Les cartes de synthèse figurant en annexe du rapport (échelles 1:500'000 et 1:100'000) permettent la vision d'ensemble des connectivités potentielles organisées en réseaux spécifiques. Les cartes de travail établies en cours de projet à l'échelle 1:25'000 ne sont pas disponibles, car la précision de la cartographie effectuée visait uniquement la préparation des cartes au 1:100'000, afin de servir de vision directrice et d'outil de coordination.

Au niveau cantonal, il est évident que les tâches de conservation de la nature et du paysage concernant les espèces et les habitats sensibles se déroulent à des échelles plus grandes, au 1:25'000 ou même au 1:10'000. Dans ce cas, les cartes de travail au 1:25'000 (ou des extraits des couches numérisées reportés sur les fonds topographiques appropriés), préparées uniquement à l'intention des cantons, peuvent être utilisées en première analyse pour servir de base à des cartographies plus fines. Ainsi, même si l'application directe du REN au niveau régional n'était pas l'objectif visé, les données de travail élaborées pour le REN peuvent être utilisées, complétées et mises à jour par les cantons.

6.2 REN : Outil de travail

La création de cartes et de fichiers informatiques se rattachant au REN vise une amélioration de la circulation de l'information concernant la connectivité écologique dans le paysage. Pour atteindre ce but, des applications possibles, souhaitables et conseillées doivent être développées en collaboration avec les partenaires cantonaux concernés.

Les principes et les résultats obtenus peuvent être diffusés par divers moyens d'information (cours, conférences, médias, conseils, etc.). Cette phase a pour but d'identifier les besoins, les potentialités et les applications possibles pour chaque canton. À partir de ces informations, les cantons disposeraient de données leur permettant de développer leur propre projet d'application.

**Domaines d'activités
concernés :**

**Protection
de la nature**

**Applications
et développements possibles :**

Au niveau cantonal :

- Aider à la conception de réseaux régionaux cohérents de biotopes, en fournissant les structures schématiques des réseaux spécifiques potentiels.
- Gérer, revitaliser et aménager des biotopes etc. selon des concepts cohérents de réseaux de biotopes.
- Analyser sommairement la compatibilité d'un projet avec les sites protégés existants et la structure des éléments d'interconnexion ou d'interaction pré-existants.
- Définir des zones potentielles de revitalisation dans le cadre de mesures compensatoires.

Au niveau fédéral :

- Intégration de nouveaux sites de protection.
- Intégration d'autres types d'habitats représentatifs des domaines vitaux de la faune.
- Intégration d'inventaires de biotopes d'importance nationale en cours (prairies sèches).

Cours d'eau

Au niveau cantonal :

- Protection, aménagement et revitalisation des tronçons naturels (selon LEau), en synergie avec les besoins de développement des réseaux terrestres et notamment de corridors de connexion écologiques dans les zones agricoles et urbanisées.
- Définition des tronçons de réseaux hydrographiques ayant une valeur écologique prépondérante en tant qu'écosystèmes fluviaux (en application de l'ordonnance sur l'aménagement des cours d'eau) et en coordination avec les valeurs globales en tant qu'éléments du réseau écologique général.

Forêts

Au niveau cantonal :

- Désignation systématique des zones nodales forestières en fonctions des nouveaux inventaires d'habitats ou d'espèces, en relation avec leurs fonctions dans les réseaux écologiques.
- Gérer et revitaliser des peuplements naturels ou des réserves forestières en fonction des paramètres de fonctionnalité établis par les réseaux écologiques.

Agriculture

Au niveau cantonal :

- Définir des zones prioritaires pour la compensation écologique dans les surfaces agricoles en fonction de leurs rôles dans les réseaux écologiques.
- Orienter la mise en place des surfaces de compensation écologique dans les zones agricoles pour les zones ayant une forte potentialité d'efficacité dans les réseaux spécifiques.
- Définir sommairement, à l'échelle régionale, des contraintes faune-nature dans les projets d'améliorations structurelles.

- Faune, chasse et pêche** **Au niveau cantonal :**
- Base de gestion pour les populations d'espèces gibiers sur la base du découpage sectoriel et des ensembles de réseaux prédéfinis par le REN.
 - Désignation de secteurs de recensement de la faune selon des critères de présence de zones nodales et de zones refuge en relation avec des structures organisées en réseaux.
 - Aide à la justification de zones-tampons des secteurs de faune en relation avec leurs fonctionnalités dans les réseaux régionaux.
 - Modèles de gestion de populations d'espèces gibiers selon des principes de métapopulations.
 - Encouragement à la désignation systématique des zones nodales aquatiques par rapport aux frayères et à la présence de la faune amphibie (castor), pour obtenir des modèles régionaux de réseaux interconnectés.
 - Intégration des données sur les zones piscicoles au titre de différenciation du réseau hydrographique insuffisamment documenté.
- Aménagement du territoire** **Au niveau cantonal :**
- Contribuer à une meilleure définition des contraintes naturelles dans les plans directeurs.
 - Établir des plans sectoriels « réseaux écologiques » dans le plan directeur cantonal.
 - Constituer une base pour l'établissement de concepts paysagers régionaux.
- Au niveau fédéral :**
- Vérifier la concordance suprarégionale des éléments du territoire national devant contribuer au maintien de l'interconnexion.
 - Soutenir la prise en compte des réseaux écologiques dans les directives de coordination sur l'aménagement du territoire.
- Ponts et chaussées** **Au niveau cantonal :**
- Identification rapide des zones de fragmentation majeure et proposition de moyens palliatifs appropriés.
 - Mise en concordance des zones d'accidents avec les éléments régionaux de réseaux écologiques.
 - Délimitation préliminaire des zones à risques d'accidents faune/trafic dans les études visant la mise en place de mesures de sécurité.
- Au niveau fédéral :**
- Inventaires des obstacles physiques infranchissables créés par les infrastructures de transport.
 - Analyse des besoins d'assainissement du réseau de transport : Types de solution et priorités en fonction des données du REN.
 - Analyse du potentiel de franchissement par la faune existant sur le réseau des voies de communication à partir des ouvrages d'art en place.

6.3 Analyse comparative des réseaux spécifiques au niveau régional

La possibilité de réaliser une analyse des réseaux spécifiques au niveau régional justifie à elle seule la cartographie du REN. En effet, dans les dossiers de présentation de projets de zones de protection, de création de parcs régionaux ou de création de réserves naturelles, l'argumentation sur les fonctions paysagères globales d'un site, et notamment sur les connexions possibles avec des sites voisins pour la survie des populations d'espèces patrimoniales, n'est souvent que peu développée. Le manque de méthodes d'analyse concerne aussi les études d'incidence de projets d'infrastructures de transport ou d'activités perturbatrices ayant des effets significatifs sur la fragmentation des réseaux paysagers. Comment peut-on analyser les effets directs et indirects d'un projet lorsque le fonctionnement des interconnexions et des fonctions écologiques des divers milieux concernés n'a été que sommairement abordé, ne traitant au mieux que l'intensité des perturbations probables ?

Les cartes du REN amènent, d'une part, des pistes de réflexions sur les modifications des différentes zones des réseaux spécifiques et des flux de dispersion possibles dans le réseau local et régional, et, d'autre part, fournissent une première base pour la représentation cartographique des fonctionnements écologiques qui risquent d'être perturbés. **Un exemple d'analyse d'une région est présenté** (cf. Fig. 23a et 23b). La vision synoptique par superposition des couches (cf. Fig. 24) permet de situer rapidement dans un secteur donné les zones prioritaires désignées par le REN. Toutefois, une partie de l'information collectée lors de la cartographie sur le terrain est masquée par la superposition des couches.

La lecture séparée de chaque réseau spécifique apporte les informations complémentaires suivantes :

- Le secteur analysé est en limite de plusieurs compartiments paysagers. Le compartiment nord est essentiellement de type collinaire boisé, avec d'importantes surfaces agricoles intensives peu structurées par des éléments en réseaux. Le corridor de l'Aar est interrompu par l'urbanisation de la ville de Berne.
- Le compartiment sud est plus nettement montagneux avec, dans sa partie centrale, d'importants continuums boisés, sillonnés par des continuums humides. Les cours de la Singine et de la Schwarzwasser possèdent chacun un important continuum humide, constitué par d'importantes zones alluviales. La zone agropastorale collinaire du district de la Singine, située à l'ouest, est fortement structurée par un réseau maillé de type forestier.

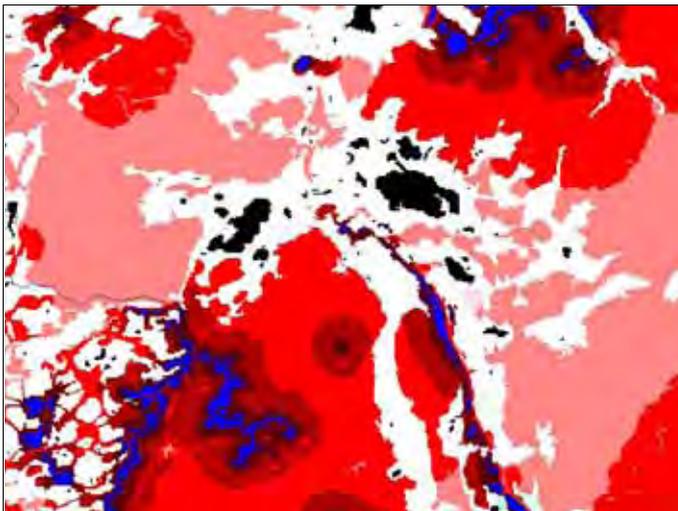
Certes, le niveau d'information établi par le REN au niveau des indicateurs utiles pour définir la qualité, la capacité d'accueil et le rôle écologique joué par chaque zone cartographiée reste assez général, compte-tenu de l'échelle, mais il a pour but d'inciter les administrations et les bureaux d'étude à vérifier et compléter les premières bases établies, en apportant localement leurs contributions à une meilleure connaissance du système.

Par son approche générale systématique, le REN met en place un outil d'analyse, en définissant une structure schématique d'un réseau écologique encore incomplet, notamment par la qualité et la quantité des informations utilisées. La fiabilité des données doit progressivement s'améliorer à l'usage. C'est pourquoi l'application du REN se veut évolutive et non contraignante.

Légende des cartes ci-dessous :

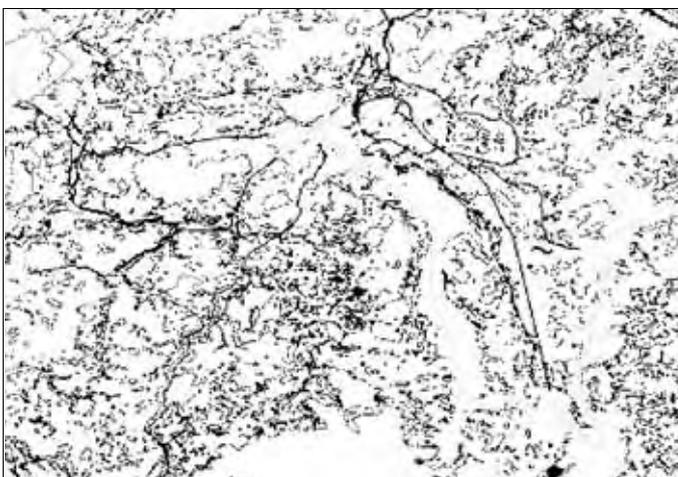
Zonage obtenu par classes de dispersion
(coût/distance)
à partir des zones nodales

	zone nodale
	forte connectivité
	connectivité moyenne
	connectivité moyenne à faible
	faible connectivité
	non connecté



A) Réseau forestier :

Les continuums forestiers situés essentiellement en zones de collines sont importants, avec de nombreuses zones nodales bien reliées par des corridors. Le réseau forestier du Langenberg et de la Schwarzwasser joue un rôle considérable.



B) Réseau prairial sec :

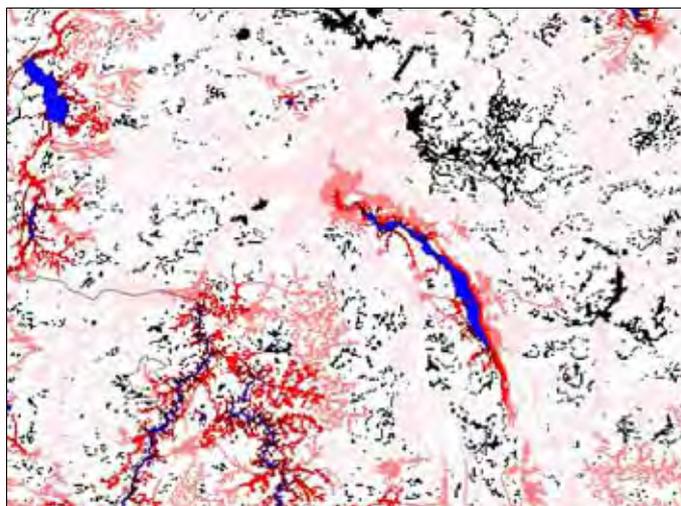
Peu de continuums thermophiles sont suffisamment développés pour être significatifs. De nombreuses structures de lisières n'abritent apparemment aucune espèce patrimoniale ni d'habitat remarquable. Les voies ferrées servent visiblement d'éléments de connexion pour des espèces thermophiles banales.

Figure 23a : Exemple d'analyses comparatives des réseaux spécifiques effectué pour la région Saane-Sarine par extrait des cartes REN au 1:25'000 : 1166, 1167, 1186 et 1187.



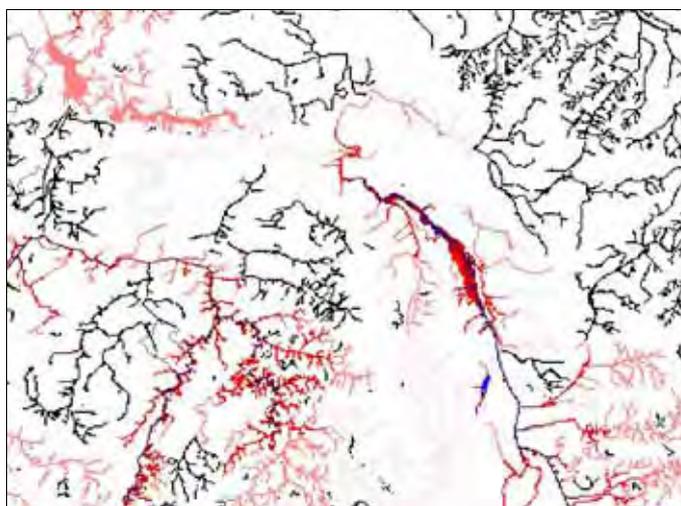
C) Réseau agricole extensif :

De nombreuses zones agricoles potentielles liées aux zones de pâturages et aux structures forestières existantes, mais elles abritent apparemment peu d'espèces patrimoniales ou d'habitats remarquables.



D) Réseau des zones humides :

Continuums bien représentés. Les zones nodales alluviales et marécageuses réparties le long de l'Aar, de la Singine et de la Schwarzwasser forment trois réseaux sectoriels de zones humides d'importance nationale. De nombreux bas et haut-marais sont connus comme sites de reproduction pour les amphibiens.



E) Réseau aquatique :

Les continuums sont bien développés, mais peu de zones nodales sont identifiées, car la majorité du réseau hydrologique est constituée de torrents à écoulement intermittent. Les zones de frai sont probablement mal connues.

Figure 23b (suite) : Exemple d'analyses comparatives des réseaux spécifiques effectué pour la région Saane-Sarine par extrait des cartes REN au 1:25'000 : 1166, 1167, 1186 et 1187.

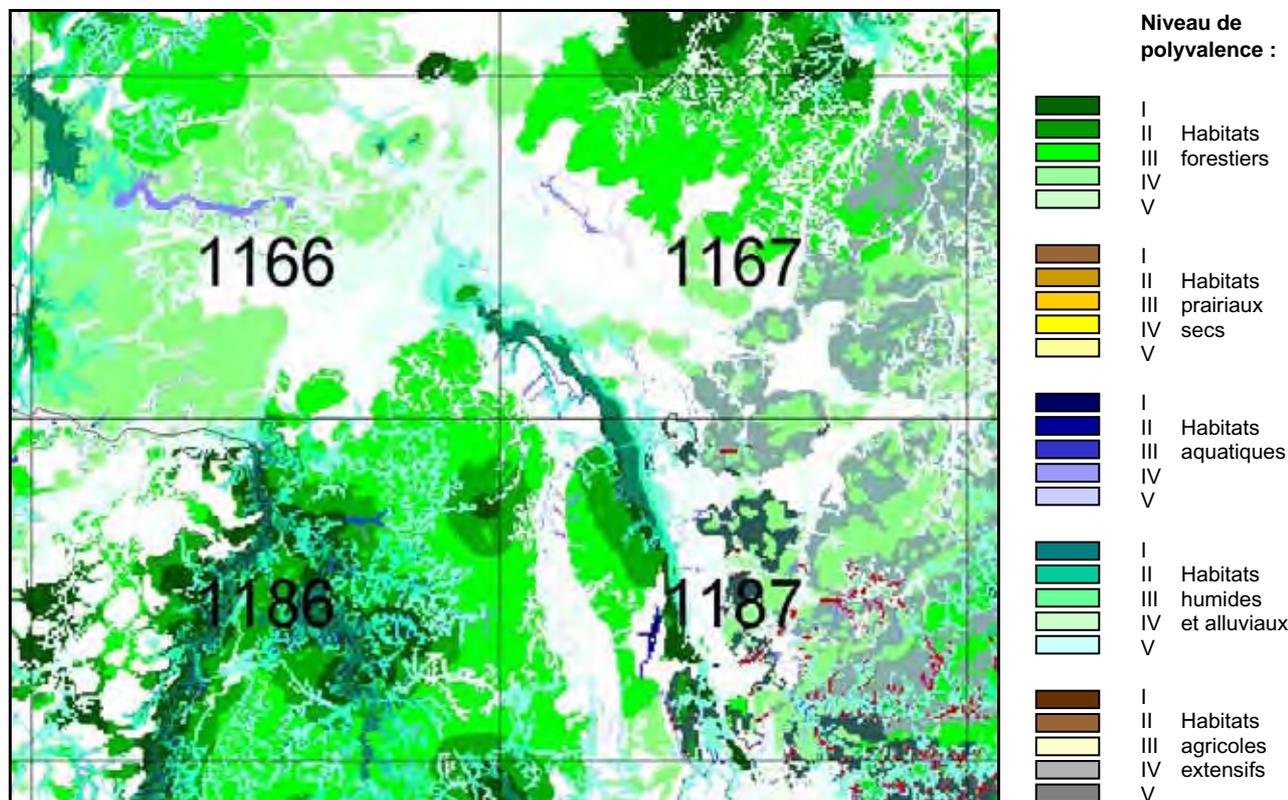


Figure 24 : Carte synoptique hiérarchisée de la région Saane-Sarine. L'intensité des couleurs traduit le niveau de polyvalence dans le réseau écologique national.

6.4 Orientation de la planification des surfaces de compensation écologique prévues par l'ordonnance sur la qualité écologique (OQE)

Selon l'ordonnance du 4 avril 2001 sur la promotion régionale de la qualité et de la mise en réseau de surfaces de compensation écologique dans l'agriculture (en abrégé : Ordonnance sur la qualité écologique, OQE), les surfaces de compensation écologique (SCE) proposées par les agriculteurs pour recevoir des contributions financières doivent répondre :

- **(Art. 3 : Qualité biologique)** à des critères qualitatifs favorisant le développement des milieux agricoles extensifs tels que les prairies extensives diversifiées, les prairies à litière, les haies, les bosquets, les berges boisées de cours d'eau et les vergers hautes tiges,
- **(Art. 4 : Mise en réseau)** à des critères fonctionnels qui permettent de considérer certaines surfaces de compensation écologique comme des éléments structurant d'un paysage interconnecté.

Ces prestations doivent conduire progressivement au renforcement de la qualité écologique des SCE et à la mise en place sur le terrain de réseaux écologiques

performants, contribuant ainsi à la gestion et à la conservation de la diversité biologique des espaces paysagers agricoles. Dans ce contexte, le REN constitue un document de base permettant d'orienter la planification des SCE et de fournir des critères utiles pour la définition des objectifs à respecter dans le cadre de concepts régionaux mis en place par les cantons.

L'annexe 2 OQE définit plus précisément les exigences minimales en matière de mise en réseau. Elle précise, en effet, que les SCE sont établies pour une durée minimale de 6 ans et qu'elles doivent être notamment aménagées :

1. Le long des cours d'eau ; on veillera alors à aménager l'espace nécessaire pour qu'ils puissent remplir leur fonction naturelle.
2. Le long des forêts.
3. Comme extension à des surfaces existantes de compensation écologiques et de protection de la nature.

Il convient en tous les cas d'utiliser les synergies avec des projets de protection des ressources naturelles et d'aménagement du territoire. Ces bases légales, rédigées à l'époque du démarrage du projet REN, peuvent aujourd'hui être analysées et complétées par des conseils pratiques en relation avec les résultats cartographiques du REN, dont l'approche utilisée permet d'apporter une vision plus générale, à l'échelle nationale ou régionale, des problèmes d'interconnexion. Le REN permet notamment une meilleure perception des échanges possibles à partir de zones nodales importantes servant de sources potentielles pour revitaliser un paysage. En fournissant un cadre général aux structures régionales des divers réseaux spécifiques, le REN vise à faciliter les réflexions plus détaillées sur la mise en réseau des SCE.

Le choix des SCE à mettre en place dans les surfaces agricoles doit répondre autant que possible aux particularités régionales, mais peut présenter un dilemme :

- Doit-on revitaliser des espaces agricoles, qui sont en général des surfaces exploitées de manière intensive, comportant plus ou moins de structures relictuelles d'un paysage « naturel équilibré » ?
- Ou alors, doit-on viser en priorité la conservation des espaces encore « naturels enclavés », même passablement dégradés et transformés ?

La réponse est double, car la définition des principes de conservation de la biodiversité admet que l'homme, par ses activités de gestion traditionnelle des paysages, est responsable d'une certaine mosaïque paysagère diversifiée, et qu'il doit agir en conséquence en gérant durablement le capital des ressources naturelles. Cela signifie que les paysages transformés de notre pays, dans la mesure où ils ont généré et conservé une certaine biodiversité, doivent faire l'objet de mesures conservatoires au même titre que nos paysages naturels.

Le REN démontre clairement que la grande majorité des paysages sont en fait des systèmes hétérogènes complexes et que la survie des quelques précieux habitats naturels dépend largement de leur juxtaposition avec des surfaces transformées, voire

artificielles. Ainsi, où que l'on se trouve, pour conserver ou renforcer la biodiversité d'un espace, il est indispensable de comprendre et de gérer les interactions existantes avec les surfaces complémentaires ou antagonistes de son entourage, et de sortir ainsi d'un choix ayant une portée trop locale.

Le guide pour la mise en œuvre de l'ordonnance fédérale sur la qualité écologique « Projets de mise en réseau à la portée de tous », édité conjointement par la Station ornithologique suisse, l'Association suisse pour la protection des oiseaux, le Service romand de vulgarisation agricole et la Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau (2002), établit les bases de la démarche et les premiers critères utiles pour développer un concept local de mise en réseau de surfaces de compensation écologique. Les résultats du REN permettent de définir quelques principes pour la mise en réseau, en fonction de l'efficacité escomptée de ce concept au niveau local dans un système hiérarchisé au niveau régional et national.

Première remarque

La mise en place de SCE doit viser en priorité la conservation et le renforcement des potentialités existantes du paysage. Ces potentialités s'expriment dans les conditions géographiques locales généralement respectées par l'usage traditionnel du sol.

En effet, du fait de sa morphologie et de son climat, chaque région est caractérisée par un potentiel à développer des réseaux spécifiques d'habitats naturels, d'une part, et par le niveau réel de fonctionnement de ces réseaux, d'autre part. C'est donc avant tout en favorisant les tendances naturelles que l'on obtiendra les meilleurs résultats. Sur les cartes du REN figure le développement potentiel de chaque réseau spécifique. Une planification des SCE aura par conséquent intérêt à chercher à soutenir cette tendance naturelle, sans improviser en créant une diversification désordonnée. En effet, l'introduction d'une diversité d'éléments sur un maximum de parcelles conduit souvent à une banalisation de la faune et de la flore avec une prolifération des espèces généralistes, alors que la mise en place d'habitats complémentaires appartenant à un même type de réseau spécifique apporte une contribution plus durable et plus significative au renforcement des habitats existants et de leurs espèces représentatives.

Deuxième remarque

La mise en réseau des éléments naturels d'un paysage doit assurer l'interconnexion entre les divers habitats-réservoirs, en restituant à certaines surfaces leurs fonctionnalités de zone d'échange ou de biotope-relais. La démarche de sélection des types de SCE à mettre en place se basera donc sur une identification précise des groupes représentatifs d'habitats et d'espèces, pour les zones nodales concernées.

Les mises en réseau des SCE selon l'OQE peuvent offrir de plusieurs manières une contribution réelle à la mise en réseau des écosystèmes préconisée dans le REN :

- contribuer à l'amélioration d'une zone d'échange au niveau d'un continuum ou d'un corridor, en constituant des surfaces intercalaires complémentaires aux zo-

nes nodales à connecter. Ces surfaces doivent si possible être de bonne qualité et accessible à la faune, permettant de garantir une fonctionnalité optimale.

- Dans l'option de création de biotopes-relais, on aménagera des surfaces de même nature que les zones nodales à relier, en veillant à ce que leur capacité d'accueil soit suffisante pour favoriser les espèces les plus sensibles.

Il faut éviter de créer des culs-de-sac (zones-puits), voire des obstacles à la dispersion des espèces indicatrices des zones nodales, en aménageant des structures qui peuvent, par exemple, bloquer le fonctionnement d'un corridor. Une grille des types de SCE compatibles avec les types de réseaux concernés facilite les choix de surfaces à mettre en place (cf. Tab. 4). La difficulté réside surtout dans le fait que les zones d'échange sont souvent polyvalentes, et que l'on se trouve souvent dans une situation de croisement des corridors, dont les habitats et les espèces sont plus ou moins antagonistes (milieux boisés et ouverts, secs et humides, sableux et tourbeux, etc.). La solution dépend de la situation topographique, mais consiste généralement à mettre en place des structures en mosaïque, en tressage ou en fuseaux parallèles. L'aménagement de structures linéaires d'habitats écotonaux est la solution la plus couramment adoptée. Cette structure paysagère particulière existe naturellement le long des cours d'eau et des lisières forestières, toutefois l'espace de développement accordé aux diverses bandes de végétation (cours d'eau, berge naturelle, ripisylve, ourlet de buissons, bandes herbacées) sera plus ou moins important selon les fonctions de corridors visées par la mise en réseau.

Troisième remarque

La création ou le renforcement d'un corridor d'importance nationale ou supra-régionale nécessite souvent une planification territoriale à long terme. La mise en place adéquate de SCE sur la SAU est un moyen judicieux pour compléter ou renforcer les mesures d'aménagement du territoire. La démarche préconisée par l'OQE permet de créer des structures « naturelles », indispensables au bon fonctionnement des réseaux écologiques.

La création ou le renforcement d'un corridor résulte généralement d'une mesure de compensation écologique générée par un projet susceptible de modifier les fonctionnalités d'un paysage (construction d'une infrastructure de transport, implantation d'une zone d'activité ou d'habitat) ou d'une analyse des corridors à faune au niveau national. Les SCE sont dans ce cas soumises, par leur nature et selon leur emplacement, aux objectifs prévus par le projet général du corridor. Les surfaces de corridors d'importance régionale et nationale sont présentées sur les cartes de synthèse du REN.

Quatrième remarque

Les grands espaces agricoles plats et bien dégagés et les surfaces agricoles qui ne sont pas entièrement uniformisées par la mécanisation permettent l'installation, saisonnière ou permanente, d'espèces végétales et animales spécialisées se contentant de microstructures, de jachères temporaires, de buttes sèches et de modestes dépressions inondables ou recherchant même des grands espaces bien dégagés comme lieux de repos ou d'alimentation. Ces vastes espaces agricoles particuliers sont indépendants du reste du réseau écologique, dans la mesure où ils constituent un apport original de biodiversité lié essentiellement aux grands espaces ouverts, mais ne contribuent pas forcément au fonctionnement des autres réseaux spécifiques. On cherchera, dans ce cas, à renforcer les caractéristiques d'espaces « steppiques », sans chercher à y intégrer des structures paysagères marquantes.

Dans les grands espaces agricoles, partiellement ou totalement isolés des réseaux paysagers issus de la géomorphologie naturelle, peuvent se développer des cellules de surfaces agricoles autonomes de type « espace agricole intensif », qui présentent parfois un intérêt particulier pour les espèces utilisant les vastes espaces plats bien dégagés. Ces cellules de grands espaces agricoles particuliers correspondent à des standards et à des objectifs précis de protection de la nature, identifiés par la présence d'espèces emblématiques connues au niveau national (lièvres, perdrix, oies en hivernage, limicoles en migration, etc.). Il s'agit, en fait, non pas de réseaux d'habitats, mais d'ensembles de microhabitats accessibles occupant de grandes surfaces. L'effet de réseaux est créé uniquement par la proximité de plusieurs cellules ou par la présence d'un chapelet de cellules dans la même région. Les SCE sont, dans ce cas, essentiellement constituées de jachères florales tournantes et de fossés drainants jalonnés de tas d'épierrage.

Les surfaces favorables aux grands espaces agricoles sont confinées aux grandes plaines alluviales du Plateau suisse (par exemple, Linthebene, Reusstal, Chablais, plaine de l'Orbe, Seeland). Dans tous les cas, on évitera dans ces espaces agricoles de créer systématiquement, par exemple, des structures paysagères de type réseau bocager. On cherchera plutôt à améliorer les microstructures préexistantes, par une gestion écologique appropriée et des aménagements complémentaires.

Le concept « plus d'espace pour les cours d'eau », établi par l'OFEG, prend une importance accrue dans le contexte du REN, car les rivières constituent de véritables colonnes vertébrales dans les régions agricoles de basse altitude, en offrant les derniers grands corridors écologiques polyvalents possibles dans les espaces intensément utilisés. Plusieurs niveaux de renforcement des fonctions écologiques des cours d'eau sont possibles. La contribution écologique des cours d'eau la plus bénéfique au moindre coût est de prévoir un espace de libre divagation (« un espace de liberté »). Malgré les endiguements et l'urbanisation, les berges et les surfaces concernées devraient au moins être laissées en prairies naturelles avec quelques îlots spontanés de ripisylve et des arbres isolés de haute taille, en laissant une large bande herbacée thermophile à l'extérieur du cordon riverain, afin de renforcer la polyvalence écologique du corridor. Un concept plus complet de revitalisation du

cours d'eau sera parfois possible en fonction des enjeux régionaux de gestion des crues et de l'importance des connexions du réseau écologique à rétablir.

Tableau 4 : Pertinence des SCE en fonction des types de réseaux spécifiques à améliorer

Types de SCE :	Réseaux forestiers	Réseaux de zones humides	Réseaux aquatiques	Réseaux de prairies sèches	Réseaux agricoles extensifs
Prairies extensives	++	++	0	++	++
Pâturages extensifs	++	++	0	+	++
Pâturages boisés	++	+	0	+	++
Prairies peu intensives	+	+	0	+	+
Surfaces à litières	++	++	+	0	++
Bandes culturales extensives	+	0	0	+	++
Jachères florales	+	0	0	+	++
Jachères tournantes	+	0	0	+	++
Arbres fruitiers haute tige	+	0	0	0	++
Arbres isolés indigènes	+	0	0	+	++
Allées d'arbres	+	0	0	0	+
Haies et bosquets champêtres	++	+	0	+	++
Berges boisées	++	++	++	0	++
Fossés humides, mares, étangs	+	++	++	0	++
Surf. rudérales, tas d'épierrage	0	+	0	++	++
Murs de pierres sèches	0	+	0	++	++
Chemins naturels non stabilisés	+	0	0	+	++

6.5 La protection d'un site dans le cadre des réseaux écologiques cantonaux et nationaux

Comment s'inscrit un petit biotope humide dans le contexte des réseaux écologiques ?

L'exemple du « Bommer Weiher » dans le canton de Thurgovie est utilisé ici pour montrer la démarche d'un canton qui a cherché à développer, à la demande des agriculteurs du village de Bomme, un concept local de réseaux de SCE, en s'appuyant sur un inventaire cantonal de biotopes et sur les cartes du REN.

Échelle locale

Au cours du travail de vérification du REN provisoire, les étangs à proximité du village, connus comme sites d'importance nationale de reproduction pour plusieurs espèces de batraciens et d'odonates, sont identifiés comme faisant partie simultanément d'un continuum humide, d'un continuum aquatique et d'un corridor d'un réseau forestier reliant les massifs boisés voisins (cf. Fig. 25).

Plusieurs SCE sont proposées pour gérer et renforcer les habitats naturels et les structures de connexion du paysage :

- Des surfaces de prairies extensives et des surfaces à litière servent de zone-tampon en bordure des étangs et du cours d'eau.
- Des surfaces en jachère florale, bandes culturales extensives et surfaces rudérales viennent renforcer la qualité écologique des espaces agricoles du corridor.
- Des surfaces réservées à la divagation du cours d'eau sont abandonnées au profit du renforcement de la ripisylve.

Ces surfaces (cf. Fig. 26) viennent globalement augmenter la valeur écologique du corridor de connexion et mettre en valeur les étangs, qui peuvent ainsi pleinement jouer leur rôle de biotopes-relais dans un corridor écologique d'importance cantonale et de zone réservoir d'importance nationale dans le réseau des zones humides.

Échelle cantonale

Le plan directeur cantonal classe les surfaces concernées comme appartenant à une zone paysagère sensible de protection de la nature. La conception d'évolution du paysage (CEP/LEK) a mis en évidence la valeur du site en tant que biotope d'importance nationale et comme élément d'un corridor de connexion pour les réseaux aquatiques et forestiers d'importance cantonale. Les SCE, inscrites dans les surfaces agricoles utiles, répondent simultanément aux critères de qualité et de mise en réseau de l'OQE et ont droit aux contributions financières prévues à cet effet.

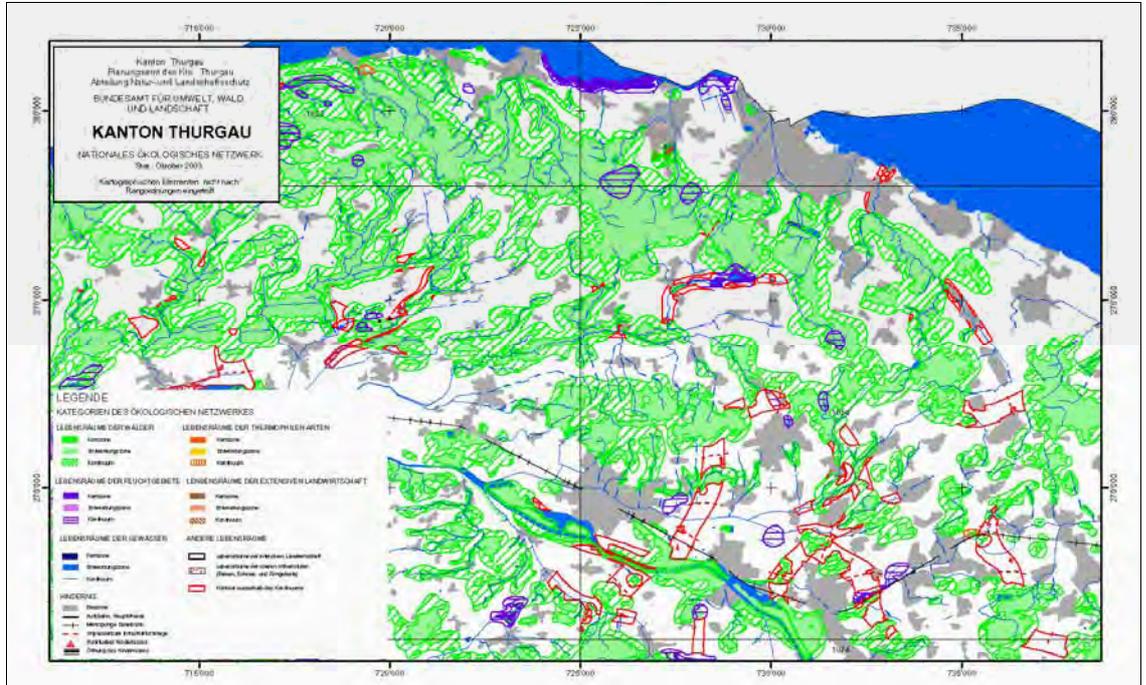


Figure 25 : Extrait du REN dans la zone du Bommer Weiher (TG).

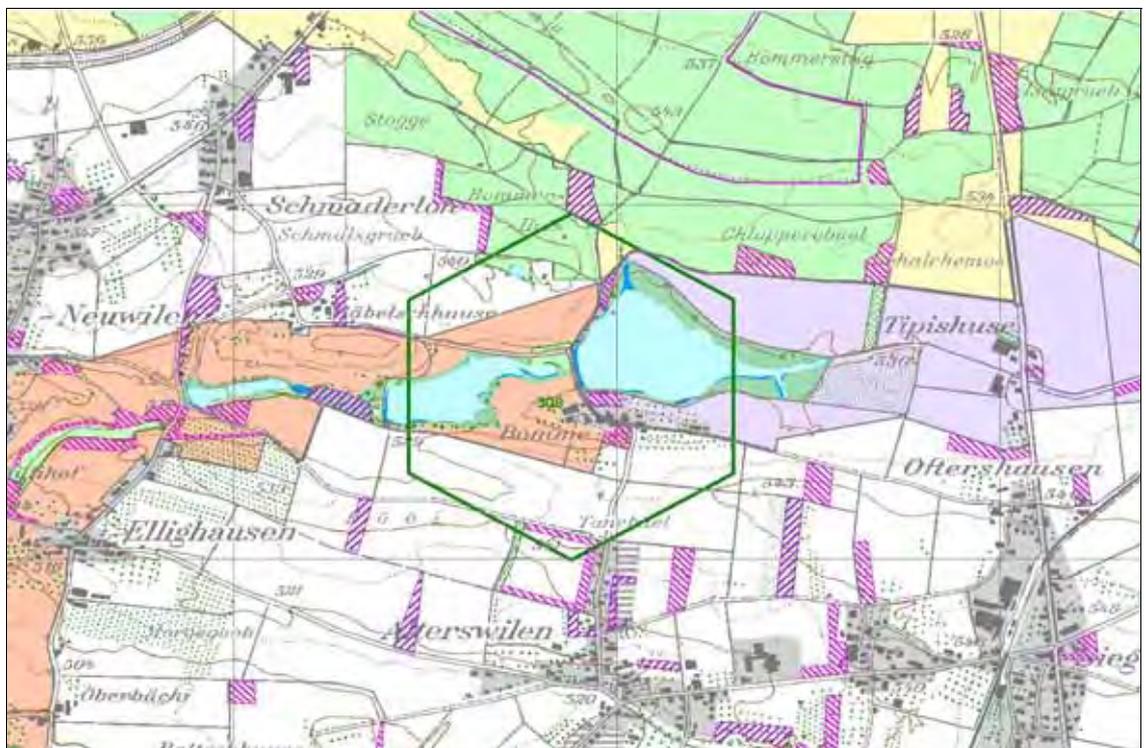


Figure 26 : Extrait au 1/10'000^e du concept cantonal d'évolution paysagère (CEP) montrant la situation actuelle des surfaces de compensation écologique répondant aux critères de l'OQE (reproduit avec l'autorisation de l'Office d'information du canton de Thurgovie).

6.6 Évaluation ciblée des éléments d'un réseau

Une approche complémentaire à la hiérarchisation générale du REN est parfaitement réalisable au niveau d'un ensemble limité (local ou régional) d'un secteur paysager donné, en utilisant la méthode de la valeur du potentiel écologique des milieux (BERTHOUD et al. 1989). Cette méthode peut être utilisée soit dans un processus d'application local ou régional du REN par un utilisateur ayant des objectifs stratégiques particuliers en terme d'espèces et d'habitats patrimoniaux, soit encore pour une évaluation d'incidence dans le cadre d'une étude d'impact de projet impliquant significativement la fragmentation ou la banalisation du paysage.

L'approche suivie utilise la pondération de trois facteurs reconnus comme étant déterminants pour obtenir la valeur écologique. Ces facteurs de base sont : la qualité, la capacité et les fonctionnalités des milieux. Chaque facteur regroupe obligatoirement plusieurs critères d'évaluation, partiellement redondants ou complémentaires, ayant une signification prioritaire pour leur pondération.

Principaux critères utilisés pour l'évaluation du facteur **QUALITÉ** :

- la **diversité** en espèces, en taxons ou en milieux,
- la **rareté**, c'est-à-dire la présence d'espèces, de taxons ou de milieux rares classés selon les listes rouges disponibles,
- la **naturalité**, soit l'état naturel des milieux selon un gradient d'artificialisation.

Principaux critères utilisés pour l'évaluation du facteur **CAPACITÉ** :

- la **surface** occupée,
- la **complexité** de structure,
- le niveau de protection contre les perturbations externes.

Principaux critères utilisés pour l'évaluation du facteur **FONCTIONNALITÉ** :

- l'accueil ou le **rôle de refuge** des milieux,
- le rôle de **site favorable à la reproduction**, plus particulièrement pour les espèces rares,
- le rôle de **site de nourrissage**, journalier ou saisonnier,
- le rôle de **milieux de déplacement**, d'échanges, de cheminement.

Le principe d'évaluation de la méthode est d'obtenir une valeur globale du milieu analysé par la multiplication des pondérations attribuées à chacun des trois facteurs.

Chaque milieu cartographié, extrait du REN, peut ainsi être évalué à l'aide des critères mentionnés. La carte de représentation des réseaux spécifiques est alors complétée par une évaluation écologique des surfaces respectives qui les constituent. Cette carte des valeurs des éléments du réseau écologique est très utile au suivi de la gestion du réseau concerné (cf. chap. 7). En utilisant une échelle simple sur 3 points (cf. Tab. 5 et 6), il est possible d'obtenir une hiérarchisation des milieux par comparaison. Si nécessaire, l'échelle d'évaluation peut être rendue plus sensible en utilisant une pondération des critères sur 5 ou 10 points, mais cela

implique que chaque surface soit connue par des relevés précis. Cette méthode reste difficilement applicable à l'échelle du REN. Elle est toutefois parfaitement applicable dans des analyses plus détaillées, en disposant d'une base de données, complète ou représentative, des surfaces concernées.

Face à la problématique du découpage paysager, il existe théoriquement une possibilité d'établir un bilan sur l'état des milieux naturels et de leurs réseaux écologiques, en calculant les surfaces occupées par type de milieux et le niveau d'interconnexion de leurs structures paysagères cartographiées.

La cartographie REN offre une représentation simplifiée de chaque compartiment paysager sous forme d'éléments spatiaux organisés en réseaux de vases communicants. Les données suivantes sont disponibles :

- surfaces des milieux vitaux prioritaires (zones nodales),
- surfaces de développement,
- surfaces complémentaires,
- extension maximale du réseau.

Des données qualitatives et quantitatives plus complètes que celles utilisées dans ce projet, concernant notamment la biodiversité de chaque secteur, seraient utiles pour conduire une évaluation plus détaillée. Elles ne sont toutefois pas indispensables pour réaliser un bilan sommaire. Les données cartographiques du REN permettent d'obtenir une approximation satisfaisante :

- de la capacité d'accueil de chaque entité spatiale des réseaux spécifiques, en calculant les surfaces de continuums disponibles,
- de la connectivité interne des secteurs grâce au test standard de dispersion appliqué sur le réseau à partir des zones nodales.

Tableau 5 : Grille d'évaluation des éléments d'un réseau écologique local. La valeur optimale est souhaitable pour que la surface analysée remplisse son rôle dans le réseau écologique.

	QUALITÉ				CAPACITÉ				FONCTIONS				
	diversité	rareté	naturité	Moyenne	surface	structuration	tranquillité	Moyenne	refuge	reproduction	nutrition	déplacements	Moyenne
Zones nodales	3	3	3	$2 \leq X \leq 3$	3	3	3	$2 \leq X \leq 3$	3	3	3	3	$2 \leq X \leq 3$
	2	2	2		2	2	2		2	2	2	2	
	1	1	1		1	1	1		1	1	1	1	
Zones de développement	3	3	3	$1 \leq X \leq 2$	3	3	3	$1 \leq X \leq 2$	3	3	3	3	$1 \leq X \leq 2$
	2	2	2		2	2	2		2	2	2	2	
	1	1	1		1	1	1		1	1	1	1	
Zones refuge	3	3	3	$X \leq 1$	3	3	3	$X \leq 1$	3	3	3	3	$X \leq 1$
	2	2	2		2	2	2		2	2	2	2	
	1	1	1		1	1	1		1	1	1	1	
Corridor de liaison	3	3	3	$X \leq 1$	3	3	3	$X \leq 1$	3	3	3	3	$X \leq 1$
	2	2	2		2	2	2		2	2	2	2	
	1	1	1		1	1	1		1	1	1	1	

 Valeur optimale

 Valeur minimale

Tableau 6 : Exemple d'évaluation d'un corridor de liaison dans un réseau écologique.

Élément du réseau :	QUALITÉ				CAPACITÉ				FONCTIONS				
	diversité	rareté	naturité	Moyenne	surface	structuration	tranquillité	Moyenne	refuge	reproduction	nutrition	déplacements	Moyenne
Corridor de liaison	3	3	3	2,3	3	3	3	2,3	3	3	3	3	2,5
Pondération des critères :	2	2	2		2	2	2		2	2	2	2	
	1	1	1		1	1	1		1	1	1	1	
Valeur globale	$Q (2,3) \times C (2,3) \times F (2,5) = 13,2$												

Les applications

La cartographie du REN est volontairement indicative et évolutive. Son but principal est d'informer les administrations cantonales sur une vision globale de l'interconnexion des espaces vitaux en Suisse, permettant de mieux gérer leur diversité biologique et paysagère.

Les applications proposées concernent en priorité :

- la protection de la nature, en attirant l'attention sur le rôle écologique non négligeable du contexte paysager dans la gestion des habitats naturels,
- la mise en réseau des surfaces de compensation écologique dans l'agriculture,
- la gestion des corridors écologiques dans les régions soumises à la fragmentation par les activités humaines telles que l'urbanisation, le développement des voies de communication et l'agriculture intensive,
- les mesures d'assainissement des infrastructures de transport par des ouvrages de franchissement pour la faune,
- la planification en matière d'aménagement du territoire et de gestion des ressources naturelles, en apportant des indications utiles sur l'organisation spatiale des interactions entre les milieux naturels et les zones fortement anthropiques.

Dans les régions fortement exploitées, l'usage des principes de la mise en réseaux offre des possibilités intéressantes de conserver et de revitaliser les habitats résiduels si des mesures de planification sont prises pour favoriser l'interconnexion des espaces vitaux.

Les cartes REN offrent surtout aux cantons un outil de travail permettant d'identifier les dysfonctionnements existants, les incidences de nouveaux projets de développement et les efforts nécessaires pour coordonner la restructuration des réseaux locaux existants.

Une évaluation ciblée des éléments de réseaux est toujours possible au niveau d'une zone d'étude particulière, en utilisant de manière appropriée les nouvelles données de terrain, acquises lors de l'étude détaillée du projet, pour pondérer des critères mesurables ou estimatifs simples.

7 Concept de gestion et d'utilisation du REN

Les études de base du projet ont utilisé, sur l'ensemble de la Suisse, un maximum de données d'inventaires disponibles qui ont été complétées par des données cartographiques de domaines potentiels d'habitats ou de réseaux d'espaces fonctionnels pour l'interconnexion, dans un système d'information géoréférencée. Ces données ont la précision recherchée pour obtenir une vision au niveau national, c'est-à-dire des échelles 1:100'000 pour les cartes des données cantonales de base et 1:500'000 pour les analyses sur les réseaux spécifiques au niveau national.

Le rapport de synthèse tire un bilan de la situation actuelle de la connexion des habitats, de la fragmentation, ainsi qu'une proposition de hiérarchisation des éléments du système basée sur la polyvalence des réseaux spécifiques et leur interconnexion dans chaque secteur paysager. Ce rapport et les cartes thématiques illustrent surtout des exemples d'applications possibles obtenus par le traitement à l'aide du SIG.

Les données REN constituent ainsi avant tout un outil de travail. Elles sont évolutives dans la mesure où les paysages évoluent constamment sous la pression de mécanismes naturels et anthropiques. Elles sont également modifiables en fonction des mises à jour de données effectuées par les cantons ou par les principaux centres fournisseurs de données (centre de coordination tels que CSCF, KARCH, WSL, SVW, etc.). D'une part, le site internet ECOGIS de l'OFEFP a prévu de mettre à disposition des administrations et du public des cartes thématiques, des principes d'analyse de site et des exemples d'application. D'autre part, les données d'inventaires tels que les biotopes d'importance nationale, les sites ÉMERAUDE et les zones protégées en général sont intégrées, grâce au REN, dans le contexte écosystémique paysager national, ce qui permet de comprendre les enjeux de l'interconnexion des habitats, tant au niveau national qu'international.

Les extraits du REN qui ont déjà été remis aux cantons pour leur permettre d'affiner leurs connaissances des réseaux écologiques comprenaient :

- les cartographies brutes de la validation du REN établies par les cantons au 1:25'000,
- les extraits de cartes thématiques des réseaux spécifiques effectués au niveau national.

Plusieurs utilisations de ces données sont proposées aux cantons comme aide à la décision lors des procédures de consultation, de coordination et de planification. En effet, il est considéré que tout projet ou programme de développement touchant à l'environnement fait l'objet de mesures de conservation, de remplacement ou de compensation écologique, en application des lois fédérales. Ces données complètent les informations existantes ou nouvelles, telles que :

- les inventaires relatifs aux espèces et à leurs biotopes,
- des cartographies détaillées d'espaces utiles à l'interconnexion,
- des surfaces de compensation écologique mises en réseau selon les principes de l'OQE.

Utilisées par les cantons lors de leurs opérations de planification, ces données pourront être mises à jour périodiquement et compléter ainsi la base de données générale du REN.

L'organigramme du concept d'organisation du REN est fourni ci-après (cf. Fig. 27).

Fil rouge

Concept de gestion et d'utilisation du REN

Les données du REN constituent un bilan transitoire à fin 2003 de l'état de l'interconnexion sur le territoire national. Elles pourront évoluer en fonction des nouvelles données mises à disposition et de l'utilisation du REN par les administrations cantonales.

Les données REN sont mises à disposition des administrations et du public sur le site internet ECOGIS de l'OFEFP.

Les principes de la mise à niveau des connaissances sont définis.

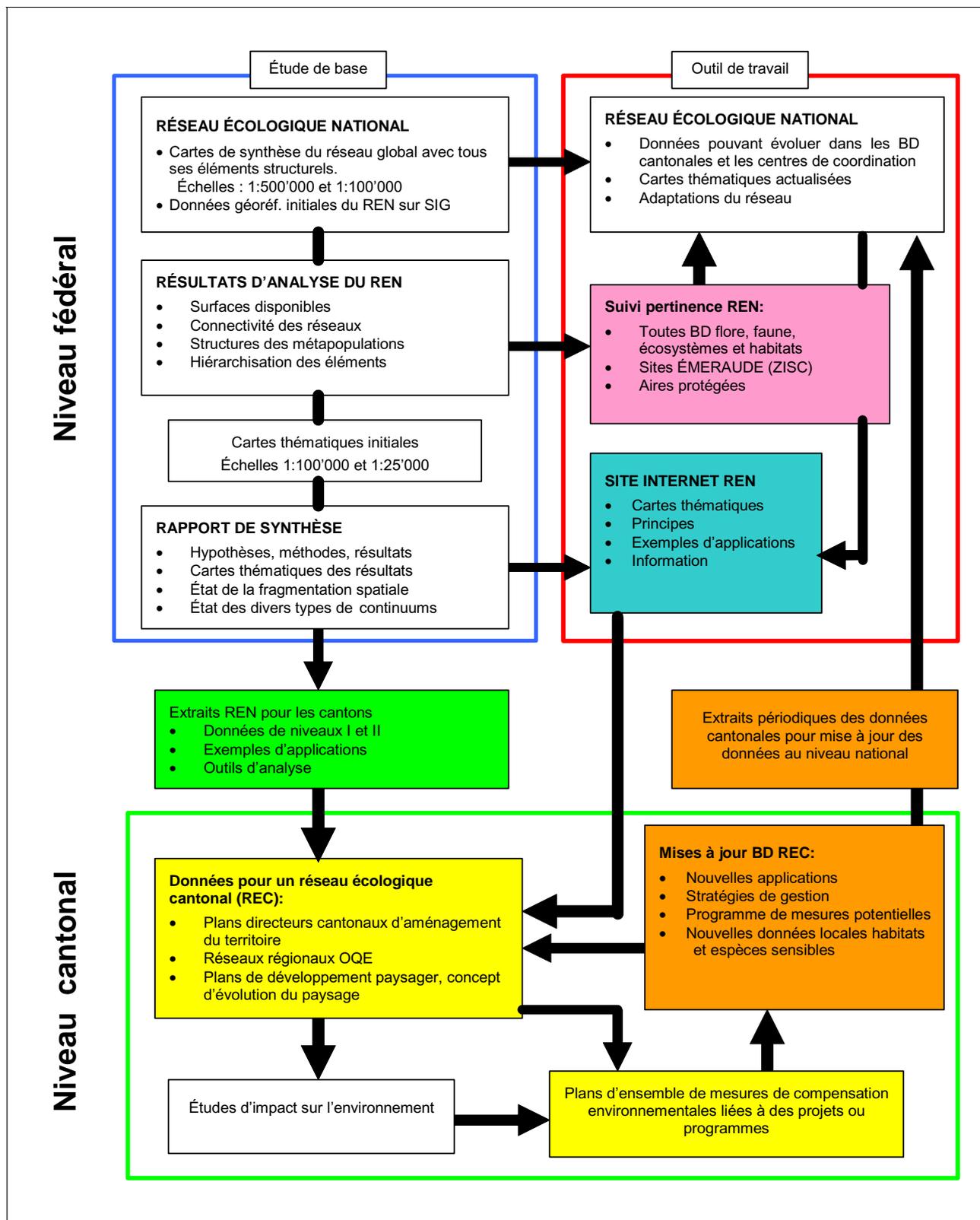


Figure 27 : Organigramme de gestion des données du REN.

8 Conclusions

La démarche d'analyse de l'interconnectivité des habitats naturels de Suisse est une contribution à la mise en place d'un réseau écologique à l'échelle européenne. Elle a débuté par une importante phase de relevé d'informations existantes sur les habitats naturels et sur la présence d'espèces de flore et de faune. Elle a été stimulée par la définition de potentialités d'extension de continuums particuliers liés à des groupes écologiques indicateurs et par la vérification concertée avec les cantons des données établies. Elle s'est poursuivie par une phase de saisie de données cartographiques, de lissage des informations encore lacunaires et hétérogènes sur l'ensemble de la Suisse et d'exploitation des données informatiques à l'aide d'un SIG, pour aboutir à la présentation de cartes de synthèse.

Le traitement des données cartographiques a permis d'obtenir la vision globale de l'interconnectivité des écosystèmes naturels et semi-naturels au niveau national. Les résultats sont présentés sous la forme de 35 cartes (cf. encart et SRU-373a), qui fournissent la vision globale de l'interconnexion recherchée par le projet.

Dans la réalité, ce sont plusieurs centaines de cartes de travail, établies à l'échelle 1:25'000, qui ont permis de vérifier, de discuter et de concilier les avis des acteurs sur le terrain. Elles ont été remises aux administrations cantonales, sous forme de carte de validation et de couches informatiques utilisables sur un SIG. Ces cartes constituent autant d'outils de travail disponibles pour les administrations, même si elles ne sont pas imprimées en tant que produit final du projet.

Les nouvelles données établies par le REN doivent inciter les gestionnaires et les utilisateurs du territoire à rechercher toutes les informations, non seulement sur les sites protégés, mais également sur l'interconnexion écologique existante, tant au niveau régional que national. Tout projet de développement ou programme de planification devrait désormais faire l'objet d'un diagnostic, même sommaire, sur l'interconnexion, en se posant les questions suivantes :

- Quelles incidences le projet ou le plan entraîne-t-il sur le fonctionnement du paysage touché ?
- Comment conserver et si possible améliorer cette interconnexion écologique ?

Au-delà de la simple information tirée de la lecture des cartes, l'outil d'analyse développé par le REN permet d'affiner la vision globale des cartes de synthèse, en y apportant des informations locales plus détaillées, pour obtenir un premier modèle utilisable sur une zone d'étude restreinte. L'information apportée par le REN est volontairement non contraignante mais plutôt incitative, dans la mesure où la vision présentée reste évolutive en fonction des transformations inévitables des paysages. C'est donc d'abord un outil d'accompagnement pour l'évaluation stratégique de plans et de programmes. Confrontés à la complexité et à l'ampleur de la tâche, puisque plus de 80% du territoire suisse est concerné par des structures spatiales contribuant aux fonctionnements de flux d'échanges organisés dans des réseaux particulier, les gestionnaires chargés de la conservation de la nature et du paysage devront surtout chercher à comprendre et défendre les mécanismes régissant les flux écologiques des paysages, afin de pouvoir évaluer complètement les incidences des projets et proposer des solutions favorables au maintien de la fonctionnalité écologique de nos paysages.

Annexes

A1 Sélection des guildes d'espèces caractérisant les divers continuums

Les groupements d'habitats sont utiles pour constituer des guildes d'espèces indicatrices permettant d'identifier non seulement le continuum dominant mais également les tendances écologiques de la zone concernée. Cette information n'est toutefois pas discriminante pour l'établissement de la carte des réseaux. Les propositions sont celles retenues par le Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF) pour former les guildes.

- **Continuum forestier : (F)**

Les données disponibles à l'échelle nationale pour ce type de continuum sont lacunaires. Une approche est toutefois tentée pour distinguer les grands types de forêts suivants :

- F1. Forêts inondables et brousses alluviales
- F2. Forêts xérothermophiles de basse altitude (hêtraies thermophiles, tiliaies, chênaies, pinèdes)
- F3. Forêts mésophiles (hêtraies et érabraies)
- F4. Hêtraies à sapins, pessières et sapinières montagnardes
- F5. Forêts subalpines (pinèdes, forêts de mélèzes et d'arolles...)

- **Continuum écotonal (haies, bosquets, lisières) : (E)⁹**

Le continuum écotonal est traité en deux blocs.

- E1.+E2. Écotones buissonneux mésophiles et xérothermophiles
- E4. Landes à Éricacées subalpines

Note : les écotones hygrophiles (E3) sont traités avec les forêts alluviales.

- **Continuum prairial sec : (S)**

Le continuum prairial sec est traité de la manière suivante :

- S1. Milieux pionniers (dalles rocheuses, éboulis, lapiaz) de plaine et d'altitude
- S2. Pelouses thermophiles de plaine et de moyenne montagne (Xero-, Mesobromion, Stipo-Poion, Cirsio-Brachypodion, Diplachnion, friches à graminées, et leurs ourlets)

⁹ Le continuum écotonal n'est pas représenté sur les cartes. Il est toutefois utile pour désigner les zones de développement et les connexions des autres continuums. De nombreuses espèces originales propres aux divers écotones apparaissent.

- S3. Pelouses maigres d'altitude (Caricion ferruginae, Seslerion, Elynon, Nardion, Festucion variae, Caricion curvulae et combes à neige)
 - S4. Prairies et pâturages gras de plaine (Arrhenatherion, Cynosurion et ourlet nitrophile)
 - S5. Prairies et pâturages gras d'altitude (Polygono-Trisetion, Poion alpinae)
 - S6. Friches, rudérats et milieux à adventices
 - S0. Reptiles liées à l'ensemble du continuum thermophile (prairial sec)
- **Continuum humide** (paludéen) : **(H)**
 - H1. Roselières, bas-marais alcalins et prés à litière (Phragmition, Phalaridion, Magnocaricion, Caricion davalliana, Molinion)
 - H2. Bas-marais acidophiles et hauts-marais (Sphagion, Caricion fuscae, Caricion lasiocarpae)
 - H3. Prairies humides eutrophes et mégaphorbiées (Calthion, Filipendulion)
 - H4. Sources alcalines et acides, bords de torrents alpins (Cratoneurion, Cardamino-Montion, Caricion bicolori-atrofuscae)
 - H0. Vertébrés liés à l'ensemble des zones humides (Batraciens et reptiles)
 - **Continuum aquatique** (lentique et lotique) : **(A)**
 - A1. Mares et étangs pionniers
 - A2. Mares et étangs à végétation immergée ou flottante (Nymphaeion, Lemnion, Potamion, Charion)
 - A3. Fleuves et grandes rivières (épipotamon, hyporhitron)
 - A4. Rivières et ruisseaux (méta-, épirhitron)

GUILDES D'ESPÈCES PAR CONTINUUM		
CONTINUUM FORESTIER (F)		
Guilde F1 : Forêts inondables et brousses alluviales		
Apatura ilia Arion intermedius Aromia moschata Bembidion decoratum Cerura erminea Cerura vinula Clostera anachoreta Clostera anastomosis Daudebardia brevipipes Daudebardia rufa Dicerca aenea Dicerca alni	Drepana curvatula Euproctis similis Everes argiades Gastropacha quercifolia Gluphisia crenata Harpalus progrediens Lamia textor Leptura quadrifasciata Leucoma salicis Nymphalis antiopa Oberea oculata	Pelosia muscerda Philorhizus sigma Poecilnota variolosa Saperda carcharias Saperda populnea Saperda similis Sesia bembeciformis Smerinthus ocellata Tethea ocularis Tetheella fluctuosa Vitrinobrachium breve Xylotrechus rusticus
Guilde F2 : Forêts xérothermophiles de basses altitudes		
Acmaeodera flavofasciata Agrilus biguttatus Agrilus laticornis Agrilus sulcicollis Anoplodera sexguttata Apoda limacodes Carabus intricatus Carabus irregularis Cerambyx cerdo Cerambyx scopoli Chalcophora mariana Cymatophorima diluta Cymindis cingulata Dendrocopos medius Drymonia querna Drymonia ruficornis Drymonia velitaris	Ergates faber Harpia milhauseri Heterogenea asella Heterogenea asella Hipparchia fagi Jaminia quadridens Leucodonta bicoloria Libythea celtis Limenitis camilla Lopinga achine Meconema thalassinum Paranthrene insolita Peridea anceps Phaenops cyanea Phyllodesma tremulifolia Plagionotus arcuatus Plagionotus detritus	Platyderus ruficollis Plebicula escheri Polyphylla fullo Polyploca ridens Pyrrhodium sanguineum Quercusia quercus Raphidia ophiopsis Rhagium sycophanta Sabra harpagula Satyrium ilicis Spatalia argentina Synanthedon conopiformis Synanthedon loranthi Synanthedon vespiformis Thaumetopoea pityoc. Thaumetopoea proces. Watsonalla binaria
Guilde F3 : Forêts mésophiles		
Aglia tau Arctornis l-nigrum Drymonia dodonae Drymonia oblitterata Lehmannia marginata	Leistus rufomarginatus Malacolimax tenellus Medon brunneus Neptis rivularis Oxychilus helveticus	Platyla polita Rosalia alpina Trechus fairmairei Trichia montana Watsonalla cultraria
Guilde F4 : Hêtraies à sapins, pessières et sapinières montagnardes		
Cosmotriche lunigera Metoponcus brevicornis	Pterostichus burmeisteri	Synanthedon cephiiformis
Guilde F5 : Forêts subalpines		
Erebia alberganus	Poecilocampa alpina	

CONTINUUM ÉCOTONAL (E)		
Guilde E1 : Écotones xérothermophiles		
Adscita albanica Anthaxia funerula Anthaxia nitidula Aporia crataegi Barbitistes obtusus Barbitistes serricauda Cilix glaucata Coenonympha arcania Coscinia striata Dysauxes ancilla Dysauxes punctata	Eilema pygmaeola Ephippiger ephippiger Eupholidoptera chabrieri Everes alcetas Fixsenia pruni Gomphocerus rufus Hamearis lucina Hemaris fusciformis Iphiclides podalirius Limenitis reducta Pezottetix giornai	Rhagades pruni Satyrium acaciae Satyrium spini Synanthedon stomoxiformis Syntomis phegea Thecla betulae Thymelicus acteon Yersinella raymondi Zygaena ephialtes Zygaena fausta
Guilde E2 : Écotones mésophiles		
Apatura iris Arctia caja Argynnis adippe Argynnis paphia Callimorpha quadripunctaria Carterocephalus palaemon Cetonia aurata Clossiana euphrosyne	Erebia ligea Gonepteryx rhamni Hemaris tityus Laothoe populi Leptidea sinapis Limenitis populi Nemobius sylvestris Notodonta torva	Nymphalis polychloros Pholidoptera aptera Sesia melanocephala Spilosoma lutea Tettigonia cantans Zygaena osterodensis Zygaena romeo
Guilde E3 : Écotones hygro-nitrophiles		
Araschnia levana Callimorpha dominula Clossiana thore Erebia eriphyle	Eumedonia eumedon Euthrix potatoria Parnassius mnemosyne	Phymatopus hecta Pieris bryoniae Pseudoaricia nicias
Guilde E4 : Landes à Éricacées subalpines		
Colias palaeno	Eriogaster arbusculae	Vacciniina optilete

CONTINUUM PRAIRIAL SEC (S)

Guilde S1 : Milieux pionniers de plaine et d'altitude (dalles rocheuses, éboulis, lapiaz)

Amara quenseli	Erebia gorge	Myrmeleotettix maculatus
Amara schimperi	Erebia meolans	Nebria angusticollis
Anthaxius difformis	Erebia pluto	Oedipoda caerulescens
Anthaxius pedestris	Erebia S	Oedipoda germanica
Arctia flavia	Euchloe simplonia	Omophron limbatum
Bembecia scopigera	Eucobresia nivalis	Parnassius apollo
Calliptamus barbarus	Grammia quenselii	Pyrgus onopordi
Calliptamus italicus	Harpalus luteicornis	Scolitantides orion
Calliptamus siciliae	Harpalus pumilus	Setina aurita
Carcharodus lavatherae	Harpalus solitaris	Sphingonotus caerulans
Chelis simplonica	Harpalus tenebrosus	Synansphecchia triannuliformis
Chorthippus eisentrauti	Holoarctia cervini	Tetrix bipunctata
Chorthippus pullus	Hyles vespertilio	Tetrix tuerki
Cychnus cordicollis	Laemostenus janthinus	Trechus tenuilimbatus
Elaphrus cupreus		

Guilde S2 : Pelouses thermophiles de plaine et de moyenne montagne

Adscita manii	Hyponephele lycaon	Pseudophilotes baton
Agrodiaetus damon	Jordanita globulariae	Psophus stridulus
Arctia villica	Jordanita notata	Pupilla sterii
Argynnis aglaja	Lemonia dumii	Pyrgus accretus
Argynnis niobe	Lycaeides argyrognomon	Pyrgus armoricanus
Aricia agestis	Lycaeides idas	Pyrgus carthami
Bembecia albanensis	Lycaena alciphron	Pyrgus cirsi
Brintesia circe	Lysandra bellargus	Pyrgus malvae
Calathus ambiguus	Lysandra coridon	Pyrgus malvoides
Callistus lunatus	Maculinea arion	Saga pedo
Callophrys rubi	Maculinea rebeli	Satyrus ferula
Chamaesphecchia dumonti	Mantis religiosa	Setema cereola
Chazara briseis	Meleageria daphnis	Setina irrorella
Chondrula tridens	Melitaea cinxia	Spialia sertorius
Chorthippus mollis	Melitaea didyma	Stenobothrus nigromacul.
Chorthippus vagans	Melitaea phoebe	Stenobothrus rubicundulus
Clossiana dia	Mellicta aurelia	Tetrix depressa
Colias alfacariensis	Mellicta parthenoides	Truncatellina callicatris
Cupido minimus	Metrioptera bicolor	Truncatellina claustralis
Cupido osiris	Oecanthus pellucens	Truncatellina cylindrica
Cymindis axillaris	Omocestus haemorrhoid.	Vitrea contracta
Cymindis variolosa	Omocestus rufipes	Watsonarctia deserta
Eilema paliatella	Ophonus sabulicola	Zebrina detrita
Erebia triaria	Phragmatobia luctifera	Zygaena carniolica
Euchorthippus declivus	Platycleis albopunctata	Zygaena lonicerae
Glaucopsyche alexis	Platycleis grisea	Zygaena loti
Granaria frumentorum	Plebejides pylaon	Zygaena minos
Hipparchia semele	Plebejus argus	Zygaena purpuralis
Hipparchia statilinus	Plebicula dorylas	Zygaena transalpina
Hyles euphorbiae	Plebicula thersites	

Guilde S3 : Pelouses maigres d'altitude		
Aeropedellus variegatus Aeropus sibiricus Agriades glandon Albulina orbitulus Arcyptera fusca Aricia artaxerxes Bembidion bipunctatum Bembidion glaciale Bembidion jacqueti Bembidion magellense Bembidion pyrenaicum Boloria napaea Boloria pales Erebia cassioides	Erebia christi Erebia mnestra Erebia montana Erebia pandrose Erebia pharte Erebia pronoe Erebia tyndarus Eurodryas debilis Gazoryctra ganna Hesperia comma Hypodryas cynthia Hypodryas intermedia Lycaena virgaureae Mellicta asteria	Mellicta varia Metrioptera saussuriana Nebria angustata Nebria cordicollis Ocnogyna parasita Oeneis glacialis Podisma pedestris Pontia callidice Pyrgus carlinae Pyrgus serratulae Pyrgus warrennensis Trechus pertyi Trechus strasseri
Guilde S4 : Prairies et pâturages gras de plaine		
Aphantopus hyperanthus Coenonympha pamphilus Cyaniris semiargus Erebia medusa Gryllus campestris	Hyphoraia testudinaria Korscheltellus lupulinus Lycaena tityrus Macrothracia rubi Maniola jurtina	Melanargia galathea Pyronia tithonus Thymelicus lineola Thymelicus sylvestris
Guilde S5 : Prairies et pâturages gras d'altitude		
Coenonympha gartetta Colias phicomone Erebia epiphron	Lycaena tityrus Parasemia plantaginis Setema cereola	Zygaena exulans
Guilde S6 : Friches, rudérats et milieux à adventices		
Acupalpus meridianus Amara fusca Amara municipalis Brenthis daphne Carcharodus alceae Harpalus honestus	Harpalus smaragdinus Hyles hippophaes Iolana iolas Lasiommata megera Leistus spinibarbis Mellicta deione	Olisthopus rotundatus Pennisetia hylaeiformis Pontia daplidice Proserpinus proserpina Pyropteron chrysidiformis
Guilde S0 : Reptiles liées à l'ensemble du continuum thermophile (prairial sec)		
Elaphe longissima Vipera aspis Vipera berus	Coronella austriaca Podarcis muralis	Lacerta agilis Lacerta viridis

CONTINUUM DES ZONES HUMIDES (PALUDÉEN) (H)		
Guilde H1 : Roselières, bas-marais et prés à litière		
Aeshna isosceles Brachytron pratense Ceriagrion tenellum Chorthippus albomarginatus Chorthippus montanus Chrysochraon dispar Coenagrion pulchellum Coenonympha oedippus Conocephalusdiscolor Conocephalus dorsalis Epitheca bimaculata	Euconulus alderi Heteropterus morpheus Lestes sponsa Leucorrhinia albifrons Maculinea alcon Maculinea nausithous Orthetrum coerulescens Phragmataecia castan. Pteronemobius heydenii Ruspolia nitidula Somatochlora flavomac.	Stetophyma grossum Sympecma fusca Sympetrum depressiusc. Sympetrum flaveolum Tetrix ceperoi Vertigo antivertigo Vertigo geyeri Vertigo moulinsiana Maculinea teleius
Guilde H2 : Bas-marais acidophiles et hauts-marais		
Aeshna caerulea Aeshna subarctica Agonum ericeti Boloria aquilonaris Bradycellus ruficollis	Coenagrion hastulatum Coenonympha tullia Lestes virens Leucorrhinia dubia Leucorrhinia pectoralis	Somatochlora alpestris Somatochlora arctica Sympetrum danae Tetrix undulata
Guilde H3 : Prés humides eutrophes et mégaphorbiées		
Brenthis ino Clossiana titania	Lycaena helle	Pyrgus andromedae
Guilde H4 : Sources alcalines et acides		
Agabus melanarius Bembidion doderoi Bythinella pupoides Bythinella schmidtii Bythiospeum diaphanum Crunoecia irrorata Dictyogenus fontium Drusus trifidus Ernodes vicinus Graziana lacheineri Hydroporus discretus	Microptila minutissima Nebria crenatostrata Nebria fontinalis Nebria jockischi Nebria laticollis Nemoura sinuata Neohoratia minuta Parachiona picicornis Parnassius phoebus Plectrocnemia brevis Potamophylax nigricornis	Ptilocolepus granulatus Rhyacophila laevis Rhyacophila philopotamoides Rhyacophila pubescens Salamandra salamandra Stactobia eatoniella Stactobia maclachlani Stactobia moselyi Tinodes zelleri Wormaldia occipitalis
Guilde H0 : Vertébrés liés à l'ensemble des zones humides (Batraciens et reptiles)		
Salamandra salamandra Triturus alpestris Triturus cristatus Triturus carnifex Triturus helveticus Triturus vulgaris Alytes obstetricans	Bombina variegata Bufo bufo Bufo calamita Hyla arborea Rana dalmatina Rana <i>complexe</i> esculenta	Rana lessonae Rana latastei Rana temporaria Natrix natrix Natrix tessellata Natrix maura

CONTINUUM AQUATIQUE ET FLUVIAL (A)		
Guilde A1 : Mares et étangs pionniers		
Gyraulus laevis Ischnura pumilio	Lestes dryas	Orthetrum brunneum
Guilde A2 : Mares et étangs à végétation immergée ou flottante		
Anax parthenope Erythromma najas Erythromma viridulum Gyraulus acronicus Gyraulus crista	Hippeutis complanatus Leucorrhinia caudalis Planorbarius corneus Planorbis planorbis	Segmentina nitida Stagnicola corvus Valvata cristata Viviparus contectus
Guilde A3 : Fleuves et grandes rivières		
Acroloxus lacustris Agabus biguttatus Agrylea multipunctata Baetis buceratus Baetis scambus Besdolus imhoffi Brachycentrus subnubilus Caenis rivulorum Ecdyonurus insignis	Epeorus sylvicola Ephemerella notata Gomphus simillimus Gomphus vulgatissimus Heptagenia sulphurea Hydropsyche modesta Hydropsyche pellucidula Lepidostoma hirtum Leuctra geniculata	Neureclipsis bimaculata Oligoneuriella rhenana Onychogomphus forcipatus Onychogomphus forcipatus Ophiogomphus cecilia Orectochilus villosus Oxygastra curtisii Perlodes dispar Theodoxus fluviatilis
Guilde A4 : Rivières et ruisseaux		
Agapetus ochripes Amphinemura triangularis Baetis alpinus Baetis lutheri Baetis melanonyx Baetis muticus Baetis niger Brachyptera risi Brachyptera seticornis Calopteryx splendens Calopteryx virgo Capnia bifrons Capnioneura nemuroides Coenagrion mercuriale Cordulegaster bidentatus Cordulegaster boltonii Cryptothrixnebulicola Drusus alpinus Drusus annulatus Drusus melanchaetes Drusus muelleri	Ecdyonurus alpinus Glossosoma bifidum Habrophlebia lauta Hydropsyche instabilis Isoperla rivulorum Leuctra armata Leuctra braueri Leuctra leptogaster Limnephilus sparsus Metanoea flavipennis Micropterna nycterobia Nemoura cambrica Nemoura flexuosa Nemoura marginata Oreodytes davisii Oreodytes septentrionalis Philopotamus ludificatus Potamophylax cingulatus Protonemura auberti Protonemura brevistyla	Protonemura lateralis Protonemura praecox Protonemura risi Pyrrhosoma nymphula Rhabdiopteryx neglecta Rhitrogena deangei Rhitrogena drieri Rhitrogena nivata Rhyacophila albardana Rhyacophila aquitanica Rhyacophila dorsalis Rhyacophila glareosa Rhyacophila simulatrix Rhyacophila torrentium Rhyacophila tristis Rhyacophila vulgaris Sericostoma personatum Siphonoperla torrentium Tinodes dives Wormaldia copiosa

Données CSCF / 17.7.2001

A2 Liste des données de base utilisées pour la définition des cartes du REN provisoire

Banque de données BUWIN :

- Biotopes d'importance nationale :
 - Inventaire des bas-marais (2003)
 - Inventaire des haut-marais (2003)
 - Inventaire des zones alluviales (2003)
- Autres périmètres de protection au niveau fédéral :
 - Districts francs (1998)
 - Inventaire fédéral des paysages (IFP/BLN) (1998)
 - Zone de protection des oiseaux d'eau (OROEM) (1990)
 - Sites marécageux d'importance nationale (1996)
 - Inventaire fédéral des prairies et pâturages secs de Suisse (TWW, inventaire provisoire en cours).
- Inventaire des réserves naturelles (IRENA), OFEFP (1995) :
 - propriétés d'organisations privées,
 - réserves par contrat de droit privé,
 - réserves par contrat de droit public,
 - zones protégées par décret cantonal.

Données statistiques :

- Statistique de la superficie en Suisse GEOSTAT (74 catégories d'utilisation du sol, 1979–1985 et 1992–1997)

Données cartographiques :

- Données numériques des cartes nationales fournies par le Service topographique fédéral :
 - Réseau hydrographique : VECTOR25, OFT (1999)
 - Modèle numérique d'altitude : MNA 25, OFT (1996)

A3 Sélection des catégories d'utilisation du sol de GEOSTAT permettant de former les continuums provisoires

Type de continuum :	Milieux concernés et catégories GEOSTAT utilisées :
Forêts de basse altitude (<1200 m)	Toutes catégories de forêts (09 à 15), arbustes et broussailles (16)
Forêts et pâturages d'altitude (>1200–2500 m)	Mayens et alpages fauchés (85), alpages favorables (88), alpages rocaillieux (89), alpages embroussaillés (86–87), toutes catégories de forêts (09 à 15), arbustes et broussailles (16)
Zones humides et cours d'eau	Biotopes humides (95), végétation de rives (96), cours d'eau (92), berges (69), zones alluviales (forêts dans zones alluviales), réseau hydrographique.
Zones thermophiles agricoles	Ensembles des prairies, friches, haies contenus dans les zones à végétation thermophile selon Hegg, Bégnin et Zoller (1993)
Surfaces agricoles extensives	Prés et terres arables (82), pâturages locaux (83), prés et pâturages locaux embroussaillés (84), plantations fruitières extensives (76), arbres dispersés (77), autres surfaces boisées (17–19)

Sélection des milieux utilisés pour définir les continuums du REN provisoire à partir de la statistique GEOSTAT (données 1992–1997) comprenant 74 modes d'utilisation du sol. Remarque : le continuum aquatique est extrait séparément à partir des données numérisées VECTOR25 des cartes nationales.

A4 Méthode de calcul matriciel définissant l'extension potentielle des continuums

En partant du postulat que tous les milieux naturels prioritaires d'un groupe écologique identifiés dans les étapes précédentes contribuent *a priori* à la formation du réseau écologique national, ces éléments sont provisoirement retenus au titre de zones nodales (ou zones réservoirs) pour la faune et la flore. Afin d'établir l'extension potentielle des continuums, on applique dans une grille hectométrique du paysage analysé un algorithme de calcul de type « coût de déplacement ».

Le « coût de déplacement » dans chaque compartiment de la grille est obtenu en additionnant le produit de la distance parcourue avec un coefficient de résistance du milieu au déplacement fixé en fonction de l'utilisation du sol des zones adjacentes.

Le coût de déplacement du compartiment 1 vers le compartiment 3 est ainsi obtenu par la formule suivante :

$$C_{1-3} = \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \bullet D_{1-2} \right) + \left(\frac{R_2 + R_3}{2} \bullet D_{2-3} \right)$$

Dans laquelle C = coût de déplacement
R = coefficient de résistance du milieu
D = distance parcourue (en mètre)

La matrice des coefficients de résistance en fonction du groupe écologique et de l'utilisation du sol, utilisée pour le calcul des continuums, doit être établie par calibrage dans des zones test connues (cf. Tab. 2, Chap. 5.2, par exemple).

Un coefficient de 100 points constitue un obstacle estimé infranchissable. La limite supérieure du quota pour la délimitation d'un continuum est fixée empiriquement à 3000 points.

Par exemple, un quota de 3000 points signifie que, pour une espèce du groupe 1 (forêts de basse altitude), le continuum sera au maximum de 100 mètres de large en zone agricole intensive dont la résistance a été fixée à 30 points :

$$\left(\frac{0 + 30}{2} \bullet 100 \right) = 1500 < 3000 \Rightarrow OK$$

Distance 200 mètres :

$$\left(\frac{0 + 30}{2} \bullet 100 \right) + \left(\frac{30 + 30}{2} \bullet 100 \right) = 1500 + 3000 = 4500 > 3000 \Rightarrow \text{refusé}$$

Par contre, dans le cas d'une zone agricole extensive ($R = 5$) la largeur maximum du continuum sera de 600 mètres.

$$\left(\frac{0+5}{2} \cdot 100\right) + \left(\frac{5+5}{2} \cdot 100\right)$$

$$= 250 + 500 + 500 + 500 + 500 + 500 = 2750 < 3000 \Rightarrow OK$$

A5 Désignation des corridors « non apparents » sur les cartes de synthèse

Pour des raisons de techniques d'impression des cartes, de nombreux polygones, en plus des corridors, ont également des attributs, bien réels mais cachés, qui n'apparaissent par conséquent pas comme tels sur les cartes de synthèse. Ils réapparaissent toutefois lors de l'impression séparée des couches des divers continuums.

La matrice ci-dessous fournit la correspondance des éléments de réseaux ayant une fonction secondaire non apparente sur les cartes de synthèse.

	Attributs fonctionnels secondaires de polygones « non apparents » sur les cartes de synthèse				
Attribut initial	Cont. forêt	Cont. prairies thermophiles	Cont. zones humides	Cont. fluvial	Cont. agricole extensif
F1		-	H3, H4	-	-
F2		-	H3, H4	-	-
F3		S1, S2, S3, S4	H1, H2, H3, H4	A3, A4	E1, E2, E3, E4
F4		S1, S2,S3, S4	H1, H2, H3, H4	A3, A4	E1, E2, E3, E4
S1	F3, F4		H3, H4	-	E1, E2, E3, E4
S2	F3, F4		H3, H4	-	E1, E2, E3, E4
S3	(F2), F3, F4		H1, H2, H3, H4	A3, A4	E1, E2, E3, E4
S4	F2, F3, F4		H1, H2, H3, H4	A3, A4	E1, E2, E3, E4
H1	F3, F4	-		A3, A4	E1, E2, E3, E4
H2	F3, F4	-		A3, A4	E1, E2, E3, E4
H3	(F2), F3, F4	S1,S2, S3, S4		A1, A2, A3, A4	E1, E2, E3, E4
H4	F2, F3, F4	S1,S2,S3, S4		A1, A2, A3, A4	E1, E2, E3, E4
A1	F3, F4	-	H3, H4		-
A2	F3, F4	-	H3, H4		-
A3	(F2), F3, F4	S1,S2, S3, S4	H1, H2, H3, H4		E1, E2, E3, E4
A4	F2, F3, F4	S1,S2,S3, S4	H1, H2, H3, H4		E1, E2, E3, E4
E1	F3, F4	-	H1, H2, H3, H4	A3, A4	
E2	F3, F4	S2,S3	H1, H2, H3, H4	A3, A4	
E3*	(F2), F3, F4	(S1,S2), S3, S4	H1, H2, H3, H4	(A1, A2), A3, A4	
E4*	F2, F3, F4	S1,S2,S3, S4	H1, H2, H3, H4	A1, A2, A3, A4	

* polygones non représentés sur les cartes.

A6 Méthodes de hiérarchisation d'un site ou d'un élément du réseau écologique

Principes de hiérarchisation du REN

La hiérarchisation dans les réseaux cartographiés est basée sur le postulat suivant : Les zones nodales (ou zones réservoirs) sont systématiquement considérées comme étant en surproduction et, par conséquent, capables de produire des individus surnuméraires alimentant une certaine dispersion des espèces de l'habitat de départ. Les habitats voisins, pour autant qu'ils soient connectés ou suffisamment proches, fonctionnent donc selon le principe des métapopulations. **C'est donc le potentiel de dispersion à partir des zones nodales qui va servir de référence pour la hiérarchisation.**

Afin de permettre l'utilisation des données cartographiques du REN dans les procédures administratives, une hiérarchie des éléments présents dans les réseaux cantonaux est proposée en utilisant les données disponibles.

Deux approches complémentaires ont été utilisées :

- Une approche cartographique utilisant la représentation visuelle des structures des réseaux à l'aide d'un SIG qui permet notamment de tester la connectivité relative de chaque réseau sectoriel cartographié. Cette première méthode permet d'apprécier la connectivité générale d'une région en produisant diverses cartes thématiques sur chaque type de réseaux, séparées ou combinées.
- Une approche évaluative par pondération des facteurs déterminant la valeur relative des différents éléments qui composent le réseau.

La combinaison des deux approches a permis d'obtenir une évaluation complète d'un ensemble interconnecté d'habitats, mais pour être acceptable, la démarche s'est limitée volontairement à une vision évolutive dynamique applicable à une guilda bien définie d'espèces.

La procédure de traitement des données suit les étapes suivantes :

Étape 1

Préparation des données

Chaque continuum est analysé séparément sur la base des polygones cartographiés et classés selon les quatre types d'éléments mentionnés ci-dessus.

Étape 2

Désignation des corridors

Les corridors désignés sur les cartes sont essentiellement de type F4 et plus rarement attribués à d'autres continuums. Pourtant, les autres types de corridors sont bien présents, mais généralement attribués également à d'autres continuums dans

lesquels ils ont une fonction primaire. Ainsi, de nombreux corridors sont cachés par d'autres types de polygones :

Corridors A4 : regroupent les cours d'eau temporaires, mais également des écotones divers tels que les lisières forestières, les structures boisées, les marais de type H1, H2 et H3.

Corridors H4 : incluent les zones à tendance humide, ainsi que tous types de cours d'eau A1, A2 et A3, les lisières forestières orientées au nord et les structures boisées.

Corridors E4 : regroupent les surfaces agricoles plus ou moins extensives, ainsi que tous les écotones de milieux ouverts.

Corridors S4 : concernent toutes les surfaces extensives et sèches, ainsi que tous les écotones, dont les lisières forestières orientées au sud.

Par conséquent, à partir des cartes du REN, on prépare une couche « corridors complémentaires » qui cumule :

- Les corridors F4 tels que désignés par les cartographes.
- Les écotones à sélectionner à partir des limites de biotopes (lisières forestières, bords de marais, de zones sèches, de cours d'eau, talus de routes et voies ferrées). Si l'écotone n'est pas délimité par un polygone de type structure linéaire, il est alors figuré par un tampon arbitraire de 100 m de largeur qui devient ainsi un polygone supplémentaire.

Remarque : Les polygones « corridors » sont souvent polyvalents. Il faut donc identifier leurs utilisations par des attributs (par exemple : F4 ; F4+E4 ; F4+H4+A4 ; ...). Ces attributs permettent de sélectionner les polygones dans la couche du continuum correspondant.

Le positionnement systématique des « corridors cachés » sur des écotones (lisières) correspond bien à la réalité des observations. La largeur utilisée (représentation graphique de 50 ou 100 m) est largement exagérée, car dans la réalité le 95% des déplacements observés se passent sur une bande de 10 m de largeur. Cependant, pour les espèces sensibles, un corridor situé en dehors d'un espace vital habituel reste toujours une zone à risque. Elles ont par conséquent besoin d'une zone tampon protégée et tranquille pour utiliser un corridor.

Cette extrapolation pour identifier des corridors complémentaires est nécessaire afin d'analyser la continuité du réseau considéré.

Une fois la couche générale « écotones » établie, on peut ainsi compléter chaque couche de continuum en y introduisant un réseau de corridors potentiels.

Étape 3

Identification des réseaux sectoriels

Remarque préliminaire : Les secteurs écologiques identifiés a priori en repérant tous les obstacles physiques, naturels ou artificiels, qui vont limiter les échanges biologiques et créer ainsi un ensemble fermé de milieux, prennent ici toute leur valeur. Ainsi défini, chaque secteur contient si possible un unique réseau sectoriel pour chaque type de continuum caractérisant le paysage. Dans la réalité, un secteur

écologique contient souvent plusieurs fragments de réseaux sectoriels non connectés.

Chaque réseau sectoriel est identifié par un calcul de dispersion à partir des zones nodales cartographiées. L'échelle des limites de classes du capital de dispersion fixé pour chaque groupe écologique est totalement arbitraire. Elle a été définie par des essais permettant, sur la base d'une signature graphique cohérente, de rendre visible les connexions et les dysfonctionnements existants dans les 5 types de réseaux spécifiques.

Sur une grille hectométrique de la carte des réseaux, on attribue à chaque élément du continuum analysé un coefficient de résistance suffisamment faible pour faire apparaître les ensembles accessibles. Les résultats du calcul de dispersion sont groupés en 6 classes de connectivité (cf. Tab. 7).

Les obstacles, tels que les principales infrastructures de transport et les zones construites, sont considérés comme étant des limites d'extension d'un sous-réseau. Dans le cas où un ouvrage de franchissement a été noté et que l'information collectée identifie le passage comme étant franchissable par les diverses catégories de faune, il est alors considéré comme une suite possible de l'extension du sous-réseau.

Tableau 7 : Classes de connectivité utilisées pour l'analyse cartographique des réseaux spécifiques

Classes	Valeurs de résistance	Fonctions
1	0 point	zone nodale
2	1–4000 points	forte connectivité
3	4001–16'000 points	connectivité moyenne
4	16'001–64'000 points	connectivité moyenne à faible
5	64'001–250'000 points	faible connectivité
6	>250'000 points	non connecté

Étape 4

Évaluation de la capacité d'un réseau spécifique au niveau sectoriel.

La capacité de chaque réseau spécifique peut être établie en utilisant deux critères :

- La surface utilisée par le capital de dispersion représentatif d'un ensemble systémique performant.
- La surface cumulée des zones réservoirs interconnectées.

Les valeurs recherchées sont fournies automatiquement par le SIG.

Étape 5

Évaluation globale d'un réseau régional obtenue par le calcul de la polyvalence des réseaux spécifiques

Les différentes couches obtenues pour chaque type de réseaux spécifiques sont superposables et font apparaître l'ensemble de la structure fonctionnelle du secteur écologique.

Nous avons opté pour la sélection des polygones des classes 1 à 4 qui regroupent les parties les plus fonctionnelles des sous-réseaux.

Remarque : La polyvalence ne constitue qu'un indicateur particulier des facteurs de résilience et de connectivité dans un réseau écologique. Il s'agit toutefois d'une information essentielle dans la démarche de hiérarchisation du réseau, dans la mesure où elle désigne ses zones les plus fonctionnelles. Elle vient compléter l'information quantitative établie pour caractériser la capacité de chaque réseau spécifique dans le secteur.

On peut ainsi caractériser la capacité de chaque réseau sectoriel par :

- Un nouveau découpage des classes de valeurs obtenues par l'addition des valeurs de chaque réseau spécifique.
- La surface totale couverte par les polygones des classes 1 à 3.
- La surface totale des zones nodales présentes dans le secteur.
- Un pourcentage des surfaces des différents continuums présents dans le secteur.

Le calcul de la polyvalence d'un réseau écologique permet notamment d'obtenir une représentation graphique intéressante des cartes du REN en mettant en évidence les parties de continuums prioritaires dans un paysage.

Étape 6

Évaluation de la qualité du réseau écologique

Cette évaluation peut dans un premier temps être abordée théoriquement, en utilisant la répartition des guildes qui ont servi pour une présélection des zones nodales du REN provisoire. En effet, ces mêmes données peuvent être utilisées pour fournir un premier indice de la biodiversité de chaque réseau spécifique. Toutefois, l'échantillonnage utilisé pour les guildes est loin d'être représentatif et homogène.

Les données existantes telles que les inventaires de biotopes d'importance nationale ou les données spécifiques d'espèces sensibles (par exemple : répartition du castor, frayère de la truite lacustre, présence du grand tétras, etc.) peuvent être évaluées à l'aide des cartes du REN pour en tester, d'une part, le niveau de conformité et, d'autre part, le potentiel de développement des habitats.

Cette confrontation a été effectuée afin d'ajuster par interactions les éléments constitutifs du REN et les données actuelles connues sur les biotopes et les espèces sensibles.

À plus long terme, il devrait être possible dans les cantons d'établir des listes de présence d'espèces indicatrices en effectuant des inventaires locaux ou régionaux ou en introduisant systématiquement les données existantes dans les extraits cantonaux de la banque de données.

Index

1 Liste des tableaux

Tab.	Titre	Page	Chap.
1	Coefficients de résistance aux déplacements de la faune	35	4.1.5
2	Valeur bioindicatrice des groupes de faune	46	4.2.3
3	Représentativité des types de réseaux dans les régions biogéogr.	55	5.1
4	Pertinence des SCE en fonction des types des réseaux spécifiques	93	6.4
5	Grille d'évaluation des éléments d'un réseau écologique local	98	6.6
6	Exemple d'évaluation d'un corridor	98	6.6
7	Classes de connectivité pour l'analyse des réseaux spécifiques	120	A6

2 Liste des figures

Fig.	Titre	Page	Chap.
1	Représentation cartographique schématique d'un réseau forestier	29	3.5
2	Extrait de la carte du REN provisoire (Rossens)	36	4.1.5
3	Constitution d'un réseau écologique	38	4.1.7
4	Exemple de carte de guildes	42	4.1.8
5	Les différents niveaux d'analyse des réseaux écologiques	52	4.3.4
6	Carte du REN	56	5.1
7	Légende standard des cartes de réseaux spécifiques	57	5.2
8	Carte du réseau forestier de basse altitude	61	5.3
9	Carte du réseau forestier montagnard	61	5.3
10	Carte du réseau agricole extensif	62	5.3
11	Carte du réseau des prairies sèches	62	5.3
12	Carte du réseau des milieux humides	63	5.3
13	Carte du réseau aquatique	63	5.3
14	Carte synoptique de la fragmentation paysagère	65	5.4
15	Carte de connectivité du réseau forestier de basse altitude	68	5.5
16	Carte de connectivité du réseau forestier montagnard	69	5.5
17	Carte de connectivité du réseau agricole extensif	70	5.5
18	Carte de connectivité du réseau des prairies sèches	72	5.5
19	Carte de connectivité du réseau des milieux humides	73	5.5
20	Carte de connectivité du réseau aquatique	74	5.5
21	Pertinence des sites ÉMERAUDE dans le REN	79	5.6
22	Contribution du REN au Réseau écologique paneuropéen	80	5.6
23	Analyse comparative des réseaux spécifiques de la région Saane-Sarine	86+87	6.3
24	Carte synoptique hiérarchisée de la région Saane-Sarine	88	6.3
25	Extrait du REN dans la zone du Bommer Weiher	95	6.5
26	Extrait du CEP (TG) montrant la situation des SCE	95	6.5
27	Organigramme de gestion des données du REN	102	7

3 Bibliographie

- ATLAN H. 1974 : *On a formal definition of organization*. Journal of Theoretical Biology 45 : 295–304.
- BENNETT A.F. 1999 : *Linkages in the landscape*. The IUCN Forest Conservation Programme, IUCN, Gland/Cambridge. 254 p.
- BENNETT G. 1991 : *Towards a European ecological network*. IEEP, Arnhem. 122 p.
- BENNETT G. 1998 : *The paneuropean ecological network*. Questions and answers n°4. Council of Europe. 32 p.
- BERDOULAY V., PHIPPS M. 1985 : *Paysage et système*. Éditions Université d'Ottawa. 196 p.
- BERTHOUD G. 1998 : *Utilisation de bioindicateurs dans la définition des facteurs fonctionnels des écosystèmes*. Compte-rendu des journées techniques AFIE sur les indicateurs écologiques : Des outils pour la définition de projets et de politiques. Amiens. p. 23–32
- BERTHOUD G., DUELLI P., BURNAND J.-D., THEURILLAT J.-P., GOGEL R., WIEDERMEIER P., HANGGI A. 1989 : *Méthode d'évaluation du potentiel écologique des milieux*. Rapport 39 du programme national de recherche « Utilisation du sol en Suisse ». Liebefeld-Berne. 183 p.
- BOUWMA J.M. 2002 : *The Pan-European Ecological Network – a strategy for biodiversity conservation and sustainable use*. ECNC, Tilburg/Alterra, Netherlands. 164 p.
- BROGGI M.F., SCHLEGEL H. 1998 : *Priorités nationales de la compensation écologique dans les zones agricoles de plaine en Suisse*. Cahier de l'environnement N° 306 (OFEFP), Berne. 184 p.
- BROGGI M.F., SCHLEGEL H. 1990 : *Minimum requis de surfaces proches de l'état naturel dans le paysage rural*. Rapport 31a du programme national de recherche « Utilisation du sol en Suisse », Liebefeld-Berne. 222 p.
- BROWN J.H., KODRIC-BROWN A. 1977 : *Turnover rates in insular biogeography : effect of immigration on extinction*. Ecology 58 : 445–449.
- BUCEK A., LACINA J., MICHAL I. 1996 : *An Ecological Network in the Czech Republik*. Veronica, Special 11th Issue. 49 p.
- CONSEIL DE L'EUROPE, PNUE, CENTRE EUROPEEN POUR LA CONSERVATION DE LA NATURE (CECN) 1996 : *La Stratégie paneuropéenne de la diversité biologique et paysagère, un grand dessein pour le patrimoine naturel de l'Europe*. Tillburg, Netherlands. 123 p.
- CONSEIL DE L'EUROPE 2000 : *Lignes directrices générales pour la constitution du Réseau Écologique Paneuropéen*. Collection Sauvegarde de la Nature n° 107. 52 p.
- DEBINSKI D.M., RAY C., SAVERAID E.H. 2002 : *Species diversity and the scale of landscape mosaic : do scales of movement and patch size affect diversity ?* Biology Conservation 98 : 179–190.
- DELARZE R., GONSETH Y., GALLAND P. 1998 : *Guide des milieux naturels de Suisse*. Édition Delachaux et Niestlé, Lausanne. 415 p.
- DETEC 2001 : *Directive concernant les passages pour la grande faune*. Directive du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

- DIDHAM R.K. 1997 : *An overview of invertebrate responses to habitat fragmentation*. In : Watt, A., N.E. Stork and M. Hunter. *Forest and insects*. Chapman and Hall, London. p. 201–218.
- ECONAT 1986 : *Analyse des districts francs fédéraux*. Rapport de recherche (15 districts). OFEFP, Office fédéral de la chasse. 282 p.
- ECONAT 1994 : *Faune et chasse dans le canton de Fribourg*. Application de la nouvelle législation fédérale sur la chasse. Service de la chasse du canton de Fribourg. Rapport de synthèse. Yverdon. 145 p.
- FARHIG L., MERRIAM G. 1994 : *Conservation of fragmented populations*. *Conservation Biology* 8 : 50–59.
- GASCON C., LOVEJOY T.E., BIERREGARD R.O. et al. 1999 : *Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants*. *Biol. Conserv.* 91 : 223–229.
- GONSETH Y., WOHLGEMUTH T., SANSONNENS C., BUTTLER A. 2001 : *Les régions biogéographiques de la Suisse. Explications et division standard*. Umwelt-Materialien Nr. 137. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 47 p.
- HANSKI I., GILPIN M. 1997 : *Metapopulation biology, ecology, genetics and evolution*. Academic press.
- HARRISON S., BRUNA E. 1999 : *Habitat fragmentation and large-scale conservation : what do we know for sure ?* *Ecography* 22 : 225–232.
- HEGG O., BEGUIN C., ZOLLER H. 1993 : *Atlas de la végétation à protéger en Suisse*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 326 p.
- HOCHSCHULE FÜR TECHNIK RAPPERSWIL, SERVICE ROMAND VULGARISATION AGRICOLE 2002 : *Boîte à outils « Conception évolutive du paysage (CEP) »*. 146 p.
- HOLZGANG O., PFISTER H.P., HEYNEN D., BLANT M., RIGHETTI A., BERTHOUD G., MARCHESI P., MADDALENA T., WENDELSPIESS M., DÄNDLIKER G., MOLLET P., BORNHAUSER-SIEBER U. 2001 : *Les corridors faunistiques en Suisse*. Cahier de l'environnement N° 326. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 120 p.
- JAEGER J. A. G. 2002 : *Landschaftszerschneidung. Eine transdisziplinäre Studie gemäss dem Konzept der Umweltgefährdung*. Eugen Ulmer, Stuttgart. 447 p.
- JONGMAN R.H.G. 1995a : *Nature Conservation Planning in Europe : Developing Ecological Networks*. *Landscape and Urban Planning*. 32 : p. 169–183.
- JONGMAN R.H.G. 1995B : *Ecological networks in Europe, congruent developments*. *Landscape special issue* 12(3) : 123–130.
- KLIJN J.A., VAN OPSTAL A.J.F.M., BOUWMA I.M. 2003 : *The indicative Map of Pan-European Ecological Network*. ECNC, Tilburg. The Netherlands / Budapest Hungary.
- LEVINS R. 1970 : *Extinctions. In: Some mathematical questions in biology*. Lectures on mathematics in the Life Sciences. Am Soc, Providence. Rhode Island. Vol 2 : 77–107.
- MACARTHUR R.H., WILSON E.O. 1967 : *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton. 386 p.
- OFEFP 1997 : *Conception « Paysage Suisse » CPS*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage / Office fédéral de l'aménagement du territoire, Berne. 160 p.

- OFEFP 1999 : *Conception « Paysage Suisse ». Condensé*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage / Office fédéral de l'aménagement du territoire, Berne. 60 p.
- OFEFP 2003 : *Paysage 2020. Commentaires et programmes*. Synthèse réalisées pour les principes directeurs « Nature et Paysage » de l'OFEFP. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 96 p.
- OFEFP 2003 : *Une vision pour l'interconnexion des espaces vitaux en Suisse*. L'OFEFP informe. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 12 p.
- OFEFP 2004 : *Programme forestier suisse*. Cahier de l'environnement n° 363. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 284 p.
- OGGIER P., BONNARD L., RIGHETTI A. 2001 : *Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen. COST 341*. Schriftenreihe Umwelt Nr. 332. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft ; Bundesamt für Raumentwicklung ; Bundesamt für Verkehr ; Bundesamt für Strassen. Directive du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC), Berne. 102 p.
- OPPERMANN R., GUJER H. U. 2003 : *Artenreiches Grünland, bewerten und fördern – MEKA und ÖQV in der Praxis*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart. 199 p.
- PRESTON F.W. 1960 : *Time and space and the variation of species*. Ecology 41 : 611–627.
- ROBINSON G.R., QUINN J.F. 1992 : *Habitat fragmentation, species diversity, extinction and design of nature reserves*. In : Jain S.K., LW. Botsford (eds). Applied population biology Kluwer, Dordrech, pp. 223–248.
- SVW, ASPO, LBL et SRVA, 2002 : *Projet de mise en réseau à la portée de tous. Un guide pour la mise en œuvre de l'Ordonnance sur la qualité écologique (OQE)*. Station ornithologique suisse, Sempach, Association suisse pour la protection des oiseaux – BirdLife Suisse, Service romand de vulgarisation agricole et Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau. SRVA, Lausanne. 109 p.

4 Glossaire

Connectivité

Paramètre de la fonction du paysage qui mesure quantitativement les processus par lesquels les sous-populations des organismes sont reliées ensemble dans une unité démographique fonctionnelle. Le degré de connectivité d'un secteur de paysage est obtenu en mesurant la distance parcourue lors de la dispersion d'un animal fictif. Celui-ci se déplace à partir d'une zone nodale dans un paysage – transposé sur une grille hectométrique – qui offre plus ou moins de résistance en fonction du milieu.

Continuum

Ensemble des milieux favorables à un groupe écologique et composé de plusieurs éléments continus (sans interruption physique), y compris des zones marginales appartenant à d'autres continums ou simplement accessibles pour des activités temporaires. Il inclut par conséquent :

- une ou plusieurs zones nodales,
- des zones d'extension de moindre qualité que les zones nodales mais correspondant au même type générique de milieu, et
- des marges complémentaires partiellement ou temporairement utilisées par la faune caractéristique du continuum, mais d'un autre type de milieu. Cette enveloppe externe est importante comme zone de gagnage et de déplacement pour l'ensemble de la faune caractéristique du continuum. L'utilisation de cette marge complémentaire dépend de la capacité des animaux à s'éloigner des zones de lisières ou des zones refuges. Cette marge de continuum est très polyvalente. Elle sert notamment de corridor pour de nombreuses espèces généralistes, mais également pour quelques espèces spécialisées, au cours de leur phase de dispersion.

La désignation systématique de **continums organisés en réseaux spécifiques** plus ou moins indépendants est une originalité de la démarche d'élaboration du REN. On a distingué cinq types de continums élémentaires, dont la combinaison forme le réseau écologique national.

Corridor

Liaison fonctionnelle entre écosystèmes ou entre différents habitats d'une espèce, permettant sa dispersion et sa migration. Ceci a pour résultat un effet favorable non seulement sur la génétique, mais aussi bien sur l'espèce elle-même et sur d'autres interactions au niveau de la population. Les corridors sont souvent classés en trois types selon leur signature : liés à une structure linéaire, à la présence d'ilôts-refuges (« stepping stones ») ou à la matrice paysagère. La terminologie des corridors, fortement variable et contradictoire, est employée dans divers contextes (Bucek et al. 1996 ; Bennett 1999).

Synonymes : corridor d'habitats, corridor de dispersion, corridor de déplacement, corridor de faune, corridor écologique ou couloir biologique, bio-corridor, liaison paysagère, coulée verte, etc.

Éco-stabilisation

Système d'aménagement territorial soutenant la stabilité écologique du paysage en réaction à la planification économique en Europe centrale et de l'Est, développées au début des années 80. L'approche se fonde sur l'idée d'un paysage polarisé, d'abord suggérée en 1974 par le géographe russe Rodoman. Ce concept accepte l'utilisation intensive de la terre mais propose une répartition du territoire en zones de paysage fonctionnelles, comprenant des secteurs et des éléments de zones naturelles à l'opposé de l'utilisation intensive de la terre. Les principes de planification dérivés de ce concept étaient, d'une part, une délimitation stricte des zones naturelles, des zones de restauration de la nature et des zones de récréation unies dans un système logique. D'autre part, des secteurs ont été choisis pour l'agriculture, l'industrie et le développement urbain. Le concept de Rodoman a été développé pour soutenir une planification écologique pratique dans les États d'Europe orientale et centrale, vers la fin des années 70 et au commencement des années 80. Il était basé sur la coopération entre les géographes, les écologistes et les planificateurs territoriaux (Bucek et al. 1996). Il en a découlé des concepts tels que « l'armature naturelle », « l'épine dorsale naturelle », « les secteurs compensatoires écologiques » et « les fonctions éco-stabilisantes ».

Effet de lisière

Un effet supplémentaire, distinct des flux spatiaux, apparaît parce que les « lisières » ont souvent des caractéristiques propres aux frontières physiques entre habitats. Les lisières peuvent également avoir des influences importantes sur la dynamique écologique d'un habitat fragmenté. On peut supposer que les lisières sont limitées abruptement, mais dans la réalité il y a souvent d'amples gradients de transformation de l'habitat originel, appelés effets de bordure, qui sont perçus significativement par les espèces présentes dans les fragments d'habitats. La complexité de la structure physique des lisières affecte fortement le degré de pénétration des fragments par des éléments de la matrice environnante.

Ainsi, les analyses du contexte paysager constituent une étape indispensable et cruciale pour une meilleure compréhension de la façon dont la fragmentation des habitats affecte les communautés écologiques et dont les réseaux écologiques s'organisent.

En corollaire à l'effet de lisière, on observe un effet d'organisation des flux, qui crée une augmentation hautement significative des probabilités de contact avec une espèce donnée lorsqu'on se trouve à proximité d'une lisière entre habitats ou d'un obstacle physique. Ce phénomène majeur des modifications fonctionnelles du paysage est utilisé dans la logique de l'information dans les systèmes organisés (Atlan 1974 ; Berdoulay & Phipps 1985). Ce mécanisme est largement mis à profit par les prédateurs dans leur technique de chasse, mais il est également à l'origine de nombreux corridors de dispersion dans les paysages transformés.

Effets de dispersion

La fragmentation implique habituellement des modifications des stratégies spécifiques de dispersion, dans les fragments du paysage original :

1. Dans les surfaces résiduelles, la colonisation peut compenser les pertes continues dues au déclin et à l'extinction locale de populations. Plus un paysage est fragmenté, plus la distance moyenne entre les fragments d'habitats sera grande, ce qui diminue

le taux de recolonisation sur les surfaces récemment abandonnées et entraîne des densités plus faibles sur les surfaces occupées. Cette dispersion considérablement réduite peut mener régionalement à un risque élevé d'extinction. Ce risque peut être partiellement compensé par des réseaux de corridors.

2. Notons également que, selon la théorie des îles (MacArthur et Wilson 1967 ; Brown & Kodric-Brown 1977), la dispersion est plus importante vers les plus grandes surfaces parce que ces dernières constituent de plus grandes « cibles », facilitant de ce fait leur recolonisation après l'extinction.
3. La plupart des espèces se dispersent pendant leur cycle de vie. Les habitats non fragmentés se composent souvent d'une mosaïque d'éléments paysagers hétérogènes, qui diffèrent notamment par leurs aspects qualitatifs et quantitatifs. La dispersion perturbée par la fragmentation ne permet plus aux espèces d'exploiter de manière optimale la variabilité spatio-temporelle des habitats « en rétablissant la moyenne » à travers des conditions locales particulières. La fragmentation perturbe ainsi un des mécanismes essentiels de la stabilisation spatiale des populations.

Effets de l'hétérogénéité du paysage.

Les fragments d'habitats ne doivent pas être considérés comme des îles, mais constituent au contraire les éléments d'un type d'habitat incorporés dans divers ensembles d'habitats alternatifs. Étant donné que l'organisation sociale est modifiée et que les individus se dispersent asymétriquement dans les paysages hétérogènes, les fragments d'habitats et la matrice paysagère environnante constituent obligatoirement des facteurs liés. Dans ce cas, les conséquences sur les flux d'échanges entre des habitats séparés sont les suivantes :

1. Par exemple, dans la relation source-puits, l'abondance dans un habitat puits reflète le plus souvent la productivité des habitats sources. En effet, les habitats à productivité élevée sont susceptibles d'exporter des aliments, des matériaux et des organisations vers des habitats moins productifs. Comparées aux espèces spécialistes, les espèces généralistes peuvent persister avec une abondance supérieure dans chaque type d'habitat qu'elles utilisent, en étant favorisées par la variabilité temporelle locale de la ressource ou de l'abondance des prédateurs. Au cours de leur dispersion à travers des habitats défavorables, les espèces généralistes perdent généralement moins d'individus. **En règle générale, les généralistes sont moins sensibles à la fragmentation que les spécialistes. Par ailleurs, la structure du paysage influence le flux de dispersion entre les éléments d'habitats (Debinski et al. 2002).** Ce dernier effet a notamment été documenté d'une façon convaincante pour une grande variété de taxa dans la dynamique biologique de fragmentation de forêt en Amazonie centrale (Gascon et al. 1999).
2. Après fragmentation des habitats, on observe toujours une invasion d'espèces « exotiques ». Par exemple, Harrison et Bruna (1999) ont prouvé que les ensembles naturels de petites surfaces d'habitats sont enrichis par le « débordement » de la communauté environnante, tout en perdant quelques espèces spécialistes présentes dans les grandes étendues d'habitats primaires. Ainsi, les espèces aviennes forestières sont plus menacées sur de petits fragments en raison d'un afflux d'espèces généralistes prédatrices provenant de la matrice environnante (Fahrig & Merriam 1994).

Effets de secteur

1. L'effet fondamental de la fragmentation est de réduire en plusieurs secteurs une entité spatiale intacte d'un habitat particulier, entraînant inévitablement une diminution de sa diversité biologique.
2. En considérant que chaque portion de paysage est formée d'un ensemble d'habitats, la réduction de surface du secteur conduit presque toujours à abaisser la diversité d'habitats présents dans le paysage initial. En effet, dans les plus petits fragments, quelques habitats peuvent se raréfier ou même disparaître. Cette transformation affecte non seulement les espèces spécialistes (souvent rares), mais également certaines espèces généralistes, dont les quelques habitats prioritaires ont disparu. C'est notamment le cas des batraciens dont les mares superficielles ont disparu du secteur originel. Pour les espèces ayant une densité fixée par la taille du territoire, la réduction de la taille du secteur implique une diminution de la population. Une population réduite accroît son risque d'extinction, même dans un environnement favorable dans lequel l'espèce devrait normalement persister.

Effets d'interactions spécifiques et de chaînes alimentaires

Le dernier domaine des théories écologiques sur la fragmentation concerne les analyses de la dynamique des chaînes alimentaires et des interactions multispécifiques. C'est une observation banale de constater que des interactions existent entre toutes les espèces incorporées dans un réseau et que, de plus, ces interactions peuvent avoir un important effet de cascade sur l'ensemble de la dynamique d'une communauté ou d'une chaîne alimentaire.

Guilde

Désigne un groupe d'espèces animales écologiquement voisines qui occupent un même habitat dont elles exploitent en commun les ressources disponibles. Dans le REN, la notion de **guilde-clé** se rapporte à un groupe d'espèces choisies pour leur valeur bioindicatrice ou pour leur valeur emblématique permettant d'illustrer les notions de réseaux écologiques. Ainsi, de nombreux insectes servent de bioindicateurs pour la qualité des habitats (cf. Annexe 1), alors que les ongulés et les oiseaux servent d'indicateurs pour caractériser les fonctions des réseaux.

Habitat-refuge

Espace naturel ou artificiel offrant une structure d'accueil temporaire pour la faune en déplacement. Il s'agit souvent de micro-habitats résiduels situés dans un corridor biologique.

Synonymes : îlot-refuge, biotope-relais (« stepping stones »).

Exemples : bosquets, étangs, talus herbeux dans une zone d'agriculture intensive.

Métapopulation

Population occupant un ensemble d'habitats plus ou moins dispersés, formée de plusieurs sous-populations qui s'éteignent et recolonisent localement.

Modes de déplacement

Plusieurs types sont connus et doivent être pris en compte dans un réseau écologique :

- a) Des **déplacements terrestres**, passifs pour la flore (dissémination zoochore), actifs et passifs pour la faune, parmi lesquels on distingue généralement trois modes de déplacement fonctionnant à différentes échelles :
- Un mode propre à la faune ayant une mobilité limitée et strictement restreinte à des habitats continus le long des lisières forestières, haies, talus ou berges de cours d'eau (cas des micromammifères et de nombreux insectes).
 - Un mode propre à la faune ayant des déplacements lents et utilisant des substrats et des structures favorables pour de courts cheminements lui permettant de rejoindre ses divers milieux vitaux (cas des batraciens, des reptiles, de certains mammifères et de nombreux insectes).
 - Un mode propre à la faune ayant des déplacements rapides souvent à découvert et sur de longues distances mais utilisant toujours de manière optimale les structures refuges existantes.
- b) Des **déplacements aquatiques** pour de nombreuses espèces aquatiques ou espèces d'amphibiens, mais également du transport involontaire d'espèces de la flore et de la faune terrestres, lors de chutes dans les cours d'eau ou par le ruissellement de surface en cas de pluies. Ainsi, le réseau hydrographique régional est prédéterminé pour jouer le rôle d'infrastructure naturelle de dispersion des espèces, donc de corridor biologique. Ce rôle essentiel des cours d'eau dans le fonctionnement des réseaux écologiques, dans tout paysage transformé par les activités humaines, justifie à lui seul le **maintien d'espaces de liberté suffisants** pour le développement de cours naturels bordés de leur végétation naturelle.
- c) Des **déplacements aériens** propres aux oiseaux, aux chauves-souris et à de nombreux arthropodes nécessitant des éléments de guidage visuel ou des gîtes d'étapes permettant le repos et l'alimentation. Ces espèces utilisent donc largement les structures de réseaux définies *a priori* pour la faune terrestre. Elles peuvent toutefois atteindre plus facilement des sites isolés sans connexion autre que par voie aérienne. Le réseau aérien, bien qu'apparemment différent des réseaux terrestres et aquatiques, présente de nombreuses similitudes en termes d'obstacles ou de fils conducteurs présents dans les paysages. Ainsi, pour les espèces à déplacement actif, la plus courte distance entre les habitats définit souvent la meilleure voie de déplacement, car de nombreuses zones terrestres ou aquatiques isolées restent généralement accessibles aux espèces se déplaçant par voie aérienne. Ces zones isolées (dortoirs, gîtes d'étapes, sites de reproduction ou de gagnage) occupent une place particulière dans les réseaux écologiques dans la mesure où elles ont une fonction parfois importante même en étant souvent déconnectées (hors continuum du point de vue cartographique) des autres habitats complémentaires.
- Il ne faut non plus oublier le transport passif par le vent (anémochorie) qui joue un rôle très important pour de nombreux insectes et les graines de certaines plantes. Ce mode de dispersion est régi par d'autres règles (courants aériens, vents dominants) liées aux climats locaux et régionaux, mais forme également des systèmes en réseaux modélisables et prévisibles. Ainsi, la création d'une tranchée forestière ou d'une surface bitumée modifie fortement les dispersions aériennes locales de nombreux arthropodes.

Propagules

Éléments de la biocénose (faune et flore) soumis à des mécanismes de dispersion.

Réseau de connexion (en anglais : Connectedness)

Qualité des liens entre les éléments cartographiables de la structure spatiale d'un paysage.

Sténoèce (*sten*, grec pour étroit)

Désignation pour les êtres vivants qui supportent mal les fluctuations des facteurs environnementaux vitaux. Lors de leur spécialisation, leur survie est liée à certains habitats.

Zone nodale

Secteur dans lequel les espèces ou les écosystèmes principaux sont présents et où leurs conditions vitales sont réunies.

Synonymes : zone réservoir, zone-source, secteur-noyau, bio-centre (Bucek et al. 1996 ; IUCN 1996), zone à haute biodiversité, « hot spot ».

Zone-tampon

Espace situé autour des zones nodales ou des corridors pour les préserver des influences négatives des environs. Une certaine activité humaine est implicitement autorisée dans les zones-tampon, voire souhaitable lorsqu'il s'agit de maintenir une exploitation traditionnelle des milieux.