

Fragmentation du paysage dans les espaces périurbains

Que savons-nous de ses effets sur la nature et sur l'homme?

Manuela Di Giulio, Silvia Tobias, Rolf Holderegger

Quatre-vingts pour cent des Européens vivent aujourd'hui dans les villes. Ces 40 dernières années, la population urbaine a augmenté deux fois plus que la population rurale. Plus encore que le nombre de citoyens, c'est la surface accueillant villes et agglomérations qui s'est accrue. Entre 1980 et 2000, la

population urbaine a progressé de six pour cent, la zone urbaine de vingt pour cent, les zones d'habitation s'étant particulièrement étendues. En résulte une fragmentation croissante du paysage (Fig. 1. Bibliographie 1, 2). Or, même si les espaces périurbains occupent de larges surfaces et représentent aujourd'hui le paysage quotidien de la plupart des Européens et Européennes, ils ne sont quasiment pas étudiés du point de vue de la fragmentation du paysage, que la perspective soit écologique ou sociologique (3, 4).

Dans les espaces périurbains, les paysages sont utilisés de façon intensive et remplissent de nombreuses fonctions, par exemple celle de loisirs de proximité pour la population urbaine, ou encore de production agricole et forestière. En parallèle, une forte menace pèse sur la biodiversité car de nombreux habitats proches de l'état naturel sont cantonnés sur de petites surfaces (1, 5). Une évolution «interne» est de ce fait nécessaire afin de revaloriser ces paysages pour la nature et pour l'homme. La présente Notice précise l'état des connaissances sur les conséquences de la fragmentation du paysage dans les espaces périurbains, d'un point de vue écologique et sociologique. Elle démontre en quoi les objectifs écologiques et sociétaux en matière de structuration du paysage se complètent ou se contredisent. En est alors déduite la façon dont les besoins de la société et de la nature peuvent être pris en considération dans l'évolution du paysage des espaces périurbains.

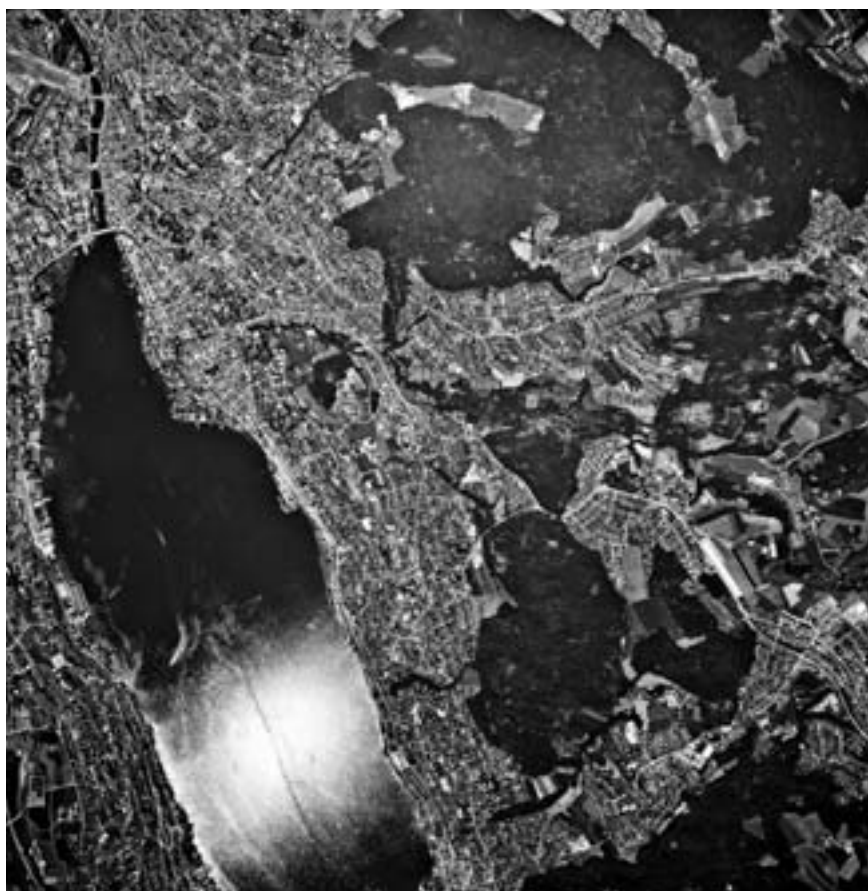


Fig. 1. Zurich et la partie nord du Lac de Zurich. En 2000, une commune suisse sur trois et 5,3 millions d'habitants étaient recensés dans l'espace urbain. L'agglomération de Zurich à elle seule comptait plus de 1 million d'habitants. Vues des airs, les communes ne sont plus séparées par des limites nettes: l'espace urbain s'étend et gagne de la surface.

(Photo: Vue aérienne de l'Office fédéral de la topographie en date du 8.06.2000, Photothèque Wabern, ligne aérienne 2000245001, photo no 4744).

Conséquences écologiques de la fragmentation paysagère

La fragmentation des habitats est un processus dynamique dont les effets varient selon les espèces, les types de paysages, les échelles spatiales et les régions géographiques (6, 7). Pendant ce processus ont lieu d'une part la réduction de la surface de l'habitat, et, d'autre part, la fragmentation elle-même, par conséquent un morcellement en de petites surfaces isolées. La plupart des études n'ont pas distingué la perte de surface de l'habitat de sa fragmentation, ce qui a donné lieu à des résultats contradictoires. Des recherches récentes démontrent que la perte de surface a plus d'impact que la fragmentation en tant que telle. Cela signifie que pour la capacité de survie de populations végétales et animales, la grandeur de la surface de l'habitat au sein d'un paysage est plus importante, du moins à court terme, que la distance spatiale entre les fragments d'habitats (8, 9, 10).

Suite au processus de fragmentation, les surfaces isolées sont souvent trop petites pour sauvegarder des populations locales. Les espèces incapables de parcourir les distances entre les habitats relictuels sont limitées à un certain nombre d'habitats de trop petite taille (Fig. 2), ce qui réduit à long terme les chances de survie d'une espèce dans une zone. Sont particulièrement concernées les espèces spécialistes aux exigences spécifiques élevées vis-à-vis de l'habitat, tributaires d'habitats proches de l'état naturel (voir l'encadré) (9). La fragmentation se traduit aussi par des modifications physiques, donc par un amoindrissement de la qualité des habitats (7). Ces derniers, dans les espaces périurbains, sont souvent séparés par des routes, des habitations ou des terres agricoles exploitées de façon intensive, autant de barrières qui entraînent l'isolement de populations pour de nombreuses espèces (11, 12).

Fragmentation paysagère par les habitations

L'espace urbain gagne du terrain, faisant disparaître des habitats proches de l'état naturel. L'effet séparatif des habitations est toutefois rarement examiné. Quelques études démontrent que les populations d'espèces animales qui né-

cessitent plusieurs types d'habitats et parcourent de ce fait de plus grandes distances, se retrouvent isolées par des surfaces d'habitation. Il en est ainsi, dans les zones urbaines, pour les grenouilles rouses et les crapauds com-

muns, et l'échange de patrimoine génétique entre ces populations s'en trouve réduit (Fig. 3. 13, 14). Au contraire, les petites espèces sédentaires semblent être peu gênées par les surfaces d'habitation. Ainsi, les populations de

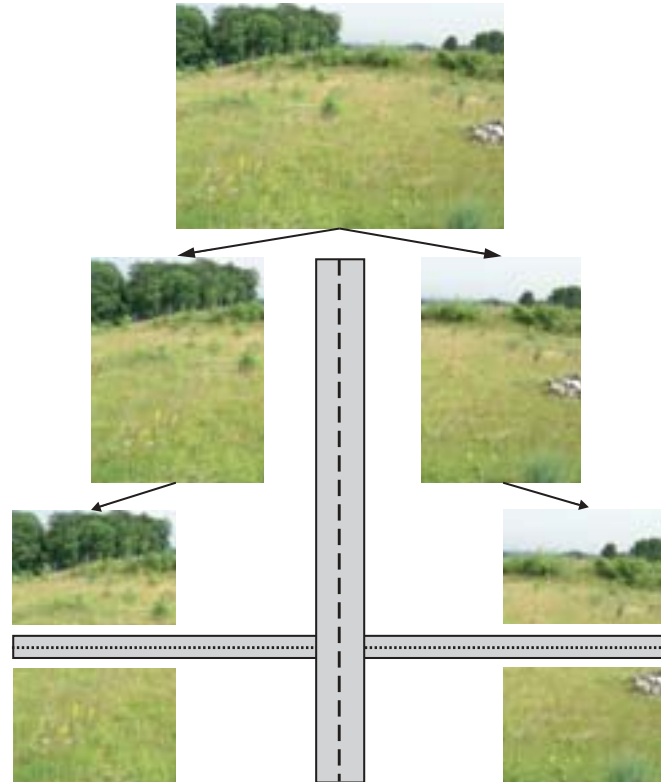


Fig. 2. La fragmentation d'habitats se traduit par de petites surfaces relictuelles que les rues et autres utilisations du territoire isolent en jouant fortement le rôle de barrières. Les espèces spécifiques d'un habitat sont de ce fait cantonnées sur des surfaces trop petites pour des populations capables de survivre à plus long terme. Dans les paysages réels, la fragmentation est avant tout associée à la perte de surface de l'habitat.



Fig. 3. Crapauds communs (*Bufo bufo*) en direction d'un plan d'eau de reproduction. Dans les zones urbaines, les déplacements du crapaud commun sont rendus difficiles à cause de surfaces asphaltées comme les routes et les parkings. Cela constitue un obstacle à l'échange de patrimoine génétique entre populations et conduit à l'isolement génétique de plusieurs d'entre elles (Photo: Albert Krebs, Agasul).

Explication des concepts utilisés

Habitats proches de l'état naturel

Les habitats proches de l'état naturel sont d'une part des habitats exploités de façon extensive comme des prairies et des pâturages, ou encore des vergers à haute tige. Il s'agit d'autre part d'éléments structurels tels des haies, des arbres isolés, du bois mort, des tas de branches et de pierres, et des murs de pierres sèches. Ils revalorisent le paysage et jouent le rôle de structures protectrices pour de nombreux animaux ainsi que de lieux d'hibernation et de ponte.

Espèces cibles

Les espèces cibles servent à définir des objectifs de protection et à vérifier leur succès. Ce sont des espèces menacées que l'on souhaite préserver et promouvoir grâce à des mesures spécifiques. L'objectif de la protection est la conservation et la promotion de l'espèce en tant que telle. Si la conservation ou la revalorisation d'un habitat est prioritaire, on a recours à des espèces emblématiques, caractéristiques de cet habitat.

certaines petits papillons qui vivent sur des chênes ne sont pas séparées par elles. Peu de chênes sont par ailleurs capables de proposer un habitat assez vaste pour ces petits animaux sédentaires (15).

Fragmentation paysagère par les voies de communication

La construction de routes entraîne la disparition d'habitats proches de l'état naturel et le morcellement du paysage. Les effets des routes et de la circulation dépendent de différents facteurs: largeur et qualité de la route par exemple, bruit, mouvements et lumière produits par le trafic, mais aussi comportement des animaux. Les routes divisent le paysage de nombreuses espèces animales parce qu'elles agissent comme une barrière, et que la mort liée à la circulation isole des populations (16, 17).

Effet de séparation

Lorsque les routes jouent le rôle de barrière, elles sont un obstacle à la migration des animaux. Partenaires de reproduction, nourriture ou lieux de nidification deviennent inaccessibles aux individus qui n'arrivent pas à les traverser

(Fig. 4). Cela peut réduire les taux de reproduction et de survie, et menacer la capacité de survie de populations dans leur ensemble. L'effet de barrière touche en particulier les espèces animales qui évitent les routes, nécessitent plusieurs habitats et migrent sur de longues distances. La qualité du revêtement peut à elle seule déjà être un obstacle à la traversée pour des carabidés et autres petits animaux habitués à fouler le sol dans leurs déplacements (18, 19, 20).

Mort liée à la circulation routière

Chaque année, un grand nombre d'animaux meurent fauchés par la circulation (21). Le nombre de ces victimes pris isolément n'est toutefois pas très révélateur car certaines disparitions peuvent aussi s'expliquer par un recul de la population ou le comportement d'évitement des animaux (22). La mortalité liée à la circulation peut menacer les populations de certaines espèces. C'est le cas du blaireau: au Danemark, elle est estimée annuellement à dix pour cent de l'ensemble de sa population; en Grande-Bretagne, le trafic est la cause numéro un de sa disparition (Fig. 5. 23, 24). Plusieurs espèces d'amphibiens courent le même risque. Au niveau local, jusqu'à dix pour cent des adultes peuvent mourir à cause du trafic. Les amphi-

biens, parce qu'ils migrent régulièrement entre habitats d'été et d'hiver, sont particulièrement exposés (25, 26).

Isolement des populations

Les populations cernées par des routes accueillent moins de migrants d'autres populations, ce qui réduit le flux de gènes et accroît le danger de consanguinité. Les petites populations ont une probabilité plus grande de s'éteindre, et les surfaces isolées se repeuplent rare-



Fig. 5. Blaireau (*Meles meles*) devant sa construction. Chaque année, un grand nombre de blaireaux meurent sur les routes. La mortalité liée à la circulation entraîne la fragmentation des populations car celles-ci se retrouvent isolées (Photo: Felix Labhardt, Bâle).



Fig. 4. Autoroute A1 près de Winterthour. Les autoroutes sont autant de barrières pour de nombreuses espèces animales. Clôtures et circulation intense augmentent encore l'effet de séparation des routes.



Fig. 6. Carabidé de l'espèce carabe violet (*Carabus violaceus*). Les autoroutes et les autres routes à grande circulation gênent la migration de cet insecte. L'échange de patrimoine génétique entre des populations qui se trouvent des deux côtés de la chaussée se voit alors interrompu. La diversité génétique à l'intérieur des populations isolées diminue après la construction de la route (Photo: Heiko Bellmann, Lonsee).

ment après l'extinction (27, 28). Chez les petits mammifères, les grenouilles et les carabidés, on a pu prouver que les routes séparent génétiquement les populations et les conduisent à un appauvrissement de leur diversité génétique (Fig. 6. 29, 30, 31).

Quantification de la fragmentation du paysage

Jusqu'à présent, plus de cent mesures ont été mises au point pour quantifier les modèles de paysage. La plupart peuvent être facilement calculées avec des programmes de logiciels. Leur application et leur signification écologique sont au contraire plus complexes et peuvent entraîner des conclusions erronées (32). De nombreuses études décrivent et quantifient les modèles de paysage (p. ex. la longueur de la ligne de lisière autour d'une surface forestière), mais négligent la relation entre modèles et processus écologiques (p. ex. les modifications de la végétation de lisière suite à la modification de la longueur de la ligne de lisière). La présence d'une telle relation est la plupart du temps présumée, mais rarement prouvée. Sans une telle preuve, les mesures sur le paysage se limitent à des chiffres sans signification écologique (33, 34).

Mesures de fragmentation

La plupart des mesures utilisées pour le relevé de la fragmentation du paysage sont en étroite corrélation car elles sont calculées sur la base des mêmes données fondamentales. De plus, elles ne peuvent en aucun cas inventorier la disposition spatiale des surfaces des habitats (35). Celles utilisées dans de nombreuses études pour rendre compte du morcellement du paysage sont plus adaptées à l'inventaire de l'ensemble de la surface de l'habitat qu'à celui de la fragmentation du paysage (36, 37). Depuis quelques années, il existe des mesures spécifiques de fragmentation (p. ex. la largeur effective des mailles m^{eff}) qui, grâce à leurs particularités et à leur grande lisibilité, livrent des résultats plus faciles à interpréter (38). Leur signification écologique est examinée dans de nouveaux travaux (39).

Valeurs seuil

Les effets de la perte de surfaces d'habitat sont plus déterminants que ceux de la fragmentation elle-même (Fig. 2. 9). Les travaux théoriques soulignent qu'il

existe dans la fragmentation du paysage des valeurs critiques, dénommées valeurs seuil. Celles-ci accordent une plus grande importance à la fragmentation en tant que telle qu'à la perte de surface d'habitat dans un paysage. Étant donné que la plupart des études écologiques n'ont pas fait de distinction entre l'une et l'autre, l'existence des valeurs seuil de fragmentation n'a pas encore été prouvée de façon évidente (9).

Les effets de la fragmentation paysagère sur l'homme

Quelle est l'influence de la fragmentation du paysage sur l'homme? Cette question ne fait pas l'objet d'études (Fig. 7). Des répercussions possibles peuvent être déduites de la recherche sur la préférence paysagère. Celle-ci étudie en effet comment l'homme perçoit et évalue les paysages.

Dans l'état actuel des connaissances, il existe une variante biologique et une variante culturelle pour caractériser l'expérience du paysage (40). La variante biologique comporte deux appro-



Fig. 7. Écoliers en train de planter de jeunes arbres sur la couverture de l'autoroute A3 à Zurich-Wollishofen. La couverture sert d'espace de loisirs de proximité pour la population locale, mais aussi de passage à faune pour les animaux qui veulent gagner la forêt d'Entlisberg. On ignore l'impact que de telles mesures décisionnelles ont sur l'aspect et l'expérience du paysage (Photo: Ulrich Ammann, Grün Stadt Zürich).

ches fondamentales qui expliquent pourquoi l'homme préfère certains types de paysage. La première suppose que, de par son évolution, l'homme hérite d'une préférence pour les paysages proches de l'état naturel (41). La seconde souligne que ces paysages exercent un effet relaxant sur lui (42). La variante biologique d'expérience du paysage permet de décrire les caractéristiques générales des paysages privilégiés par l'homme. Ainsi, lorsqu'un paysage offre un mélange équilibré entre espaces ouverts et peuplements, qu'il est diversifié et qu'il existe un lien clair entre ses éléments (p. ex. des haies, des arbres, des surfaces cultivées), il plaira à la plupart des gens. La présence d'eau est alors primordiale (43, 44).

Les paysages, mais également certains de leurs éléments, peuvent avoir une signification culturelle et être porteurs de symboles, tels les églises ou les châteaux forts, ou encore des compo-

santes naturelles comme des arbres isolés (p. ex. les tilleuls du village). L'aspect du paysage permet ainsi la création et la fixation d'une identité sociétale. Il sert de mémoire externe et rappelle aux habitants leurs expériences personnelles, leurs valeurs et leur sentiment d'appartenance (45, 46). Une relation positive entre la population et son environnement conduit à un attachement au lieu et à une identité du lieu. L'attachement, à son tour, influe sur l'expérience des loisirs puisque les endroits favorisés ont un effet délassant sur l'homme. Détente, repos, bien-être, joie, oubli des soucis et réflexion sur soi sont les sentiments qui lui sont associés. Les lieux préférés sont souvent en relation avec l'eau, la verdure, la nature et d'autres qualités paysagères (47, 48). Dans les sites densément peuplés, la dimension culturelle de l'expérience du paysage est particulièrement importante. En effet, c'est le lien créé par l'homme et son vécu

inscrit dans le paysage qui contribue à la naissance de l'attachement au lieu (40, 43). De nouvelles études démontrent que les paysages urbains qui ne répondent pas aux besoins de la population locale, réduisent l'attachement au lieu et l'identité du lieu (49).

Modifications du paysage

Dans de nombreuses régions d'Europe à forte densité urbaine, les villes s'étendent considérablement à leur périphérie (Fig. 8). On ne dispose que d'un nombre limité d'informations sur les effets de cette évolution sur l'expérience du paysage (50, 4). Les modifications de celui-ci ne sont pas rejetées catégoriquement par la population locale. Elles font partie de l'évolution d'un paysage et sont souvent rattachées à la notion de progrès. Tant qu'elles s'accompagnent d'un avantage – pour soi, pour la société ou pour un groupe donné de



Fig 8. Liestal dans la première moitié du 20ème siècle et en l'an 2000 (52). Depuis 1950, les villes s'étendent considérablement en Suisse. La forte croissance entraîne la modification de l'image du lieu et de la qualité de l'habitat des citoyens (Photo du haut: Karl Lüdin (?), archive photographique Imprimerie Lüdin AG, Liestal; Photo du bas: Karl Martin Tanner, Seltisberg).

population – elles sont en général évaluées positivement. Nombreux sont toutefois ceux qui souhaitent un équilibre entre évolution et préservation. Certains éléments du paysage jouent

un rôle important pour la population locale car ils représentent un symbole et renforcent le lien émotionnel avec le lieu. De tels éléments permettent à l'homme de développer une identité du

lieu et de maintenir une continuité entre le passé et l'avenir. La perte et la modification de ces éléments sont rejetées en majorité car elles conduisent à une rupture entre passé et avenir (51, 4).

Et maintenant?

Éviter des dégâts écologiques

- La proportion et la qualité des habitats sont, du moins à court terme, plus importantes pour la capacité de survie de nombreuses populations animales et végétales que l'agencement spatial des différentes surfaces. La planification paysagère devrait donc adopter des stratégies en vue d'augmenter la proportion et la qualité des habitats au sein du paysage. Lors de la création de nouveaux habitats, leur disposition spatiale s'avère déterminante afin que la flore et la faune puissent les coloniser au plus vite.
- Comme les petites surfaces ont une proportion supérieure de lisières et sont de ce fait davantage victimes de la fragmentation, il est conseillé d'accroître les surfaces des habitats existants ou d'en planifier de nouvelles aussi grandes que possible. L'aire entre les habitats proches de l'état naturel devrait être rendue plus perméable aux animaux. Chaque espèce a des exigences spécifiques quant à la taille et la qualité de la surface d'habitat, c'est pourquoi les espèces et les dimensions cibles doivent être définies avec précision (voir l'encadré p. 3) et les mesures planifiées en conséquence.
- Les routes ont un fort effet de fragmentation sur les populations de nombreux animaux. Dans les espaces périurbains, la densité de ces routes et le volume du trafic sont élevés. Pour maintes espèces, elles morcellent ainsi considérablement le paysage. La planification devrait de ce fait élaborer des stratégies qui atténuent la fragmentation à grande échelle. Une gestion appropriée des axes de transport en fait partie, avec contournement des zones précieuses sur le plan écologique, de même que tunnels sous-terrains et passages à gibier lorsque des biotopes importants peuvent être reliés (Fig. 9).

Surveillance de la fragmentation du paysage

En matière d'observation de l'environnement, la surveillance de la fragmentation du paysage, à l'aide d'indicateurs quantitatifs, est souhaitée. De même, la planification et la projection de grands travaux d'infrastructure, en particulier de voies de communication, exigeraient des modèles pour quantifier la fragmentation du paysage. Toutefois, les mesures en écologie paysagère élaborées à ce jour pour la pratique planificatrice ne peuvent être recommandées pour les raisons suivantes:

- Des mesures simples s'avèrent parfois meilleures que des mesures complexes, parce qu'elles sont faciles à comprendre et à interpréter. La densité des routes inclut par exemple de nombreux effets écologiques liés à ces routes et à la circulation, et imposés aux populations animales; or elle peut être aisément calculée. Les mesures simples

ont néanmoins de grands défauts qui remettent en question leur application et signification écologiques.

- Jusqu'à présent, il n'existe aucune mesure de fragmentation, fondée sur des bases empiriques, qui puisse établir un lien avec les processus écologiques. D'importants travaux de recherche sont nécessaires sur le soutien empirique aux mesures paysagères capables d'inventorier la fragmentation du paysage et de créer un lien avec les processus écologiques.
- Faciles à utiliser et à appliquer, les valeurs seuil peuvent jouer un rôle important pour la sphère politique et la planification. Même si des travaux théoriques indiquent leur présence dans la fragmentation du paysage, il n'existe à ce jour aucun travail empirique pour étayer cette hypothèse. La signification écologique des valeurs seuil peut dès lors être contestée, d'où la nécessité, ici également, de nombreux travaux empiriques.



Fig. 9. Passage à faune au-dessus de la N4 près d'Andelfingen, dans le Weinland zurichois. Les passages à faune atténuent l'effet de barrière des routes et réduisent le nombre d'animaux tués.

Planification et aménagement du paysage pour promouvoir la qualité de vie

– Il n'existe aucune étude qui démontre l'impact de la fragmentation du paysage sur l'homme. Il nous manque par conséquent des bases en recherche sociologique pour présenter des conclusions d'ensemble sur l'effet de fragmentation des routes et autres éléments du paysage sur la population. Les connaissances, d'ordre plutôt général jusqu'à présent, indiquent que la perte de certains éléments, créés par l'homme ou d'origine naturelle, réduisent l'expérience du paysage. Ces résultats concordent avec les

recherches écologiques qui soulignent que la perte d'habitats proches de l'état naturel menace la biodiversité, tandis que les effets de la fragmentation elle-même ne sont pas encore assez clarifiés.

– La transition entre ville et campagne est importante pour l'homme comme pour la nature. Elle est déterminante pour les loisirs car de nombreuses aires de loisirs de proximité et de grands espaces verts se situent à la périphérie de l'habitat urbain. Cette zone de transition est primordiale pour la biodiversité car les communautés de vie se recoupent et se rejoignent le long du tracé entre ville et campagne, et les populations faunis-

tiques et floristiques interagissent de part et d'autre de ce tracé. En vue d'une promotion efficace de la biodiversité régionale, les mesures de réévaluation écologique à l'intérieur et à l'extérieur des zones d'habitation devraient donc être adaptées les unes aux autres. En particulier dans les régions où des terres agricoles exploitées de façon intensive entourent la zone d'habitation, une planification intégrale s'impose, qui englobe la zone d'habitation et la zone agricole. Pour la protection d'espèces sensibles, il est pertinent de délimiter des espaces prioritaires distincts pour l'écologie et pour la pratique des loisirs.

Bibliographie

- 1 EEA (European Environment Agency) 2002: Environmental signals 2002. Copenhagen, EEA. 148 S.
- 2 KASANKO, M.; BARREDO, J.I.; LAVALLE, C.; SAGRIS, V.; GENOVESE, E., 2005: Towards urban unsustainability in Europe? An indicator-based analysis. 45th Congress of the European Regional Science Association. Land use and water management in a sustainable network society. Amsterdam. 1–20.
- 3 NIEMELA, J., 1999: Is there a need for a theory of urban ecology? *Urban Ecosyst.* 3: 57–65.
- 4 SELL, J.L.; ZUBE, E.H., 1986: Perception of and response to environmental change. *J. Archit. Plan. Res.* 3: 33–54.
- 5 STREMLow, M.; ISELIN, G.; KIENAST, F.; KLAY, P.; MAIBACH, M., 2003: *Landschaft 2020 – Analysen und Trends: Grundlagen zum Leitbild des BUWAL für Natur und Landschaft.* Bern, BUWAL. 96 S.
- 6 HAILA, Y., 2002: A conceptual genealogy of fragmentation research: From island biogeography to landscape ecology. *Ecol. Appl.* 12: 321–334.
- 7 HARRISON, S.; BRUNA, E., 1999: Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure? *Ecography* 22: 225–232.
- 8 DEBINSKI, D.M.; HOLT, R.D., 2000: A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conserv. Biol.* 14: 342–355.
- 9 FAHRIG, L., 2003: Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 34: 487–515.
- 10 MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.A., 2002: Comparative evaluation of experimental approaches to the study of habitat fragmentation effects. *Ecol. Appl.* 12: 335–345.
- 11 BAUR, B.; DUELLI, P.; EDWARDS, P.J.; JENNY, M.; KLAUS, G.; KUNZLE, I.; MARTINEZ, S.; PAULI, D.; PETER, K.; SCHMID, B.; SEIDL, I.; SUTER, W., 2004: *Biodiversität in der Schweiz. Zustand, Erhaltung, Perspektiven.* Bern, Haupt. 237 S.
- 12 OGGIER, P.; RIGHETTI, A.; BONNARD, L., 2001: Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen. Bern, BUWAL. 102 S.
- 13 HITCHINGS, S.P.; BEEBEE, T.J.C., 1997: Genetic substructuring as a result of barriers to gene flow in urban *Rana temporaria* (common frog) populations: implications for biodiversity conservation. *Heredity* 79: 117–127.
- 14 HITCHINGS, S.P.; BEEBEE, T.J.C., 1998: Loss of genetic diversity and fitness in Common Toad (*Bufo bufo*) populations isolated by inimical habitat. *J. Evol. Biol.* 11: 269–283.
- 15 RICKMAN, J.K.; CONNOR, E.F., 2003: The effect of urbanization on the quality of remnant habitats for leaf-mining Lepidoptera on *Quercus agrifolia*. *Ecography* 26: 777–787.
- 16 FORMAN, R.T.T.; SPERLING, D.; BISSONNETTE, J.A.; CLEVENGER, A.P.; CUTSHALL, C.D.; DALE, V.H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C.R.; HEANUE, K.; JONES, J.A.; SWANSON, F.J.; TURRENTINE, T.; WINTER, T.C., 2003: *Road ecology.* Washington, Island Press. 481 S.
- 17 JAEGER, J., 2004: Zerschneidung der Landschaft durch Verkehrswege und Siedlungsgebiete. In: KONOLD, W.; BOCKER, R.; HAMPICKE, U. (eds) *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege.* Landsberg, ecomed. 1–36.
- 18 MADER, H.J., 1979: Die Isolationswirkung von Verkehrsstrassen auf Tierpopulationen untersucht am Beispiel von Arthropoden und Kleinsäuger der Waldbiozönose. *Schr.reihe Landsch.pfl. Nat.schutz* 19: 1–130.
- 19 OXLEY, D.J.; FENTON, M.B.; CARMODY, G.R., 1974: The effects of roads on populations of small mammals. *J. Appl. Ecol.* 11: 51–59.
- 20 PFISTER, H.P.; KELLER, V.; RECK, H.; GEORGII, B., 1998: Grünbrücken – ein Beitrag zur Verminderung strassenbedingter Trennwirkungen. *Landschaftstagung 1997 der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen in Erfurt.* Köln, FGSV-Verlag. 96–100.
- 21 VAN DER WEIJDEN, W.J., 1980: The impact of roads on the densities of four bird species in an open field habitat – evidence of a long-distance effect. *Biol. Conserv.* 18: 299–321.
- 22 FAHRIG, L.; PEDLAR, J.H.; POPE, S.E.; TAYLOR, P.D.; WEGNER, J.F., 1995: Effect of road traffic on amphibian density. *Biol. Conserv.* 73: 177–182.
- 23 AARIS-SORENSEN, J., 1995: Road-kills of badgers (*Meles meles*) in Denmark. *Ann. Zool. Fenn.* 32: 31–36.
- 24 CLARKE, P.G.; WHITE, P.C.L.; HARRIS, S., 1998: Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south-west England. *Biol. Conserv.* 86: 117–124.
- 25 CARR, L.W.; FAHRIG, L., 2001: Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility. *Conserv. Biol.* 15: 1071–1078.
- 26 HELS, T.; BUCHWALD, E., 2001: The effect of road kills on amphibian populations. *Biol. Conserv.* 99: 331–340.
- 27 HANSKI, I.; GILPIN, M., 1991: Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biol. J. Linn. Soc.* 42: 3–16.
- 28 KELLER, L.F.; WALLER, D.M., 2002: Inbreeding effects in wild populations. *Trends Ecol. Evol.* 17: 230–241.
- 29 GERLACH, G.; MUSOLF, K., 2000: Fragmentation of landscapes as a cause for genetic subdivision in bank voles. *Conserv. Biol.* 14: 1066–1074.
- 30 KELLER, I.; LARGIADER, C.R., 2003: Recent habitat fragmentation caused by major roads leads to reduction of gene flow and loss of genetic variability in ground beetles. *Proc. R. Soc. Lond. B* 270: 417–423.

- 31 REH, W.; SEITZ, A., 1990: The influence of land use on the genetic structure of populations of the common frog *Rana temporaria*. *Biol. Conserv.* 54: 239–249.
- 32 TURNER, M.G.; GARDNER, R.H.; O'NEILL, R.V., 2001: *Landscape ecology in theory and practice*. New York, Springer. 401 S.
- 33 HOLDEREGGER, R.; GUGERLI, F.; SCHEIDEGGER, C.; TABERLET, P., 2007: Integrating population genetics with landscape ecology to infer spatio-temporal processes. In: KIENAST, F.; GOSH, R.; WILDI, O. (eds) *A changing world: Challenges for landscape research*. Dordrecht, Springer. Im Druck.
- 34 LI, H.; WU, J., 2004: Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecol.* 19: 389–399.
- 35 HARGIS, C.D.; BISSONETTE, J.A.; DAVID, J.L., 1998: The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation. *Landscape Ecol.* 13: 167–186.
- 36 BENDER, D.J.; TISCHENDORF, L.; FAHRIG, L., 2003: Using patch isolation metrics to predict animal movement in binary landscapes. *Landscape Ecol.* 18: 17–39.
- 37 TISCHENDORF, L.; BENDER, D.J.; FAHRIG, L., 2003: Evaluation of patch isolation metrics in mosaic landscapes for specialist vs. generalist dispersers. *Landscape Ecol.* 18: 41–50.
- 38 JAEGER, J.A.G., 2000: Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecol.* 15: 115–130.
- 39 ROEDENBECK, I.A.; KOHLER, W., 2006: Effekte der Landschaftszerschneidung auf die Unfallhäufigkeit und Bestandesdichte von Wildtierpopulationen. *Nat.schutz Landschaftsplan.* 38: 314–322.
- 40 BOURASSA, S.C., 1991: *The aesthetics of landscape*. London, Belhaven. 168 S.
- 41 KAPLAN, R.; KAPLAN, S., 1989: *The experience of nature. A psychological perspective*. Cambridge, Cambridge University Press. 340 S.
- 42 HARTIG, T.; KORPELA, K.; EVANS, G.W.; GARLING, T., 1997: A measure of restorative quality in environments. *Scand. Hous. Plan. Res.* 14: 175–194.
- 43 HUNZIKER, M., 2006: Wahrnehmung und Beurteilung von Landschaftsqualitäten – ein Literaturüberblick. In: TANNER, K.M.; BURGI, M.; COCH, T. (eds) *Landschaftsqualitäten*. Bern, Haupt. 39–56.
- 44 NOHL, W.; NEUMANN, K.-D., 1986: *Landschaftsbildbewertung im Alpenpark Berchtesgaden*. Bonn, UNESCO-Programm Mensch und Biosphäre. 153 S.
- 45 PROSHANSKY, H.M.; FABIAN, A.K.; KAMINOFF, R., 1983: Place-identity: physical world socialization of the self. *J. Environ. Psychol.* 3: 57–83.
- 46 TWIGGER-ROSS, C.L.; UZZELL, D.L., 1996: Place and identity processes. *J. Environ. Psychol.* 16: 205–220.
- 47 KORPELA, K.; HARTIG, T., 1996: Restorative qualities of favorite places. *J. Environ. Psychol.* 16: 221–233.
- 48 KORPELA, K.; HARTIG, T.; KAISER, F.G.; FUHRER, U., 2001: Restorative experience and self-regulation in favorite places. *Environ. Behav.* 33: 572–589.
- 49 BUCHECKER, M.; HUNZIKER, M.; KIENAST, F., 2003: Participatory landscape development: overcoming social barriers to public involvement. *Landscape Urban Plan.* 64: 29–46.
- 50 PALMER, J.F., 2004: Using spatial metrics to predict scenic perception in a changing landscape: Dennis, Massachusetts. *Landscape Urban Plan.* 69: 201–218.
- 51 FELBER RUFER, P., 2006: *Landschaftsveränderung in der Wahrnehmung und Bewertung der Bevölkerung*. Birmensdorf, WSL. 168 S.
- 52 TANNER, K.M., 1999: *Augen-Blicke. Bilder zum Landschaftswandel im Baselbiet*. Basel, Verlag des Kantons Basel-Landschaft. 263 S.

Notice pour le praticien ISSN 1012-6554

Concept

Les résultats de la recherche sont élaborés pour constituer des pôles de savoir et des guides d'action à l'intention des acteurs de la pratique. Cette série s'adresse aux milieux de la foresterie et de la protection de la nature, aux autorités, aux écoles ainsi qu'aux non-initiés.

Les versions allemandes de cette série sont intitulées

Merkblatt für die Praxis ISSN 1422-2876

Les éditions italiennes paraissent occasionnellement dans le périodique

Sherwood, Foreste ed Alberi Oggi.

Pour les dernières parutions, consultez

<http://www.wsl.ch/publications/series/merkblatt/>

Managing Editor

Dr. Ruth Landolt
Institut fédéral de recherches WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
E-mail: ruth.landolt@wsl.ch
www.wsl.ch/publications/

Mise en page:
Jacqueline Annen, WSL

Traduction: Jenny Sigot, WSL

Impression: Gassmann AG