

Zeitschrift: Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 86 (1997)

Artikel: Géomorphologie et études de l'impact sur l'environnement

Autor: Grandgirard, Vincent

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-308755>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Géomorphologie et études de l'impact sur l'environnement

par Vincent GRANDGIRARD,
Institut de Géographie, Université de Fribourg,
Pérolles, CH - 1700 Fribourg (Suisse).

1. Introduction

1.1. *Le constat*

La loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE, art. premier, al. 1) «a pour but de protéger les hommes, les animaux et les plantes, leurs biocénoses et leurs biotopes des atteintes nuisibles ou incommodantes ...». L'impact sur l'environnement consécutif à la construction ou à la modification de certaines installations (désignées par le Conseil fédéral) s'apprécie d'après un rapport établi au terme de l'étude de l'impact sur l'environnement (EIE) (LPE, art. 9). L'EIE est un instrument permettant de déterminer si un projet de construction ou de modification d'une installation répond aux prescriptions fédérales sur la protection de l'environnement au sens large, c'est-à-dire à la LPE, aux dispositions concernant la protection de la nature et du paysage, la protection des eaux, la sauvegarde des forêts, la chasse et la pêche (ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement (OEIE), art. 3, al. 1) ainsi qu'aux exigences de l'aménagement du territoire, lorsque celles-ci ont trait à la protection de l'environnement (OEIE, art. 9, al. 4). Les directives pour l'établissement de rapports d'impact (OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORÊTS ET DU PAYSAGE (OFEFP), 1990) fournissent la liste des différents domaines risquant d'être touchés par l'une ou l'autre des activités liées au projet (Fig. 1).

Curieusement, les composantes géologiques et géomorphologiques, qui forment pourtant le substrat de la vie, sont ignorées dans les textes légaux et dans les prescriptions relatifs à l'EIE. Cette lacune semble exprimer le fait que ces composantes du milieu naturel ne requièrent pas de mesures particulières de protection, soit que leur valeur est jugée nulle ou insignifiante, soit que leur apparente inertie les font considérer comme invulnérables.

La valeur des éléments géologiques et géomorphologiques est pourtant reconnue par les instances fédérales, comme en témoignent plusieurs chapitres de la brochure «Paysages et éléments naturels indispensables à la Vie –

1	Air	5	Paysage
11	Emissions polluantes	51	Zones protégées
12	Immissions	52	Aspect caractéristique du paysage
13	Climat (ventilation, conditions d'inversion), microclimat	53	Aspect caractéristique des localités
2	Eaux	6	Occupation du sol
21	Eaux météoritiques	61	Agriculture
22	Eaux souterraines	62	Sylviculture
23	Eaux de surface	63	Autres types d'occupation du sol
3	Sol	7	Bruit et vibrations
31	Structure du sol	71	Emissions sonores
32	Composition chimique et composition biologique	72	Immissions sonores
33	Diminution de la superficie	73	Vibrations
4	Faune et flore	8	Rayonnement
41	Flore	81	Rayons non ionisants, champs électromagnétiques Rayons ionisants (pas considérés dans le cadre de l'EIE)
42	Faune		
43	Ecosystèmes		

Fig.1: Domaines de l'environnement à considérer dans le cadre d'une EIE en Suisse (d'après OFEFP, 1990)

Suggestions pour l'aménagement du territoire dans les communes», éditée conjointement par l'Office fédéral de l'aménagement du territoire et l'Office fédéral des forêts (SCHWARZE & ZEH, 1984). Les formes du relief y sont considérées comme des constituants du paysage perçu, souvent caractéristiques, qui déterminent l'utilisation possible du territoire. En outre, il est établi que certaines formes mineures du relief ainsi que les affleurements rocheux mis à nu lors de l'exploitation de carrières ou de gravières présentent un grand intérêt scientifique, attendu qu'ils révèlent l'*«histoire géologique»* d'une région. Les auteurs de cette brochure évoquent également les dommages que peuvent subir ces éléments du patrimoine naturel et présentent les instruments de l'aménagement local permettant de les préserver.

Plus récemment, la Conception Paysage Suisse (CPS) (OFEFP, 1996) déclare sans équivoque que «le paysage, c'est un témoin de l'histoire de la Terre. Il documente les centaines de millions d'années d'existence de notre planète et l'évolution de la vie. Les géotopes (chap. 3.1), formations témoignant de manière particulièrement typique de la géologie, de la vie et du climat, sont d'une importance déterminante pour notre compréhension de l'évolution du paysage. Ils représentent un capital scientifique, pédagogique, touristique et écologique considérable. ... Il s'agit de préserver les géotopes des influences susceptibles d'en détériorer la substance, la forme ou l'évolution. ...».

La Fig. 2 rend compte de façon synthétique de la CPS. Parmi les champs d'activité évoqués, la protection des géotopes figure en bonne place, aux côtés de la protection des biotopes, au sein de la rubrique «Patrimoine natu-

Protection de la nature et du paysage

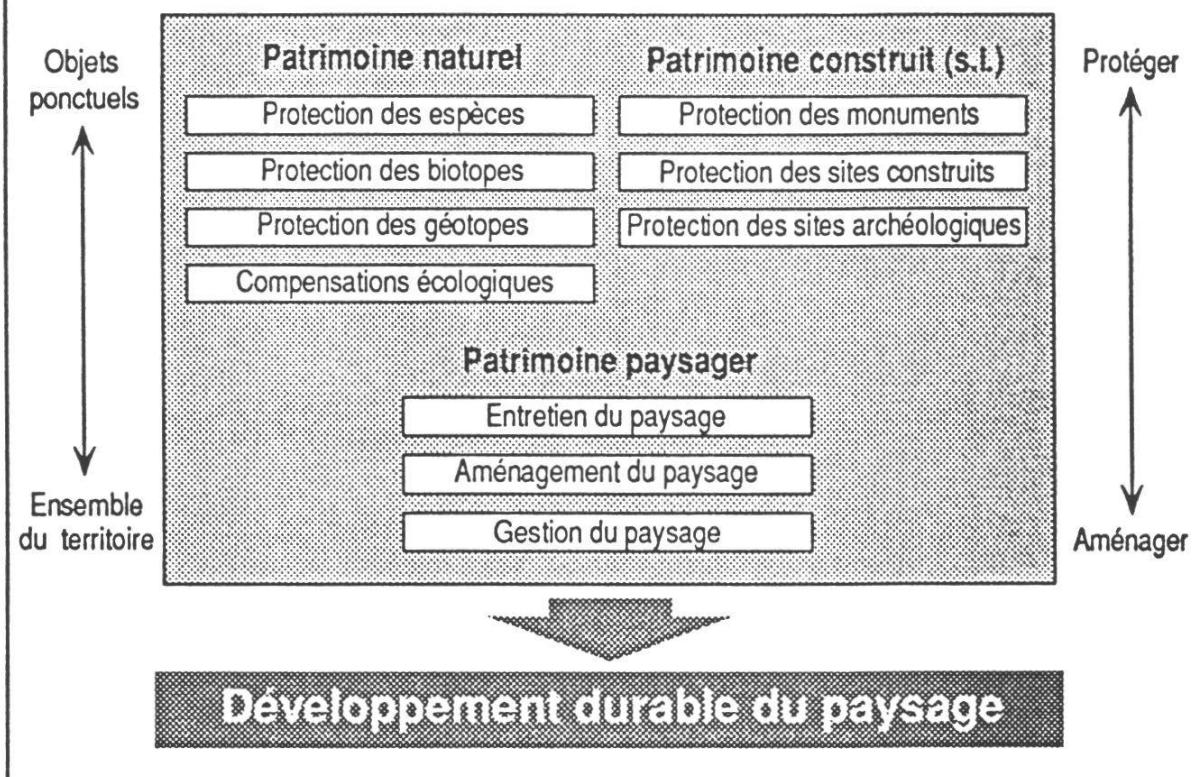


Fig. 2: Conception Paysage Suisse – champs d’activité de la protection de la nature et du paysage en Suisse (d’après OFEFP, 1996)

rel». La CPS stipule en outre que «la protection des géotopes concerne des secteurs de la surface terrestre d’importance géologique ou géomorphologique particulière, dont l’étendue spatiale peut varier».

Enfin, dans ses informations concernant l’EIE, l’OFEFP (1991) émet des recommandations relatives à la manière de traiter les domaines «protection de la nature et du paysage» et «protection du patrimoine» lors de l’élaboration de rapports d’impact. La Fig. 3 présente schématiquement les éléments naturels ou anthropiques du paysage, matériels ou non, susceptibles d’être affectés par un projet. Il apparaît clairement que les aspects géologiques (sous-sol/sol) et géomorphologiques (topographie/géomorphologie) sont également concernés.

La conjonction des éléments du paysage, interdépendants, détermine la façon dont un paysage est perçu, sa valeur en tant que patrimoine et sa fonction en tant qu’espace de récréation (Fig. 4). Les modifications des conditions naturelles pouvant résulter de la réalisation d’un projet peuvent, si on n’y prend pas garde, affecter le cadre de vie de l’homme.

La prise en compte des aspects géologiques et géomorphologiques s’est d’ailleurs avérée indispensable dans le cadre de l’EIE de certains projets importants tels que des centrales électriques (KIENHOLZ ET AL., 1988; GSTEI-

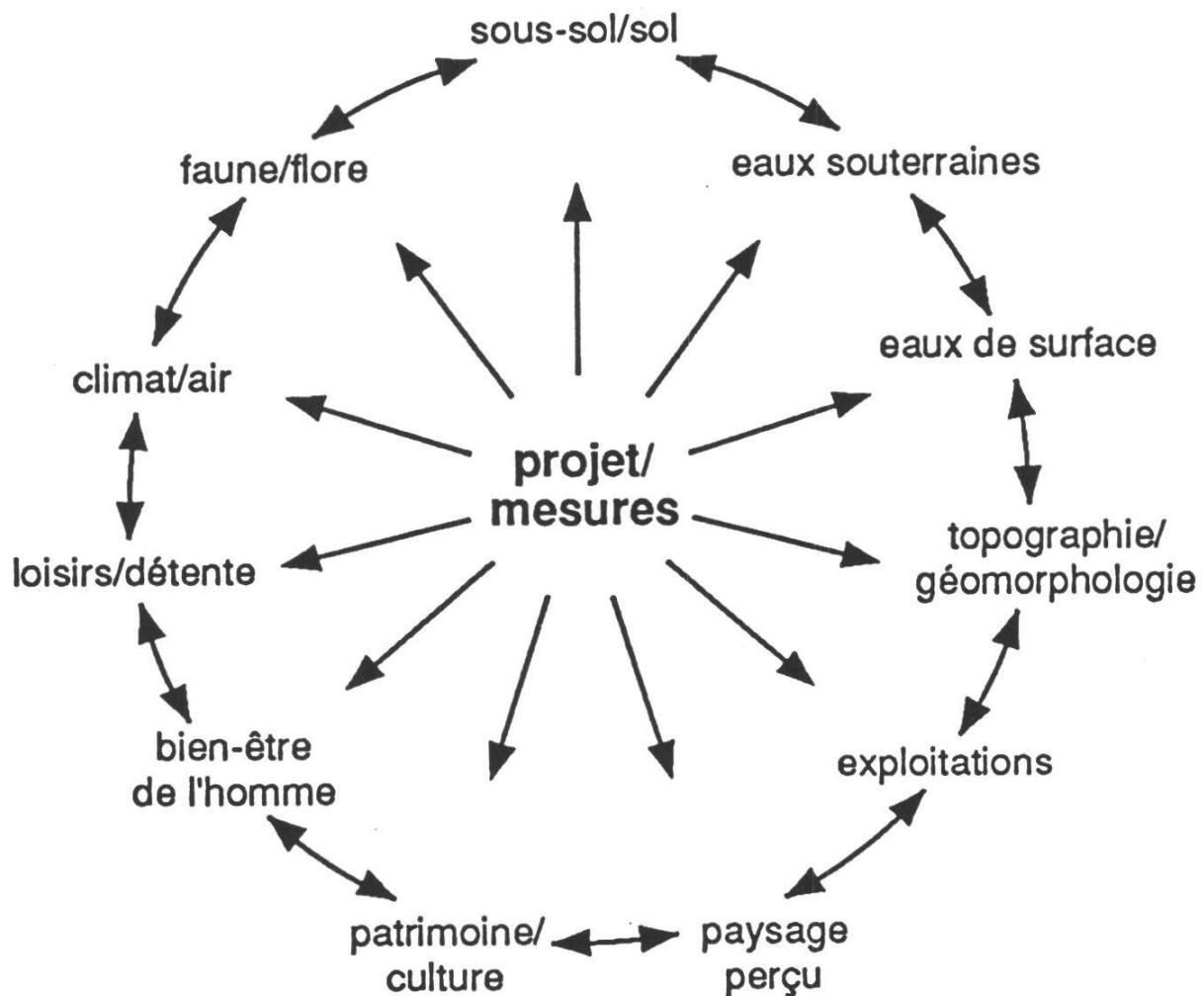


Fig. 3: Incidences d'un projet sur les multiples dimensions du paysage (d'après OFEFP, 1991).

GER, 1995) ou une route nationale (PERRITAZ ET AL., 1993; GRANDGIRARD ET AL., 1994; SPICHER, 1996). Plusieurs auteurs ont en outre contribué à cerner l'utilité de la géomorphologie dans le cadre d'études de ce type (KIENHOLZ ET AL., 1988; MONBARON, 1993).

1.2. La géomorphologie dans la méthodologie de l'EIE

Avant leur réalisation, les projets d'installations soumises à une EIE font l'objet de nombreuses études (Fig. 5). La conduite d'une expertise géomorphologique dans le cadre de l'étude de faisabilité se justifie généralement sans peine, en particulier dans les secteurs manifestant des signes d'activité récente des processus morphogéniques. Par contre, la prise en compte des caractéristiques géomorphologiques dans le cadre de l'EIE ne semble pas aller de soi. Les lignes qui précèdent démontrent cependant que les géomorphologues devraient dans tous les cas être associés à l'EIE.

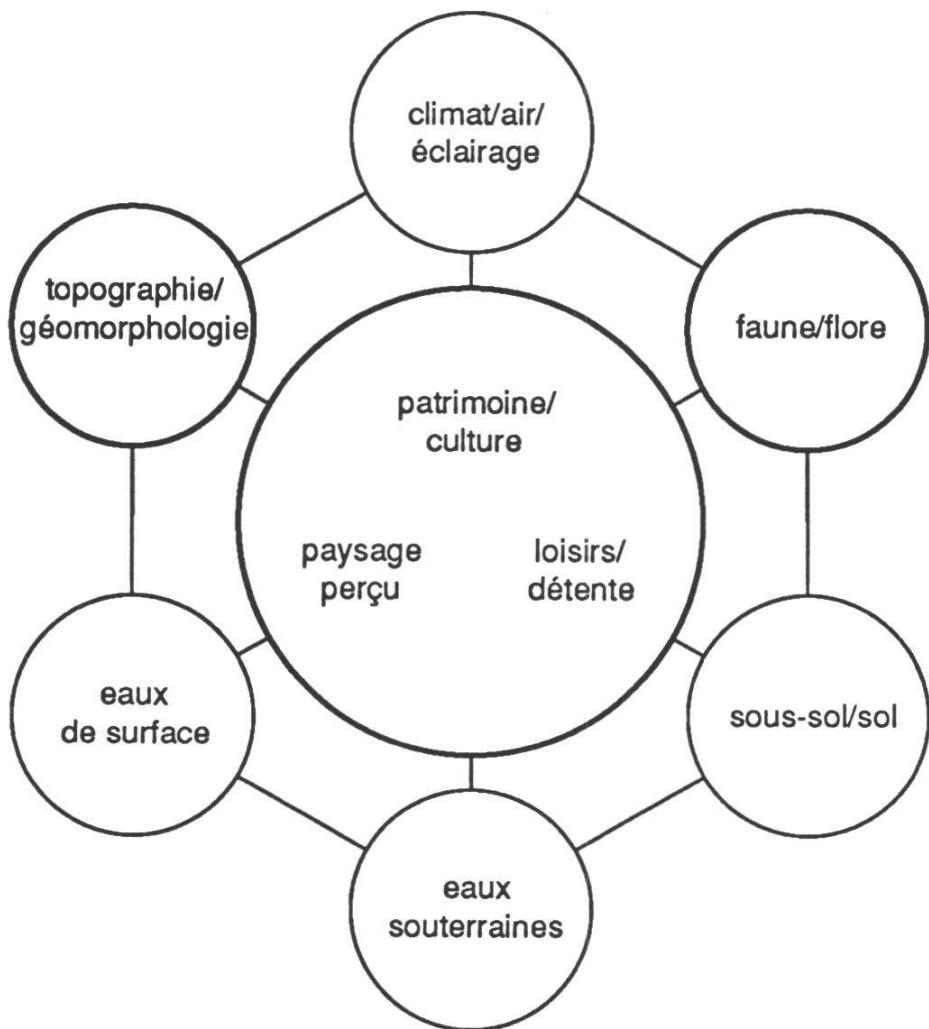


Fig. 4: Les éléments du paysage et leurs relations (d'après OFEFP, 1991). Les cercles représentés en gras mettent en évidence les éléments qui concernent en priorité les domaines «protection de la nature et du paysage» et «protection du patrimoine»

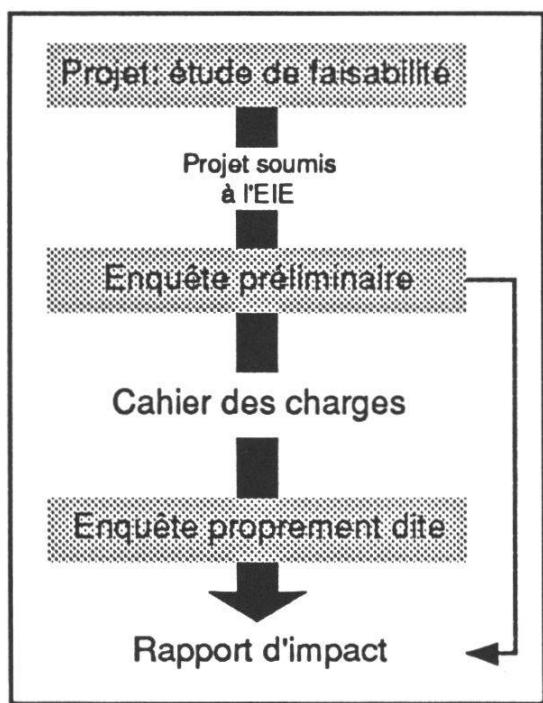


Fig. 5: Etapes suivies entre la conception du projet et la rédaction du rapport d'impact. Les rectangles tramés indiquent les étapes où la participation du géomorphologue est requise

Les impacts générés par un projet peuvent se ranger en trois catégories (Fig. 6):

- «mésologie»: impacts sur les conditions du milieu de vie de la faune, de la flore et de l'homme;
- «occupation du sol»: impacts sur l'espace anthropique, siège des activités humaines (agriculture, sylviculture, habitat, industrie, déplacements, loisirs, etc.);
- «patrimoine»: impacts sur des éléments naturels, construits ou paysagers considérés comme faisant partie du bien commun et méritant des mesures de protection particulières.

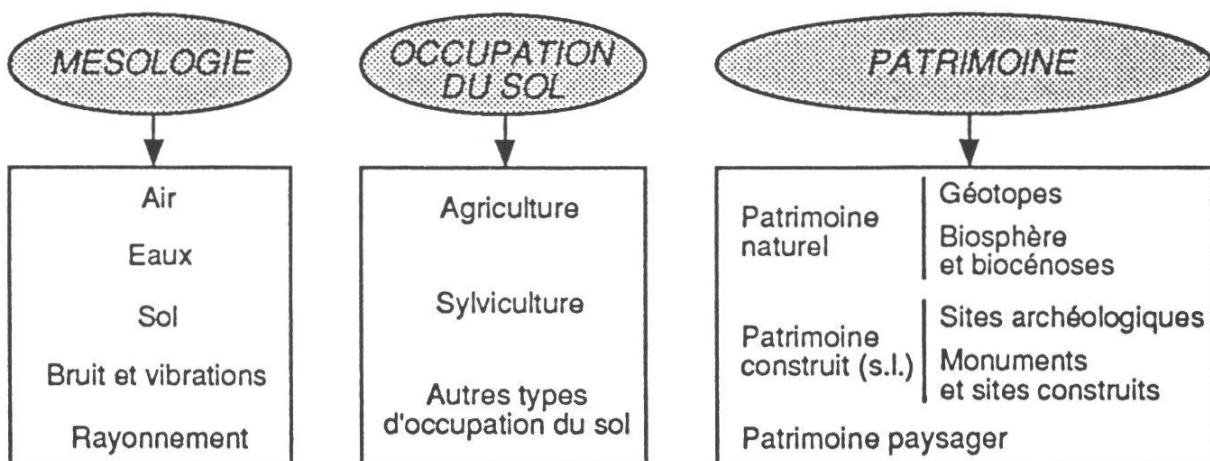


Fig. 6: Catégorisation des impacts générés par un projet (modifié d'après ZACE SERVICES SA, 1995 et 1996)

Dans le cadre d'une EIE, l'expertise géomorphologique permet essentiellement d'apprécier les impacts sur certains aspects du patrimoine naturel (géotopes) et du patrimoine paysager (GRANDGIRARD, 1997 b).

Dans la suite de ce texte, nous allons présenter les modalités de la prise en compte des caractéristiques géomorphologiques dans le cadre de l'étude de faisabilité d'un projet (chap. 2) ainsi que dans le cadre de l'EIE, tant au niveau de l'enquête préliminaire (chap. 3) que de l'enquête proprement dite (chap. 4), lorsque cette dernière est nécessaire. Nous accorderons une attention particulière aux démarches suivies ainsi qu'aux instruments d'analyse utilisés.

2. L'étude de faisabilité

2.1. Le géomorphologue, conseiller de l'ingénieur

La géomorphologie, «étude descriptive et explicative des formes du relief» (FOUCAULT & RAOULT, 1988), se préoccupe d'un des principaux aspects du milieu dans lequel se déroulent les activités humaines. Toute construction doit nécessairement s'adapter aux contraintes de ce milieu, parmi lesquelles figurent souvent les conditions géomorphologiques. En effet, les régions caractérisées par une topographie accidentée ainsi que les zones instables, soumises à des inondations, affaiblies par l'érosion karstique, etc. ne sont pas favorables à l'implantation d'infrastructures ou requièrent de très coûteux aménagements. L'étude de ces problèmes, où l'homme est un des agents de la morphogenèse, est l'objet de la géomorphologie «appliquée» (TRICART, 1962; COQUE, 1988) ou «applicable» (TRICART, 1978), appelée également «géomorphologie environnementale» (COOKE & DOORNKAMP, 1978) et même «ingénierie géomorphologique» (COATES, 1980).

Au vu de ces observations, il est essentiel que le géomorphologue participe à l'étude de faisabilité qui précède la réalisation de projets d'une certaine envergure. A ce stade, le géomorphologue doit être considéré comme un conseiller de l'ingénieur responsable du projet. Sa tâche consiste principalement à collecter toutes les données utiles qui permettront:

- de déterminer l'emplacement optimal de l'installation (choix entre plusieurs variantes);
- de proposer des adaptations du projet de façon à tenir compte de problèmes particuliers existants ou prévisibles (p. ex. risques de crues subites, existence de glissements superficiels);
- de prévoir et de tenir compte des modifications du milieu et de sa dynamique engendrées par l'installation prévue (et par sa construction);
- de planifier le déroulement des travaux.

En outre, le géomorphologue concentre son attention sur les sites sensibles. Dans certains cas, la collaboration avec le géomorphologue se poursuit durant la phase de chantier. Les travaux liés à la construction de l'installation peuvent en effet fournir des données nouvelles pouvant conduire à des modifications du projet en cours d'exécution.

2.2. L'activité du géomorphologue, la carte géomorphologique

Dans le cadre de l'étude de faisabilité, l'activité du géomorphologue se partage entre l'analyse des données existantes (cartes topographiques et géologiques, cartes des dangers naturels, photographies aériennes, études antérieures, etc.), la conduite d'observations directes sur le terrain et l'étude (la mesure) détaillée de certains phénomènes. L'ensemble des données collec-

tées est synthétisé sur une carte géomorphologique. Cette dernière constitue un document de base indispensable pour l'ingénieur chargé de la réalisation du projet.

La zone cartographiée englobe le site de l'installation projetée ainsi que son voisinage plus ou moins étendu, dans la mesure où il est également affecté par le projet.

Le contenu de la carte géomorphologique est dicté par les besoins de l'ingénieur. Dans tous les cas, une attention particulière est portée à la dynamique des reliefs (GUIGO ET AL., 1991). Parmi les nombreux types de cartes géomorphologiques, on priviliege par conséquent les cartes morphogéniques, où l'accent est mis sur la genèse des formes ainsi que sur l'activité des processus qui en régissent l'évolution. Le géomorphologue veille à cartographier en premier lieu les informations utiles à l'action. Il s'efforce de produire un document aussi simple que possible, aisément consultable.

En général, la carte géomorphologique délivre des informations sur (COOKE & DOORNKAMP, 1974; TRICART & KILIAN, 1979; STÜRM, 1983; COQUE, 1988):

- la géométrie des formes du relief: elle est habituellement fournie par la base topographique utilisée comme fond de carte. Cette dernière n'est cependant pas toujours satisfaisante et doit parfois être complétée;
- la nature et la structure des formations superficielles et du substratum sub-affleurant: d'une façon générale, l'accent est mis sur les accumulations sédimentaires, produits de la morphogenèse. Les données géotechniques ne figurent sur la carte que si elles se rattachent à un problème particulier;
- l'activité des processus: le relief se compose de formes actuelles, actives, et de formes reliques, plus ou moins stabilisées. Les informations concernant la dynamique des formes sont précieuses pour l'ingénieur qui doit assurer la stabilité et la sécurité de l'installation. Il convient d'évoquer les difficultés posées par l'étude de cette dynamique. En effet, les processus morphogéniques sont plus ou moins évidents; certains se manifestent clairement tandis que d'autres agissent lentement, sporadiquement ou de façon peu apparente. La mesure des processus implique souvent des observations sur de longues durées, difficilement réalisables dans le cadre d'une étude préliminaire;
- l'âge des formes du relief et des formations superficielles: l'étude de l'agencement et de la constitution des formes permet de mettre en évidence la nature composite du relief, qui associe des morphologies héritées et des formes vives. Les informations relatant la genèse du relief ne présentent guère d'intérêt pour l'ingénieur et ne sont en principe pas reportées sur la carte;
- la nature des formes du relief: l'interprétation des informations recueillies (géométrie des formes, formations superficielles, processus actuels ou anciens) permet d'identifier sans équivoque les formes du relief.

Cette carte est accompagnée d'une notice explicative ainsi que d'un rapport rendant compte des études de détail, des difficultés mises au jour par l'étude géomorphologique et des propositions de mesures permettant d'y remédier.

Les principales conclusions de cette étude géomorphologique, et notamment celles qui concernent les effets secondaires et les mesures intégrées seront présentées dans la description du projet requise par l'EIE (Fig. 9).

3. L'enquête préliminaire

La marche à suivre pour la réalisation d'une EIE est la suivante (OEIE, art 9; Fig. 5): une fois établie l'obligation d'effectuer une EIE, le requérant, c'est-à-dire «quiconque demande un permis de construire ou de modifier une installation», procède à une enquête préliminaire «afin de déterminer l'impact que la réalisation du projet aurait sur l'environnement». S'il apparaît que le projet n'affectera pas sensiblement l'environnement, les résultats de cette enquête tiennent lieu de rapport d'impact. Par contre, s'il est démontré qu'il faut s'attendre à des atteintes non négligeables, le requérant établit un cahier des charges «destiné à faciliter l'établissement du rapport d'impact». Les problèmes qui subsistent au terme de l'enquête préliminaire sont ensuite analysés dans le cadre de l'enquête proprement dite. Les résultats de cette enquête sont exposés dans le rapport d'impact.

Selon les exigences légales (LPE, art. 9, al. 2), «ce rapport décrit notamment:

- a. l'état initial;
- b. le projet, y compris les mesures prévues pour la protection de l'environnement et pour les cas de catastrophes;
- c. les nuisances dont on peut prévoir qu'elles subsisteront;
- d. les mesures qui permettraient de réduire encore davantage ces nuisances, ainsi que leur coût».

L'enquête préliminaire consiste à confronter les informations disponibles concernant le projet avec les exigences légales ainsi qu'avec des documents existants, élaborés dans le cadre d'études antérieures, en vue d'une évaluation sommaire de l'impact causé par l'installation (Fig. 7). Elle porte sur tous les domaines de l'environnement concernés par le projet.

Les domaines où l'intervention du géomorphologue est souhaitable ont trait à la protection du patrimoine naturel (géotopes, chap. 3.1) et du patrimoine paysager (chap. 3.2). La suite de ce chapitre présente quelques concepts fondamentaux avant de décrire les études relevant de la géomorphologie.

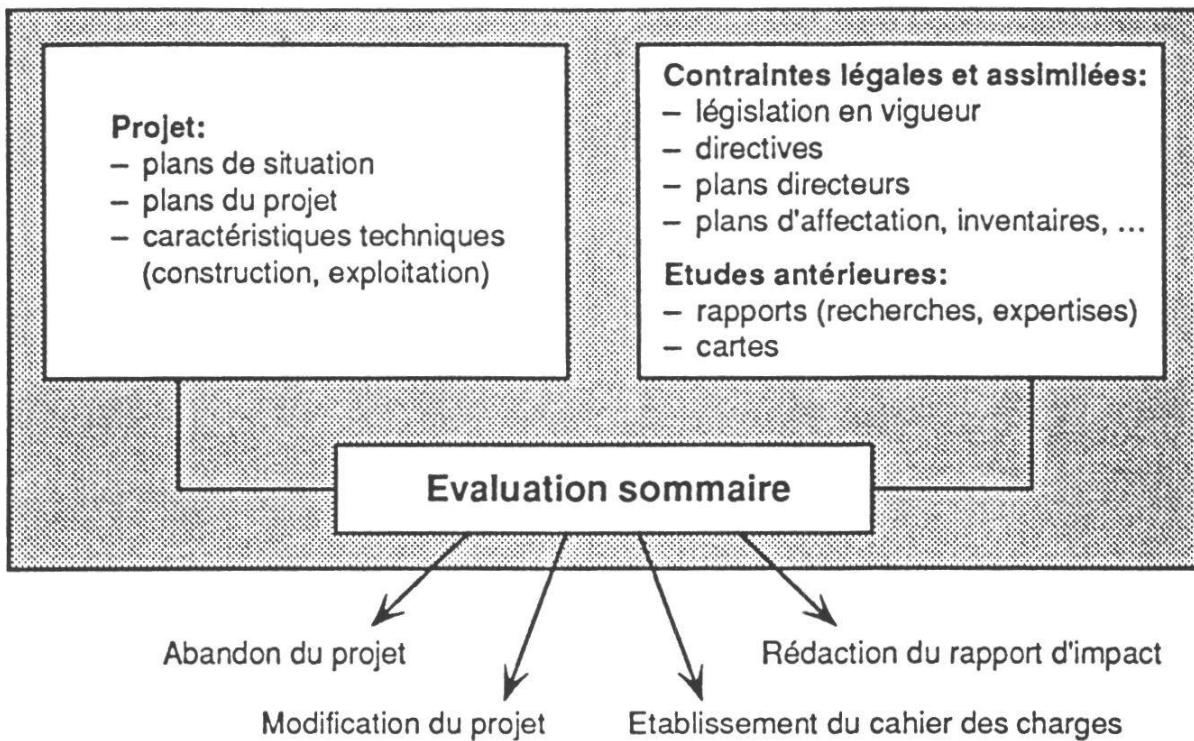


Fig. 7: L'enquête préliminaire: données à considérer et alternatives possibles (d'après OFEFP, 1990 et 1991)

3.1. Le patrimoine naturel, la protection des géotopes

3.1.1. Les géotopes

Le terme de «géotopes» désigne des «portions de la géosphère présentant une importance particulière pour la compréhension de l'histoire de la Terre» (GRANDGIRARD, à paraître). Compte tenu de cette définition, les géotopes géomorphologiques correspondent à des formes du relief, actives ou non, qui délivrent des informations permettant de décrypter l'histoire de la Terre et/ou d'appréhender son évolution actuelle et future.

Les géotopes constituent un aspect essentiel du patrimoine naturel. Leur importance scientifique et pédagogique, mais également paysagère, écologique, culturelle ou historique, leur confère un statut particulier dont tout aménagement doit en principe tenir compte.

La nature intrinsèque des géotopes géomorphologiques en fait un patrimoine limité et non renouvelable. Ces géotopes sont en outre l'objet de nombreuses sollicitations qui menacent leur intégrité et leur fonctionnement. Il convient enfin de préciser que les atteintes causées aux géotopes sont le plus souvent irréversibles.

3.1.2. La protection des géotopes en Suisse

L'état des lieux concernant la protection des géotopes en Suisse est présenté dans un rapport stratégique, édité récemment par le Groupe de travail

pour la protection des géotopes en Suisse (STRASSER & AL., 1995). Bien que la législation fédérale en vigueur ne mentionne pas explicitement la protection des géotopes, certains articles peuvent néanmoins être interprétés dans ce sens, en particulier:

- article 724, al. 1 du code civil suisse (CCS): «Les curiosités naturelles ... qui n'appartiennent à personne et qui offrent un intérêt scientifique considérable deviennent la propriété du canton sur le territoire duquel elles ont été trouvées»;
- article 3, al. 2, lettre d de la loi sur l'aménagement du territoire (LAT): «Le paysage doit être préservé. Il convient notamment: de conserver les sites naturels ...»;
- article 17, al. 1, lettre a de la LAT: «Les zones à protéger comprennent: les paysages ... d'un grand intérêt pour les sciences naturelles ...»;
- article premier, lettre a de la loi sur la protection de la nature et du paysage (LPN): «... la présente loi a pour but: de ménager ... les curiosités naturelles ... du pays».

Les bases légales cantonales de l'aménagement du territoire et de la protection de la nature sont en général suffisantes pour assurer une protection efficace des géotopes. Elles mentionnent parfois clairement la protection de certains objets géologiques et géomorphologiques.

Ces considérations démontrent, si besoin est, la nécessité de protéger les géotopes. Dans le cadre d'une EIE, il convient d'éviter tout impact sur ces «témoins de l'histoire de la Terre», comme les appellent WEGMANN & FIERZ (1997).

3.1.3. Les géotopes géomorphologiques dans l'enquête préliminaire

Lors de l'enquête préliminaire, la tâche première du géomorphologue consiste à collecter et à synthétiser tous les documents «officiels» susceptibles de renfermer des recommandations concernant la protection des géotopes.

Les inventaires des géotopes, lorsqu'ils existent, fournissent les données les plus complètes et les plus utiles. En Suisse, les cantons d'Argovie (BAU-DEPARTEMENT DES KANTONS AARGAU, 1982), de Zürich (KYBURZ, 1983 et KYBURZ ET AL., 1983), de Zug (VOGEL, 1986), de Lucerne (VOGEL, 1995), des Grisons (WEIDMANN, 1994) et de Thurgovie (NAEF, 1997) possèdent un tel inventaire. Des inventaires de géotopes sont actuellement en préparation au niveau national ainsi que dans plusieurs cantons, notamment Fribourg (GRANDGIRARD, à paraître), Neuchâtel et Soleure. Enfin, des inventaires de ce type ont parfois été réalisés pour un district (p. ex. le district saint-gallois de Werdenberg (SCHLEGEL, 1987)) ou pour une commune (p. ex. la commune de Zürich (HIRSCH, 1990) ou la commune neuchâteloise de Gorgier (RIEDER, 1995)).

D'autres documents doivent être pris en compte dans la mesure où ils comprennent des dispositions concernant des sites et paysages méritant protection dont la valeur repose en grande partie sur des critères géomorphologiques. Il s'agit essentiellement des inventaires fédéraux (Fig. 8) et cantonaux, des plans directeurs et des plans sectoriels élaborés par les cantons ainsi que des plans d'affectation communaux.

Inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels d'importance nationale (IFP), 1977.

Inventaire des paysages et des sites naturels d'importance nationale qui méritent protection (Inventaire CPN), 1ère éd. 1963, 5ème éd. 1988.

Inventaire fédéral des hauts-marais et des marais de transition d'importance nationale (Inventaire des hauts-marais), 1991.

Inventaire fédéral des zones alluviales d'importance nationale (Inventaire des zones alluviales), 1992.

Inventaire fédéral des bas-marais d'importance nationale (Inventaire des bas-marais), 1994.

Inventaire des sites marécageux d'une beauté particulière et d'importance nationale (Inventaire des sites marécageux), 1996.

Fig. 8: Protection des géotopes: inventaires fédéraux à considérer dans le cadre de l'enquête préliminaire (Munz et al., 1996). En italique: l'année de l'entrée en vigueur de l'ordonnance concernant l'inventaire

La consultation d'études fondamentales ou appliquées réalisées antérieurement est également requise. Les cartes géomorphologiques principalement, ainsi que les cartes géologiques et géotechniques peuvent servir à identifier et délimiter des secteurs susceptibles de constituer des géotopes géomorphologiques (STÜRM, 1983).

La confrontation de toutes les informations collectées avec les données existantes concernant le projet permet de mettre en évidence les impacts potentiels sur les géotopes géomorphologiques. Selon les cas, cette analyse peut conduire à cinq alternatives (Fig. 7):

1. Les impacts sont intolérables et ne peuvent pas être réduits. Le projet doit être abandonné.
2. Des impacts potentiels ont été mis en évidence. Une modification du projet permet de les réduire ou de les éviter. Il faut procéder à l'appréciation des impacts causés par le projet modifié.
3. Le projet porte atteinte à des géotopes géomorphologiques. Une étude approfondie est nécessaire et un cahier des charges est établi en vue de l'enquête proprement dite.
4. Les données disponibles ne permettent pas d'apprécier l'impact du projet. Une étude approfondie est nécessaire et un cahier des charges est établi en vue de l'enquête proprement dite.

5. Il est établi que le projet ne causera aucun impact. Les résultats de l'enquête préliminaire sont consignés dans le rapport d'impact.

Pour les alternatives N°s 3 et 4, une étude approfondie est exigée. Les modalités de cette étude sont décrites dans le chapitre 4.1.

3.2. Le patrimoine paysager

3.2.1. Le paysage

Le paysage naît d'une relation entre l'espace géographique, qui en est le support matériel, et l'homme qui le perçoit (GRANDGIRARD & SCHALLER, 1995). La définition qui suit rend compte de la polysémie du terme de «paysage»: «le paysage consiste en une portion d'espace située à l'interface nature-société. La disposition spatiale des composants de cet espace fournit une infinité d'images potentiellement offertes à la vue. Parmi ces dernières, seules celles qui sont perçues par un observateur sont considérées comme des paysages effectifs. Ceux-ci n'existent que dans un intervalle d'échelles donné, délimité par les spécificités de la vision humaine. Conçus comme médiateurs entre les hommes et leurs milieux de vie, les paysages représentent un facteur d'identité primordial. Cette propriété, associée au fait qu'ils évoluent et qu'ils jouent un rôle d'archive, est à l'origine de la valeur des paysages en tant que patrimoine naturel et culturel» (GRANDGIRARD, 1997 a).

ROUGERIE & BEROUTCHACHVILI (1991) émettent un certain nombre de mises en garde contre les confusions les plus fréquentes:

- le paysage n'est pas la nature ni le milieu. La nature et le milieu existent en soi tandis que le paysage n'existe que par rapport à l'homme qui le perçoit;
- le paysage n'est pas l'espace. L'espace est partout, ce qui n'est pas le cas du paysage. En effet, certaines portions d'espace ne constituent pas des paysages. De plus, un même espace peut donner lieu à plusieurs paysages;
- le paysage n'est pas une entité purement objective. On ne peut le restreindre à ses seules composantes matérielles;
- le paysage n'est pas seulement subjectif. En effet, les objets, les formes et leurs combinaisons, qui peuvent être perçus comme des paysages, existent indépendamment de l'observateur;
- les cartes, photographies aériennes et autres documents offrant une vision verticale de la surface terrestre ne représentent pas des paysages. Les caractéristiques du paysage sont le plus souvent antinomiques de celles de la carte: le paysage est vu depuis le sol, du dedans; il présente des plans successifs, des échelles dégressives et des espaces masqués; etc.;
- le paysage ne peut pas être réduit à la perception visuelle et son étude ne se limite pas aux seuls aspects esthétiques;
- le paysage n'est pas un «monument» intangible. Il constitue une structure en évolution permanente.

3.2.2. Les géomorphologues et les études du paysage

Les géomorphologues sont fréquemment associés à des études qui se réclament de l'«écologie du paysage». Ces dernières s'attachent à rendre compte de l'organisation et du fonctionnement du milieu physique. La contribution des géomorphologues qui participent à de telles études se limite généralement à recenser les formes ou combinaisons de formes qui apparaissent au sein d'un espace donné (BAUMGARTNER, 1982; DUCRUC, 1985; DOLLINGER, 1986; STUBER, 1993). L'importance paysagère des formes du relief, leur impact visuel, n'est que rarement ou sommairement appréciée (COOKE & DOORNKAMP, 1974). Le géomorphologue, du fait de sa bonne connaissance de l'environnement naturel et de son sens de l'observation est pourtant très qualifié pour l'étude de ces caractéristiques particulières du paysage. Il peut en outre développer ou rendre opérationnels des instruments d'analyse encore trop rarement utilisés, basés sur l'exploitation de données numériques telles que les modèles numériques de terrain.

3.2.3. L'impact sur le paysage, le rôle du géomorphologue dans le cadre de l'enquête préliminaire

Dans le cadre de l'étude des impacts sur le paysage, la contribution du géomorphologue à l'enquête préliminaire ne consiste pas en une expertise «géomorphologique» à proprement parler. En effet, la composante géomorphologique du paysage (formes et processus) a en principe été prise en compte lors de l'étude de faisabilité (chap. 2) tandis que les nuisances causées aux phénomènes géomorphologiques de valeur ont été appréciées dans le chapitre consacré aux géotopes (chap. 3.1.3). Le concours du géomorphologue peut par contre s'avérer précieux dans le cadre de l'analyse de la visibilité (visibilité des éléments du paysage, au nombre desquels figurent les formes du relief, et visibilité de l'installation projetée) ainsi que de l'analyse des structures paysagères.

L'étude de l'impact d'un projet sur le paysage doit tenir compte des postulats suivants: le paysage se transforme sans cesse et toute nouvelle installation d'une certaine importance modifie le paysage dans lequel elle s'insère (WENGER, 1991). En matière d'intégration paysagère, le maître d'œuvre du projet peut adopter une multitude d'attitudes entre les deux extrêmes qui consistent soit à réduire autant que possible l'impact visuel de l'installation, soit à «mettre en scène» cette dernière, en vue d'enrichir le paysage existant (KLEINER, 1995).

Quelle que soit la position adoptée, il est utile de disposer d'une carte de la soumission à la vue, qui met en évidence la fréquence avec laquelle chaque point d'un espace donné est vu à partir de n'importe quel autre point de cet espace, chaque point étant caractérisé par une valeur correspondant à sa sensibilité visuelle (GRANDGIRARD, 1993). Une telle carte permet en particulier

de localiser les espaces masqués, peu vus, au sein desquels l'impact paysager d'une installation serait minimum.

Les premières cartes de ce type, basées sur un échantillonnage photographique du terrain (MASSONIE ET AL., 1982), étaient élaborées de façon entièrement manuelle. Récemment, des cartes de la soumission à la vue ont été réalisées suivant une procédure largement automatique (VUILLOD, 1994). Ces premières expériences de traitement informatique des données (modèle numérique de terrain (MNT) et données relatives à l'occupation du sol) à l'aide de systèmes d'information géographique ouvrent d'intéressantes perspectives pour l'étude de la visibilité dans le cadre d'une EIE, en particulier lors de l'enquête préliminaire. Familiers de l'étude du relief à l'aide de MNT, les géomorphologues peuvent contribuer à développer et à généraliser l'emploi de ces nouveaux instruments d'analyse.

Quoi qu'il en soit, toute installation occasionne un certain impact paysager, qui doit nécessairement faire l'objet d'une analyse approfondie dans le cadre de l'enquête proprement dite (chap. 4.2).

4. L'enquête proprement dite

L'enquête proprement dite est requise lorsque l'enquête préliminaire conclut que le projet affectera sensiblement l'environnement ou lorsque les données disponibles ne permettent pas d'apprécier les impacts causés par le projet. La figure 9 montre les données à considérer et la marche à suivre pour l'étude approfondie des domaines «patrimoine naturel» et «patrimoine paysager» (Fig. 6).

Ce chapitre passe en revue les tâches dévolues au géomorphologue dans le cadre de l'enquête proprement dite. Ces dernières concernent la protection des géotopes (chap. 4.1), la protection du paysage dans son ensemble (chap. 4.2) et la protection des formes du relief, considérées comme des éléments du paysage (chap. 4.3). Pour chacun de ces domaines, nous présenterons la démarche suivie pour l'analyse de l'état actuel et de l'état initial (identiques pour ce qui est des caractéristiques géomorphologiques), pour l'appréciation des impacts ainsi que pour la détermination des mesures supplémentaires. La description du projet, brièvement évoquée dans le chap. 2.2, et l'évaluation globale, qui ne concernent pas directement le géomorphologue, ne seront pas détaillées.

4.1. *la protection des géotopes*

Les considérations présentées ci-dessous ont été développées dans le cadre de la réalisation de l'inventaire des géotopes géomorphologiques du canton de Fribourg (GRANDGIRARD, à paraître; GRANDGIRARD & SPICHER,

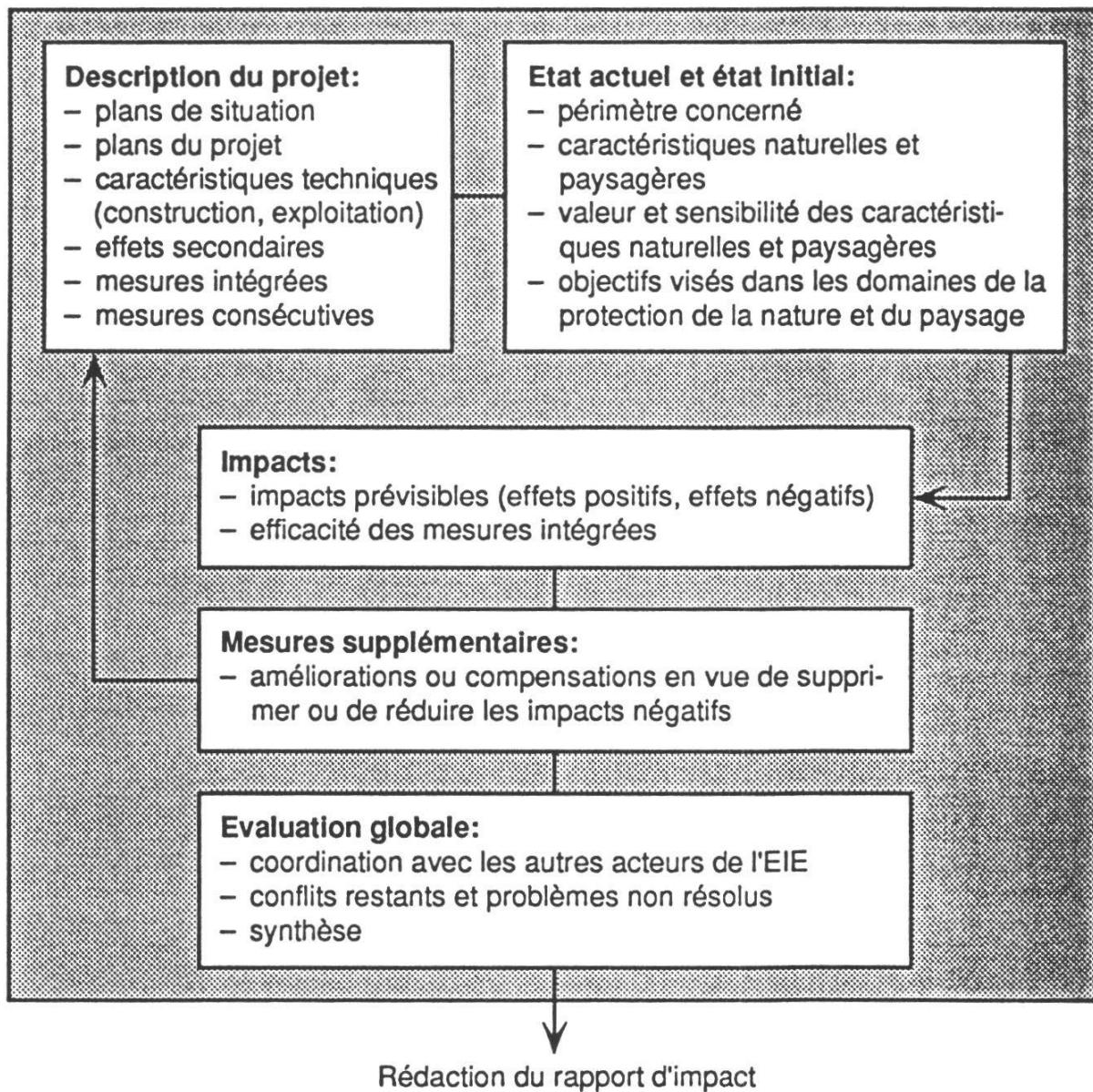


Fig. 9: L'enquête proprement dite: étude des domaines «patrimoine naturel» et «patrimoine paysager» (d'après OFEFP, 1990 et 1991)

1996). Elles ont en outre été éprouvées lors de plusieurs collaborations à l'EIE de l'autoroute A16 (Transjurane) (GRANDGIRARD ET AL., 1994; SPICHER, 1996).

4.1.1. L'état actuel et l'état initial

L'analyse de l'état actuel des éléments du patrimoine géomorphologique se déroule selon une procédure rigoureuse, qui se décompose en quatre étapes:

- la délimitation du périmètre concerné;
- l'étude géomorphologique et le recensement des objets géomorphologiques;

- l'évaluation des objets géomorphologiques et la sélection des géotopes;
- la détermination des objectifs visés dans le domaine de la protection du patrimoine géomorphologique (de la protection des géotopes géomorphologiques).

- La délimitation du périmètre concerné

Le périmètre concerné correspond à la zone au sein de laquelle les caractéristiques géomorphologiques risquent d'être affectées par des impacts directs ou indirects liés au projet. Il se limite en principe à la surface occupée par le projet et à son voisinage proche (quelques dizaines, voire centaines, de mètres). Lorsque l'installation influe sur l'écoulement des eaux de surface (p. ex. modification du débit ou du régime d'un cours d'eau) ou des eaux souterraines (p. ex. obstruction de points d'infiltration privilégiés), il est parfois nécessaire d'étendre ce périmètre.

- L'étude géomorphologique et le recensement des objets géomorphologiques

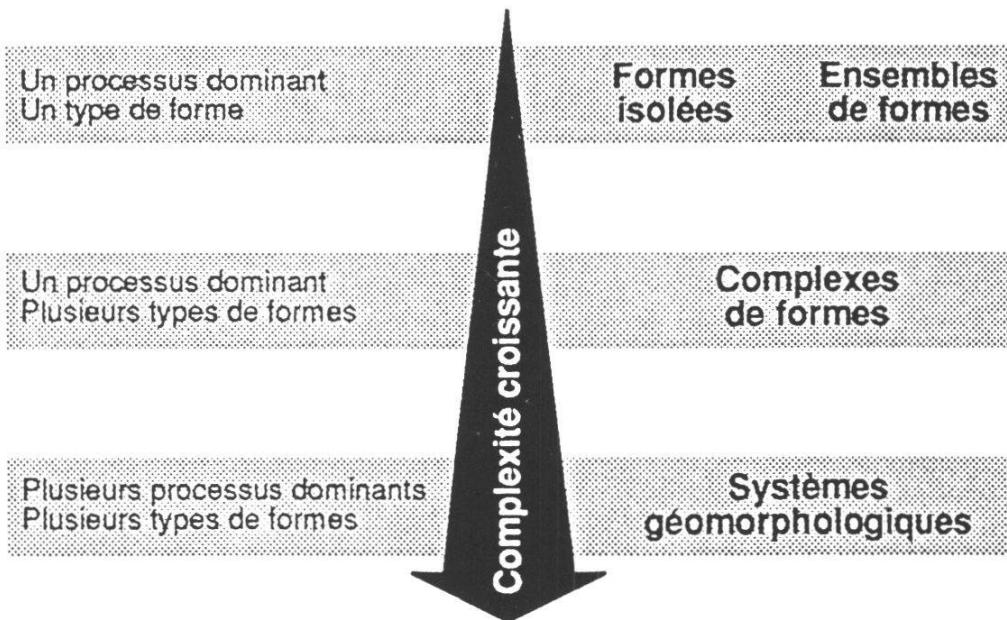
L'étude géomorphologique porte sur l'ensemble du périmètre délimité précédemment. Elle reprend et complète si nécessaire les données collectées lors de l'étude de faisabilité (chap. 2) et de l'enquête préliminaire (chap. 3.1.3).

Cette étude est complétée par un inventaire des objets géomorphologiques situés au sein du périmètre concerné ou à cheval sur les limites définies. La très grande diversité des objets géomorphologiques nous a conduit à proposer un mode de catégorisation qui permet d'en faciliter le recensement (Fig. 10).

En procédant systématiquement, par type de forme et par processus, le géomorphologue commence par inventorier les formes isolées et les ensembles de formes, qui sont aisément identifiables. En se basant sur les données accumulées, il met ensuite en évidence les complexes de formes et les systèmes géomorphologiques. Tous les objets recensés sont localisés et décrits avec un maximum de précision.

- L'évaluation des objets géomorphologiques et la sélection des géotopes

L'évaluation des objets géomorphologiques est une opération délicate qui peut être fortement influencée par la subjectivité de l'observateur. Les critères que nous avons retenus pour cette évaluation (Fig. 11) répondent à une exigence fondamentale: ils permettent d'apprécier la valeur scientifique des objets analysés, du point de vue de la géomorphologie. Ils résultent d'un tri sévère effectué parmi un très grand nombre de critères utilisés dans les études que nous avons consultées. Nous avons distingué deux types de critères en fonction de leur rôle dans le processus d'évaluation: les «indicateurs», qui



Les **formes isolées** sont les constituants élémentaires du relief (p. ex. un cône de déjection, un bloc erratique, un ouvala).

Les **ensembles de formes** correspondent à des concentrations de formes du même type qui, du fait de leur genèse, se présentent habituellement en groupes (p. ex. un champ de dolines, un groupe de drumlins, des lambeaux de terrasses).

Les **complexes de formes**, associés à un seul processus, englobent des représentants de plusieurs types de formes (p. ex. une région intensément karstifiée, une zone instable).

Les **systèmes géomorphologiques** correspondent à d'importantes concentrations de formes de types différents, résultant de l'activité synchrone ou successive de plusieurs processus interagissant sur la même portion d'espace.

Fig. 10: Les quatre catégories d'objets géomorphologiques

permettent de mesurer ou d'apprécier l'état des objets évalués, et les «facteurs», qui contribuent fortement à la valeur des objets. Les indicateurs sont pris en compte lors de l'évaluation des facteurs. Un même indicateur peut être utilisé pour évaluer plusieurs facteurs.

La valeur d'un objet géomorphologique est appréciée sur la base de l'évaluation de chaque facteur. Si cela s'avère utile, en vue de faciliter la procédure, cette évaluation peut être effectuée selon une échelle de mesure simple, comportant par exemple quatre niveaux (valeur nulle = 0, valeur faible = 1, valeur moyenne = 2 et valeur élevée = 3). L'utilisation d'une échelle de mesure plus précise nécessiterait des données de base beaucoup plus complètes et, par conséquent, des moyens d'investigation accrus, sans que la pertinence et la fiabilité des résultats ne soient forcément améliorées. Finalement, la valeur d'un objet géomorphologique correspond à la combinaison

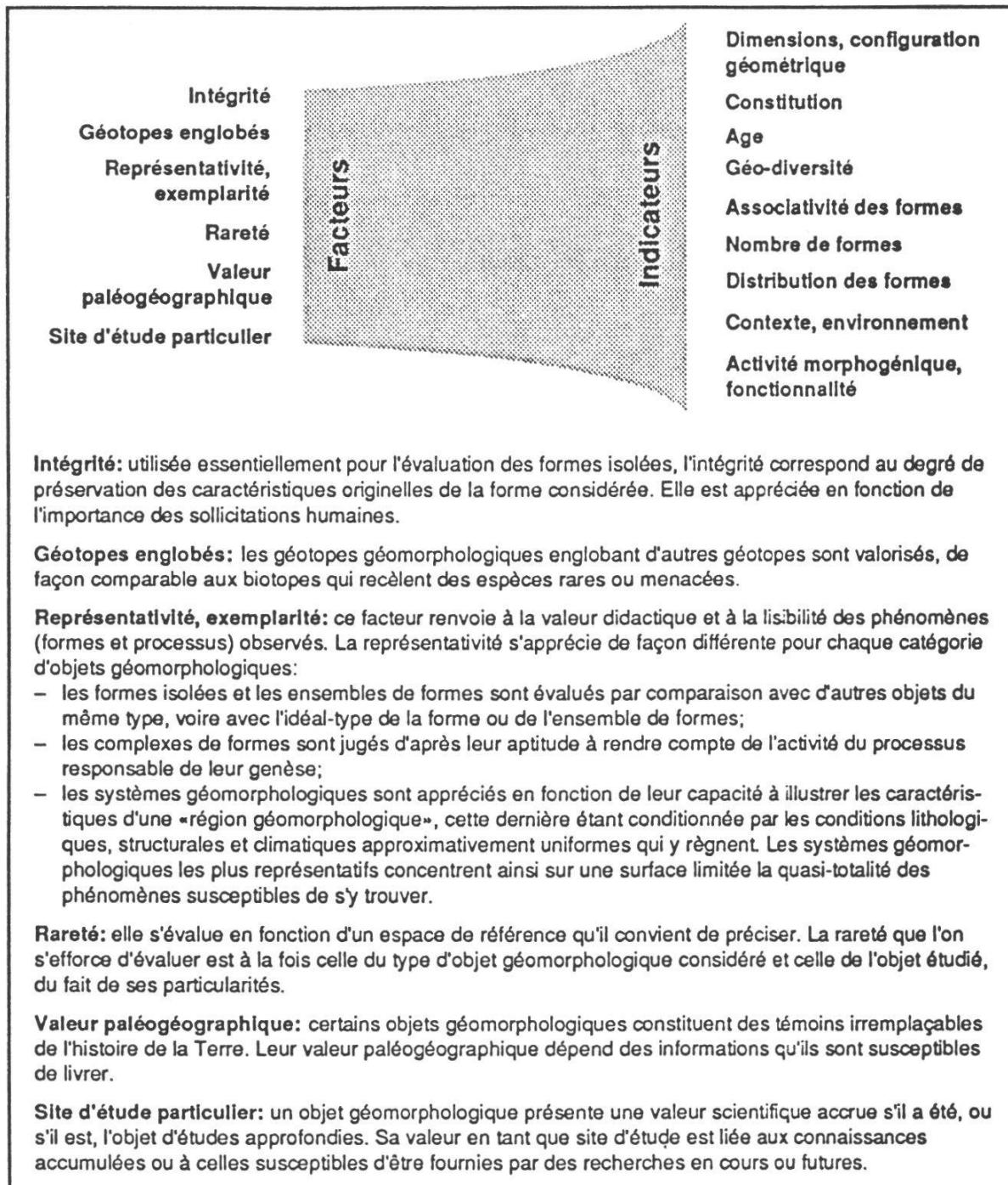


Fig. 11: Critères utilisés pour l'évaluation des objets géomorphologiques. Description des facteurs

des résultats obtenus lors de l'appréciation de chaque facteur. En fonction de l'importance qu'on leur accorde, ces facteurs peuvent faire l'objet de pondérations. Dans le cadre d'une EIE, le résultat de l'évaluation est exprimé de préférence par une argumentation verbale plutôt que par une note ou un qualificatif.

Du fait des différences fondamentales existant entre les quatre catégories d'objets géomorphologiques, les facteurs et indicateurs utilisés varient quel-

que peu selon qu'ils servent à évaluer des formes isolées, des ensembles de formes, des complexes de formes ou des systèmes géomorphologiques. A titre d'exemple, les figures 12 et 13 présentent les critères particulièrement pertinents pour l'évaluation des formes isolées et des systèmes géomorphologiques.

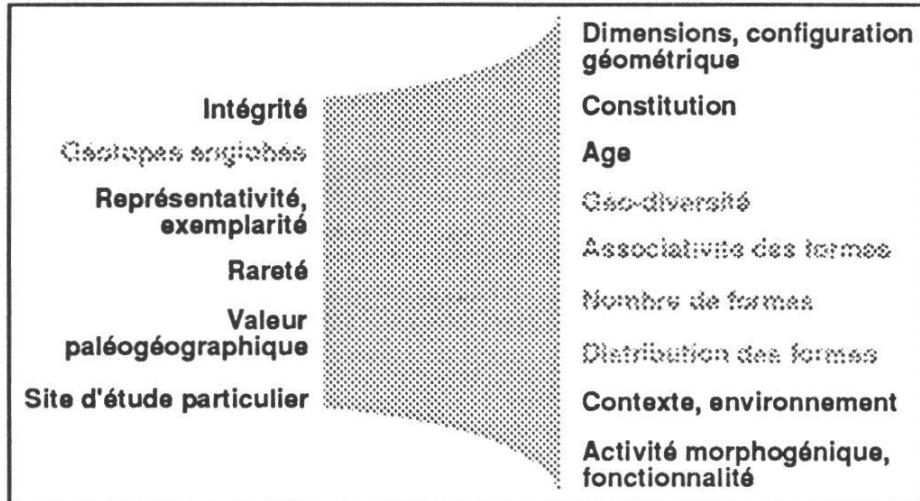


Fig. 12: Critères les plus appropriés pour l'évaluation des formes isolées (en noir)

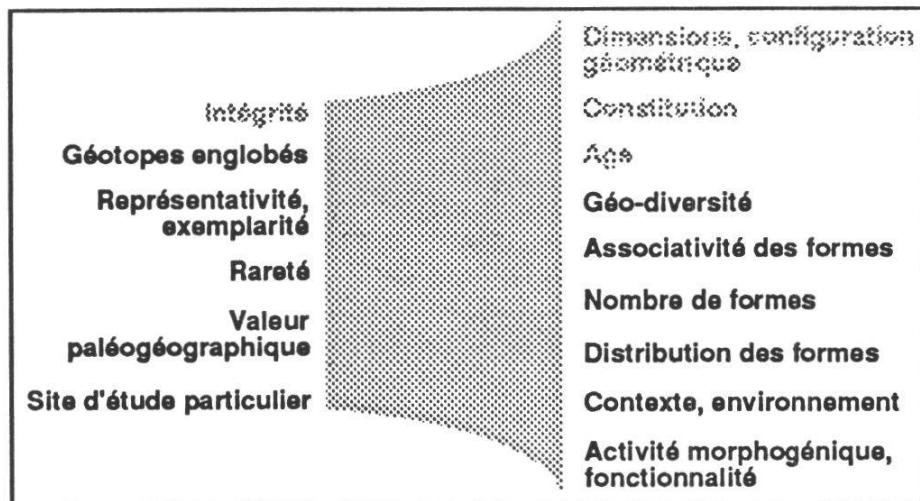


Fig. 13: Critères les plus appropriés pour l'évaluation des systèmes géomorphologiques (en noir)

Parmi les nombreux indicateurs proposés, deux nécessitent un bref commentaire. Le premier est l'»activité morphogénique-fonctionnalité»: d'importance primordiale pour l'évaluation des objets géomorphologiques actifs, cet indicateur est pris en compte pour l'appréciation de leur intégrité, de leur représentativité-exemplarité, de leur rareté, de leur valeur paléogéographique et de leur intérêt en tant que sites d'étude particulier. Le caractère équivoque de ce critère ne permet pas cependant de le considérer comme un facteur. Il

serait en effet erroné de considérer que les formes actives présentent une valeur plus élevée que les formes reliques. Le second est la «géo-diversité», qui rend compte de la richesse, de la variété et de la complexité géomorphologique d'une région. Cet indicateur est utilisé pour l'évaluation des complexes de formes et des systèmes géomorphologiques. Il aide à en apprécier la représentativité-exemplarité, la rareté, la valeur paléogéographique et la valeur en tant que sites d'étude particulier.

L'évaluation des objets géomorphologiques en fonction des critères proposés ci-dessus est garante d'une objectivité certaine et permet de déterminer d'emblée les objets peu intéressants, qui ne présentent qu'une valeur faible pour l'ensemble des facteurs considérés. Les objets restants, caractérisés par une valeur moyenne à élevée, sont ensuite comparés avec les autres objets du même type observables au sein d'un espace de référence. Ceux dont la valeur est la plus grande sont considérés comme des géotopes, à l'échelle de l'espace considéré. Dans le cadre d'une EIE, le géomorphologue se limite en général à définir les géotopes d'importance locale et régionale.

- La détermination des objectifs visés

Conformément à l'esprit de la Déclaration internationale des droits de la mémoire de la Terre (COLL., 1994), le principal objectif est d'éviter tout impact sur les géotopes, quelle que soit leur importance. Il convient par conséquent d'éviter les atteintes, tant durant la construction de l'installation que durant son exploitation, et de minimiser les impacts qui subsisteront (OFEFP, 1991).

4.1.2. Les impacts

Les géotopes géomorphologiques peuvent être victimes de dommages multiples, allant d'une dégradation mineure jusqu'à la destruction totale. Les impacts sur ces objets de valeur peuvent être rangés en deux catégories: les atteintes à l'intégrité des formes du relief et les modifications (artificialisation) de l'activité des processus morphogéniques (Fig. 14).

Dans le cadre d'une EIE, le géomorphologue s'attache à identifier les impacts sur les géotopes et à en estimer l'importance. Cette dernière est appréciée par comparaison des résultats de l'évaluation précédemment effectuée (chap. 4.1.1) et des résultats d'une nouvelle évaluation des géotopes touchés par le projet, tenant compte des dommages prévisibles. L'impact global correspond à la différence entre les résultats des deux évaluations.

Les impacts sur les géotopes géomorphologiques sont en général irréversibles, ces derniers ne pouvant être reconstitués. Il est par conséquent impossible de compenser l'altération ou la perte de géotopes.

Intégrité des formes du relief:	Activité des processus morphogéniques:
- exploitations de matériaux	- exploitations de matériaux
- terrassements, nivelllements, remblais	- terrassements, nivelllements, remblais
- décharges	- décharges
- comblements (de dolines et de cavités souterraines p. ex.)	- comblements (de dolines et de cavités souterraines p. ex.)
- corrections de cours d'eau, endiguements	- stabilisation des versants en glissement
- création de plans d'eau artificiels (pisciculture, étangs de sécurité, lacs de barrage, etc.)	- drainages et irrigation
- forages (tunnel p. ex.)	- corrections de cours d'eau, endiguements
- déplacement, ensevelissement (de blocs erratiques p. ex.)	- création de plans d'eau artificiels (pisciculture, étangs de sécurité, lacs de barrage, etc.)
- déprédations diverses (pour des objets de petite taille tels que des spéléothèmes ou des blocs erratiques)	- aménagements hydroélectriques au fil de l'eau
	- captages, pompes
	- évacuation des eaux usées
	- lutte contre l'érosion (des rives d'un lac p. ex.)
	- forages (tunnels p. ex.)

Fig. 14: Impacts sur les géotopes géomorphologiques (liste non exhaustive) (d'après GERMAN, 1982 et GRANDGIRARD & SPICHER, 1996)

4.1.3. Les mesures supplémentaires

Lorsqu'il est établi que le projet exerce un impact non négligeable sur un ou plusieurs géotopes géomorphologiques, il convient en principe d'adapter le projet en vue d'éliminer cet impact.

Si l'installation ne peut être modifiée et qu'elle occasionne des atteintes inévitables, plusieurs cas de figure se présentent. Lorsque les géotopes touchés présentent un grand intérêt scientifique (importance nationale ou internationale), le projet doit être abandonné. Par contre, si les atteintes concernent des géotopes de moindre valeur (importance locale ou régionale), il est possible de proposer des mesures supplémentaires permettant de rendre cet impact tolérable.

Ainsi, la perte ou la dégradation d'un géotope géomorphologique peut être compensée par la mise sous protection de géotopes présentant des caractéristiques comparables (de même valeur) situés en dehors du périmètre concerné par le projet. Il est également envisageable de contribuer, dans le cadre de la réalisation de l'installation, à la mise en valeur des géotopes touchés par le projet ou localisés dans son voisinage proche. Cette mise en valeur peut se traduire par l'aménagement de postes d'observation, par la pose de panneaux d'information, etc. Enfin, lorsque le projet conduit à la destruction d'un géotope (p. ex. dans le cadre de l'exploitation d'une gravière), tout doit être mis en œuvre pour que les informations recelées par ce dernier puissent être collectées avant leur disparition. Dans cette optique, le requérant doit s'engager à contacter les scientifiques intéressés, à leur fournir toutes les données obtenues dans le cadre de l'étude de faisabilité et de l'EIE, à les informer lors de

la mise à jour d'un affleurement ou d'une découverte intéressante et à leur autoriser l'accès au chantier. Il doit en outre s'assurer le concours de spécialistes pour procéder à l'»enregistrement» des données détruites au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

4.2. La protection du paysage dans son ensemble

Le relief est un élément fondamental du paysage. Il joue en effet un rôle prépondérant pour la détermination des conditions de visibilité ainsi que pour la structuration du paysage.

Ce chapitre présente les contributions du géomorphologue à l'étude globale du paysage dans lequel s'insère l'installation prévue. Les impacts paysagers causés par le projet sur des formes particulières du relief seront discutés dans le chapitre 4.3.

4.2.1. L'état actuel et l'état initial

L'analyse du paysage dans son ensemble repose sur les contributions de nombreux spécialistes parmi lesquels on trouve des aménagistes, des architectes, des biologistes et des géographes parmi lesquels des géomorphologues. Ces derniers se préoccupent principalement de l'étude du rôle paysager du relief. Dans l'appréciation de l'état actuel du paysage, leur participation concerne les quatre aspects suivants:

- la délimitation du périmètre concerné;
- la soumission à la vue;
- la structure du paysage;
- la détermination des objectifs visés.

• La délimitation du périmètre concerné

Le périmètre concerné englobe au moins tous les points d'où l'installation peut être vue et considérée comme un élément non négligeable du paysage. La surface prise en compte est fortement dépendante des dimensions de l'installation, de sa localisation et/ou de la topographie environnante. En règle générale, le périmètre concerné est d'autant plus étendu que l'installation est importante, qu'elle occupe une situation dominante et/ou que la topographie est monotone. Selon le principe de réciprocité («si l'on voit, on est vu», NEURAY, 1982), ce périmètre englobe tous les éléments paysagers pouvant être observés depuis l'installation, à l'exception de ceux qui forment l'arrière-plan lointain.

D'après la définition que nous en donnons, le périmètre concerné englobe également des surfaces d'où il n'est pas possible d'observer l'installation (p. ex. des forêts, des zones construites, des espaces masqués). Il doit plutôt être considéré comme une surface délimitée de façon à permettre l'étude de toutes les incidences paysagères du projet et au sein de laquelle des mesures supplémentaires pourront être proposées.

- La soumission à la vue

La carte de la soumission à la vue (chap. 3.2.3) rend parfaitement compte des conditions de visibilité au sein du périmètre concerné. Lorsqu'aucun document de ce type n'existe et que les données nécessaires à sa réalisation ne sont pas disponibles, il est utile de réaliser une carte des «unités de paysages» (NEURAY, 1982), qui sont définies comme des portions de territoire limitées par le relief ou par d'autres éléments du paysage, au sein desquelles, en principe, tous les points sont mutuellement visibles. Sur une telle carte, les espaces masqués sont représentés par des surfaces d'étendue restreinte.

- La structure du paysage

La structure du paysage correspond à sa composition générale, à l'agencement des nombreux éléments qui le constituent. DE COULON (1988) présente quelques principes qui en facilitent l'analyse:

- Ordonnance: un paysage doit être structuré et sa structure doit pouvoir être appréhendée sans peine.
- Homogénéité des ensembles: la perception des paysages consiste à identifier des ensembles plutôt que des détails. Ces ensembles doivent présenter une certaine homogénéité, une certaine cohérence interne.
- Concordance des ensembles: les différentes parties du paysage (ensembles) doivent s'agencer et se compléter harmonieusement.
- Diversité de la structure: la structure du paysage doit être à la fois suffisamment diversifiée pour intéresser et suffisamment simple pour être comprise.
- Harmonie des formes: les formes perçues au sein du paysage doivent constituer un tout équilibré.

Le relief détermine les lignes de forces qui forment l'ossature du paysage ainsi que de nombreux points de focalisation du regard (p. ex. aires de convergence des axes directeurs, points d'appel) qui impriment un certain rythme au paysage (GUIGO ET AL., 1991).

En vue de rendre compte de l'effet structurant des formes du relief, le géomorphologue peut établir une carte morpho-structurelle (GRANDGIRARD, 1994). Ce document consiste en une carte géomorphologique quelque peu caricaturale, localisant les formes majeures du relief, qui sont immédiatement perceptibles. Des informations concernant l'agencement des principaux reliefs y sont également reportées. On y trouve ainsi les lignes de crête, les axes longitudinaux des collines, les talwegs, etc. Enfin, les éléments hydrographiques (cours d'eau, lacs, étangs), qui concourent à renforcer l'attractif du paysage, sont également représentés.

Simple dans sa conception et facile à interpréter, la carte morpho-structurelle est un instrument performant pour l'analyse de la structure du paysage. On peut en effet y repérer sans peine les principales lignes de forces, les

points d'appels associés à des formes du relief particulièrement prégnantes, certaines ruptures brutales (des falaises p. ex.), des éléments de diversification (les cours d'eau p. ex.), etc.

- La détermination des objectifs visés

La législation fédérale est très évasive en matière de paysage. Plutôt que de statuer sur le paysage dans son ensemble, elle se borne à évoquer la protection de certains aspects particuliers, comme en témoignent les articles suivants:

- article premier, lettre a de la LPN: «... la présente loi a pour but: de ménerger l'aspect caractéristique du paysage ...»;
- article premier, lettre a de la LAT: la Confédération, les cantons et les communes «soutiennent ... les efforts qui sont entrepris notamment aux fins: de protéger les bases naturelles de la vie telles que ... le paysage»;
- article 3 de la LAT, «Principes régissant l'aménagement», al. 2: «Le paysage doit être préservé. Il convient notamment:
 - a. De réserver à l'agriculture suffisamment de bonnes terres cultivables;
 - b. De veiller à ce que les constructions prises isolément ou dans leur ensemble ainsi que les installations s'intègrent dans le paysage;
 - c. De tenir libres les bords des lacs et des cours d'eau et de faciliter au public l'accès aux rives et le passage le long de celles-ci;
 - d. De conserver les sites naturels et les territoires servant au délassement;
 - e. De maintenir la forêt dans ses diverses fonctions».

Les directives cantonales, et notamment les plans directeurs, sont à peine plus explicites.

Lorsque il est établi que le rôle paysager du relief n'est pas négligeable, ce dernier doit être pris en compte dans le cadre de l'EIE. Le géomorphologue veille à ce qu'une attention suffisante soit accordée à la composante géomorphologique lors de l'analyse de l'intégration paysagère de l'installation.

4.2.2. Les impacts

L'étude des impacts paysagers causés par une installation repose sur l'élaboration et l'interprétation de quelques documents essentiels parmi lesquels la carte de l'aire de visibilité et le répertoire des points de vue.

L'aire de visibilité d'une installation correspond à la surface, délimitée précisément, d'où cette dernière pourra être vue. La carte de l'aire de visibilité peut être élaborée selon une procédure «manuelle», basée sur l'interprétation des cartes topographiques et sur des vérifications sur le terrain. Sa réalisation peut également reposer sur l'emploi d'outils d'analyse informatiques, fournis notamment par certains SIG (COLLET, 1992).

La confrontation de la carte de la soumission à la vue (chap. 3.2.3) ou de la carte des unités de paysages (chap. 4.2.1) avec la carte de l'aire de visibilité et la carte topographique permet de répertorier les principaux points de vue.

Ces derniers offrent une vue sur la future installation. Ils en sont proches ou éloignés, occupent une situation dominante ou dominée, peu importe. Ces points de vue sont sollicités du fait des paysages qu'ils permettent d'apprécier. Ils peuvent se situer en périphérie des zones habitées, le long des axes de communication (p. ex. route, ligne de chemin de fer), le long de sentiers pédestres, etc.

Les points de vue les plus fréquentés ainsi que ceux qui offrent les vues les plus étendues doivent faire l'objet d'analyses particulières, qui sont plutôt du ressort de l'architecte paysagiste. Ainsi, les paysages perçus depuis ces points de vue sont documentés par des photographies. Des photomontages, illustrant aussi fidèlement que possible l'intégration de l'installation dans le paysage existant, sont ensuite réalisés (GUIGO ET AL., 1991). Ces photomontages servent de base à l'appréciation des impacts paysagers de l'installation.

4.2.3. Les mesures supplémentaires

Selon que le maître d'œuvre du projet a décidé de masquer ou de montrer l'installation (chap. 3.2.3), le géomorphologue peut, au terme de l'enquête, proposer des adaptations permettant de répondre au mieux aux intentions exprimées. Il peut ainsi suggérer de déplacer l'installation, de façon à en atténuer ou à en augmenter la visibilité générale ainsi que la visibilité depuis les principaux points de vue.

Les mesures de mise en valeur et de compensation paysagères ne concernent généralement pas le paysage dans son ensemble. Celles qui se rapportent aux formes du relief considérées comme des éléments du paysage sont évoquées dans le chapitre 4.3.3.

4.3. *La protection des formes du relief considérées comme des éléments du paysage*

Les formes du relief constituent des composantes du milieu naturel offertes à la vue. Elles présentent des caractéristiques visuelles très variées qui leur confèrent un rôle paysager important. Selon leurs particularités et l'environnement dans lequel elles s'insèrent, elles peuvent marquer le paysage de façon déterminante ou, au contraire, y jouer un rôle secondaire par rapport à d'autres éléments paysagers (p. ex. végétation ou constructions). En outre, les formes du relief présentent une certaine stabilité (à l'échelle de la vie humaine) (NEURAY, 1982) qui en fait des repères majeurs.

Les conceptions présentées ci-dessous ont été développées dans l'optique de faciliter l'intégration de l'inventaire des géotopes géomorphologiques du canton de Fribourg au plan sectoriel des paysages et des sites, actuellement en cours d'élaboration (GRANDGIRARD & SPICHER, 1996).

4.3.1. L'état actuel et l'état initial

L'analyse de l'état actuel des formes du relief considérées comme des éléments du paysage se déroule selon une procédure qui se décompose en quatre phases:

- la délimitation du périmètre concerné;
- le recensement des formes du relief;
- l'évaluation de l'importance paysagère des formes du relief;
- la détermination des objectifs visés.

- La délimitation du périmètre concerné

Le périmètre concerné correspond à la surface au sein de laquelle les formes affectées directement par l'installation ou situées dans son voisinage immédiat sont visibles et peuvent être considérées comme des éléments non négligeables du paysage. Son étendue maximale est celle du périmètre défini précédemment lors de l'analyse du paysage dans son ensemble (chap. 4.2.1).

- Le recensement des formes du relief

Le géomorphologue procède au recensement exhaustif des formes du relief dont les caractéristiques visuelles sont modifiées par le projet. Ces dernières sont celles à la surface desquelles l'installation sera édifiée et celles touchées par des impacts indirects liés par exemple à la construction de l'installation.

Pour mener à bien cet inventaire, le géomorphologue tient compte des informations fournies par la carte topographique, du recensement des objets géomorphologiques (chap. 4.1.1) ainsi que des données déjà rassemblées et consignées sur la carte géomorphologique (chap. 2.2) et la carte morpho-structurelle (chap. 4.2.1). Cette étape ne requiert pas d'analyse particulière.

- L'évaluation de l'importance paysagère des formes du relief

L'importance paysagère des éléments du paysage, parmi lesquels les reliefs, dépend essentiellement de leurs caractéristiques visuelles. Elle s'apprécie en fonction de leur visibilité et de leurs rôles paysagers. La visibilité rend compte de la capacité des constituants du paysage à être perçus par le sens de la vue. L'étude de leurs rôles paysagers permet d'appréhender les logiques de l'organisation du paysage, sa structure. La figure 15 décrit les éléments à prendre en compte lors de l'évaluation de l'importance paysagère des formes du relief.

Chacun des éléments mentionnés par la figure 15 fait l'objet d'une appréciation qui peut être traduite par une note comprise entre 0 et 2 par exemple (importance faible voire nulle = 0, moyenne = 1, élevée = 2). La combinaison de ces résultats permet d'estimer la visibilité et le rôle paysager global de la forme du relief considérée.

Visibilité	Rôles paysagers
<ul style="list-style-type: none"> • Points de vue et distance d'observation • Etendue et développement vertical • Position (dominante/dominée) • Contraste avec l'environnement (contraste de couleur en particulier) 	<ul style="list-style-type: none"> • Points d'appel et focalisation du regard • Lignes de force du paysage • Obstacles visuels et plans paysagers • Contrastes avec l'environnement (en général)

Points de vue et distance d'observation: la visibilité d'un objet est d'autant plus grande que les points de vue sont nombreux et la distance d'observation importante.

Etendue et développement vertical: un objet est d'autant plus visible que son étendue et son développement vertical sont grands.

Position (dominante/dominée): la position dominante d'un objet par rapport à son environnement lui confère une visibilité accrue, même si son développement vertical est restreint.

Contraste avec l'environnement (contraste de couleur en particulier): un objet qui, du fait de sa couleur, contraste avec son environnement est plus aisément repérable.

Points d'appel et focalisation du regard: les points d'appel paysagers canalisent, orientent le regard; ils constituent souvent des repères forts.

Lignes de force du paysage: elles correspondent aux principaux axes structurants du paysage. Par leur agencement, les lignes de forces horizontales, verticales ou obliques déterminent l'équilibre, l'harmonie du paysage.

Obstacles visuels et plans paysagers: le paysage est compris dans un continuum d'échelles allant de la grande échelle (zone des détails, avant-plan) à la petite échelle (perception des volumes, des formes générales, arrière-plan) en passant par l'échelle moyenne (le plan du paysage proprement dit). Par leur rôle d'obstacles visuels, les constituants du paysage contribuent à définir et à structurer les plans paysagers.

Contrastes avec l'environnement (en général): les contrastes de forme, de couleur et de texture sont des éléments importants de diversification et de structuration du paysage.

Fig. 15: Eléments considérés pour l'évaluation de l'importance paysagère des formes du relief

Il peut être utile, lors de l'analyse des rôles paysagers des formes du relief, de se référer à la carte morpho-structurelle établie précédemment (chap. 4.2.1).

- La détermination des objectifs visés

Dans la mesure du possible, il faut éviter que la construction ou la transformation de l'installation ne déprécie les formes dont l'importance paysagère est reconnue. Selon les cas, les impacts paysagers imputables au projet peuvent être supprimés, atténués ou/et compensés.

4.3.2. Les impacts

Deux types d'impacts paysagers peuvent affecter les formes du relief. Les uns concernent les formes elles-mêmes (conformation, couleur, texture, etc.) tandis que les autres consistent en modifications de leur environnement (introduction d'éléments nouveaux qui forment des écrans visuels, qui perturbent la structure du paysage, etc.).

Après avoir identifié les incidences du projet sur les caractéristiques paysagères des reliefs, le géomorphologue estime la portée des impacts. Pour ce faire, il procède à une nouvelle appréciation de l'importance paysagère des formes du relief (visibilité et rôles paysagers) en tenant compte des modifications engendrées par l'installation. Il compare ensuite ces résultats avec ceux obtenus précédemment (chap. 4.3.1). Les différences entre les résultats des deux évaluations témoignent de l'ampleur des impacts paysagers.

4.3.3. Les mesures supplémentaires

Les mesures supplémentaires visent à éliminer les impacts paysagers causés par l'installation ou par sa construction. Lorsque c'est possible, le géomorphologue propose de modifier le projet (déplacement, adaptation) de façon à atteindre cet objectif. Dans tous les cas, on tente de minimiser les atteintes aux caractéristiques paysagères des reliefs.

Des améliorations paysagères doivent être systématiquement proposées. Selon les cas, ces dernières sont considérées comme des compensations des atteintes occasionnées ou comme des répercussions positives du projet. Dans cette optique, on peut par exemple concevoir l'installation en tenant compte des spécificités du paysage environnant, qu'on cherche à valoriser. On peut également compléter le projet par des aménagements tels que des revitalisations de cours d'eau, la plantation de haies, la restauration de murets de pierres sèches, etc. qui enrichissent le paysage. Par leur disposition et leur apparence, l'installation et les aménagements qui y sont liés peuvent contribuer à souligner voire à renforcer les traits caractéristiques du paysage initial, en particulier les structures associées aux reliefs.

Certains impacts paysagers ne durent que le temps de la construction de l'installation ou de son exploitation (pour une carrière ou une décharge p. ex.). Le projet prévoit une remise en état du site, conforme à l'état initial. De telles atteintes sont loin d'être négligeables (certains chantiers durent plusieurs années voire plusieurs décennies pour des exploitations de matériaux p. ex.) et la promesse d'une remise en état ne dispense pas le requérant d'assortir son projet de mesures supplémentaires. Offrir des garanties concernant la restitution de la topographie initiale d'un site ne permet pas d'éliminer tout impact sur les formes du relief. Le géomorphologue doit être particulièrement attentifs aux atteintes peu perceptibles qui concernent l'intégrité de la forme (sa constitution) et sa dynamique (activité des processus morphogéniques).

5. Conclusion

Bien que les dispositions légales en vigueur n'exigent pas la prise en compte des caractéristiques géomorphologiques lors de la réalisation d'une EIE, l'importance de ces dernières est largement reconnue (chap. 1.1).

Le concours du géomorphologue est requis tout au long de la procédure qui mène à la rédaction du rapport d'impact (étude de faisabilité, enquête préliminaire, enquête proprement dite) (chap. 1.2). Dans le cadre de l'EIE, le géomorphologue devrait prendre part à la description du projet, à l'étude de l'état initial, à l'appréciation des impacts et à la proposition de mesures supplémentaires. Ses contributions pourraient consister essentiellement à analyser les reliefs et leur dynamique (chap. 2) ainsi que leur importance en tant qu'éléments du patrimoine naturel (chap. 3.1 et 4.1). Par des interventions ciblées, il pourrait également collaborer à l'étude des impacts sur le paysage (chap. 3.2, 4.2 et 4.3).

Malheureusement le conditionnel est de rigueur et les géomorphologues sont rarement associés à l'EIE. Nous espérons que ce texte favorisera la prise de conscience du rôle joué par la composante géomorphologique dans le fonctionnement du milieu naturel et de la valeur des reliefs comme élément du patrimoine naturel et paysager. La mise en œuvre des moyens de gestion proposés est en effet tributaire de cette prise de conscience.

6. Zusammenfassung – Résumé – Abstract

Résumé

Depuis plusieurs années, les chercheurs du GReG (Groupe de Recherches en Géomorphologie, Institut de Géographie, Université de Fribourg) sont fréquemment sollicités pour collaborer à des études de l'impact sur l'environnement (EIE), surtout à celles menées dans le cadre de la construction de l'autoroute A16 (Transjurane). Riche de ces expériences, l'auteur présente les tâches qui devraient en principe être confiées au géomorphologue dans le cadre d'une EIE, tant au cours de l'étude de faisabilité que de l'enquête préliminaire et de l'enquête proprement dite.

Abstract

For many years, the researchers of the RGIG (Research Group in Geomorphology, Institute of Geography, University of Fribourg) have often been called upon to contribute to environmental impact studies (EIS), especially to those related to the building of the A16 highway in the Jura mountains of western Switzerland (Transjurane). On the basis of these experiences, the author presents the tasks which should be entrusted to geomorphologists in an EIS, in the feasibility study as well as in both the preliminary survey and the main survey.

Zusammenfassung

Seit einigen Jahren wird die FGG (Forschungsgruppe Geomorphologie, Geographisches Institut, Universität Fribourg) nachgesucht, bei der Durchführung von Umweltverträglichkeitsprüfungen (UVP) mitzuwirken. Es handelt sich dabei vor allem um die UVP's im Rahmen der Bauarbeiten der Autobahn A16 (Transjurane). Diese Erfahrungen veranlassen den Autor, die Aufgaben des Geomorphologen sowohl bei der Machbarkeitsstudie als auch bei der Voruntersuchung und der Hauptuntersuchung zu bezeichnen.

7. Bibliographie

- BAUDEPARTEMENT DES KANTONS AARGAU, ABTEILUNG RAUMLANPLUNUNG: Inventar der erdgeschichtlich schützenswerten Gebiete und Objekte. Aarau 1982.
- BAUMGARTNER R.: Einige Überlegungen zur Anwendung geomorphologischer Methoden für Praxis- oder Landschaftsorientierte Untersuchungen. Materialen zur Physiogeographie 4, 41–45 (1982).
- COATES D.R.: Geomorphic Engineering. In: COATES D.R. (ED.): Geomorphology and Engineering. Allen & Unwin: London, 3-21 (1980).
- COLL.: Déclaration internationale des droits de la mémoire de la Terre. Mém. Soc. géol. France, N.S. 165 (1994).
- COLLET C.: Systèmes d'information géographique en mode image. Presses polytechniques et universitaires romandes: Lausanne 1992.
- COOKE R.U. & DOORNKAMP J.C.: Geomorphology in Environmental Management. An Introduction. Clarendon Press: Oxford 1974.
- COQUE R.: Géomorphologie. Armand Colin: Paris 1988.
- DE COULON M.: Pourquoi un beau paysage est-il beau? Essai sur l'esthétique du paysage. Office fédéral des forêts et de la protection du paysage: Berne 1988.
- DOLLINGER F.: Zum Problem der Bewertung von Naturlandschaften. Ein Plädoyer für eine geomorphologische Naturschutzarbeit. Natur und Land 1, 15–20 (1986).
- DUCRUC J.P.: Le «système écologique»: un niveau privilégié du paysage. In: BERDOULAY V. & PHIPPS M. (EDS): Paysage et système. Editions de l'Université d'Ottawa: Ottawa: 23–32 (1985).
- FOUCAULT A. & RAOULT J.F.: Dictionnaire de géologie. Masson: Paris 1988.
- GERMAN R.: S II Geowissenschaften. Naturschutz und Landschaftspflege. Ernst Klett: Stuttgart 1982.
- GRANDGIRARD V.: Systèmes d'information géographique et analyse du paysage. Institut de Géographie de l'Université de Fribourg: Fribourg 1993.
- : Aperçu géomorphologique du canton de Fribourg. GReG, Institut de Géographie de l'Université de Fribourg: Fribourg 1994.
- : Du paysage au lieu de mémoire. Annales fribourgeoises Tomes LXI et LXII, 41–48 (1997 a).
- : Géomorphologie et gestion du patrimoine naturel. La mémoire de la Terre est notre mémoire. Geographica Helvetica 2, 47–56 (1997 b).
- : An Inventory of Geomorphological Geotopes in the Canton of Fribourg (Switzerland). Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia (À paraître).

- -, BOYER L. & RAEMY, C.: EIE-N16 projet définitif. Expertise section 3. Géomorphologie et paysage. GReG, Institut de Géographie de l'Université de Fribourg: Fribourg 1994.
- - & SCHALLER I.: Espace et paysage, deux concepts-clés de l'approche géographique. Ukpik, Cahiers de l'Institut de Géographie, Université de Fribourg, Suisse 10, 25–37 (1995).
- - & SPICHER M.: Inventaire des géotopes géomorphologiques du canton de Fribourg. Les menaces de dégradation paysagère et géomorphologique. GReG, Institut de Géographie de l'Université de Fribourg: Fribourg 1996.
- GSTEIGER P.: Die Bewertung von Oberflächenformen und reliefgestaltenden Prozessen im Rahmen einer Kraftwerks-UVP. Regio Basilensis 36/2, 153–164 (1995).
- GUIGO M. ET AL.: Gestion de l'environnement et études d'impact. Masson: Paris 1991.
- HIRSCH M.: Geomorphologisch – geologische Landschaftsgebiete und Aussichtspunkte der Stadt Zürich 1989. Stadt Zürich, Gartenbauamt: Zürich 1990.
- KIENHOLZ H. ET AL.: Zur Beurteilung geomorphologischer Aspekte im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen. Z. Geomorph. N.F. Suppl.-Bd. 70, 187–203 (1988).
- KLEINER J.: Rapports entre la protection de la nature et l'aménagement du paysage. Anthos 3, 12–15 (1995).
- KYBURZ W.: Die Aufnahme des Inventars der geologischen und geomorphologischen Objekte des Kantons Zürich als Beispiel angewandter physischer Geographie. Physische Geographie, Universität Zürich 11, 7–16 (1983).
- KYBURZ W., HANTKE R. & PAVONI N.: Inventar der geologischen Objekte des Kantons Zürich. Kanton Zürich, Amt für Raumplanung, Fachstelle Naturschutz: Zürich 1983.
- MASSONIE J.P., MATHIEU D. & PRAICHEUX J.: Approche théorique de la lecture du paysage: la soumission à la vue. Cahiers de géographie de Besançon, séminaires et notes de recherche 24, 43–64 (1982).
- MONBARON M.: La géomorphologie, élément indispensable dans toute étude d'impact sur l'environnement. Ukpik, Cahiers de l'Institut de Géographie, Université de Fribourg, Suisse 9, 113–130 (1993).
- MUNZ R., BRYNER A. & SIEGRIST D.: Landschaftsschutz im Bundesrecht. Verlag Rüegger: Chur-Zürich 1996.
- NAEF H.: Das Geotop-Inventar im Kanton Thurgau. Kanton Thurgau, Amt für Raumplanung: Frauenfeld 1997.
- NEURAY G.: Des paysages. Pour qui? Pourquoi? Comment? Les presses agronomiques de Gembloux: Gembloux 1982.
- OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORêTS ET DU PAYSAGE: Etudes de l'impact sur l'environnement. Manuel EIE. OFEFP: Berne 1990.
- OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORêTS ET DU PAYSAGE: Protection de la nature et du paysage et protection du patrimoine (N/P + P) lors de l'élaboration de rapports d'impact. Recommandations pour l'auteur du domaine N/P + P. Informations concernant l'étude de l'impact sur l'environnement (EIE), No 4, OFEFP: Berne 1991.
- OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT, DES FORêTS ET DU PAYSAGE: Conception Paysage Suisse. OFEFP: Berne 1996.

- PERRITAZ L., MONBARON M. & BRASEY J.: Géomorphologie et étude d'impact: trois cas pratiques en Ajoie. Ukpik, Cahiers de l'Institut de Géographie, Université de Fribourg, Suisse 9, 131–156 (1993).
- RIEDER J: Inventaire des géotopes de la commune de Gorgier (NE). République et canton de Neuchâtel, Département de la gestion du territoire, Office de la conservation de la nature: Neuchâtel 1995.
- ROUGERIE G. & BEROUTCHACHVILI N.: Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes. Armand Colin: Paris 1991.
- SCHLEGEL H.: Geotopinventar des St. Gallischen Bezirks Werdenberg. Ber. Bot.-Zool. Ges. Liechtenstein-Sargans-Werdenberg 16, 133-184 (1987).
- SCHWARZE M. & ZEH W.: Paysages et éléments naturels indispensables à la Vie – Suggestions pour l'aménagement du territoire dans les communes. Office fédéral de l'aménagement du territoire & Office fédéral des forêts: Berne 1984.
- SPICHER M.: EIE-N16 projet définitif. Expertise section 2. Géomorphologie et paysage. GReG, Institut de Géographie de l'Université de Fribourg: Fribourg 1996.
- STRASSER ET AL.: Géotopes et la protection des objets géologiques en Suisse: un rapport stratégique. Groupe de travail pour la protection des géotopes en Suisse: Fribourg 1995.
- STUBER A.: La géomorphologie dans les domaines de la protection de la nature et du paysage. Exemples d'applications cartographiques. Travaux et recherches, Institut de Géographie, Université de Lausanne 9, 45–51 (1993).
- STÜRM B.: Anwendungsmöglichkeiten und Anforderungen an geomorphologische Karten seitens der Raumplanung. Materialen zur Physiogeographie 5, 29–32 (1983).
- TRICART J.: L'épiderme de la Terre. Esquisse d'une géomorphologie appliquée. Masson: Paris 1962.
- : Géomorphologie applicable. Masson: Paris 1978.
- & KILIAN J.: L'éco-géographie et l'aménagement du milieu naturel. François Maspero: Paris 1979.
- VOGEL A.: Inventar der geologisch – geomorphologisch schützenswerten Landschaften und Objekte im Kanton Zug. Kanton Zug, Baudirektion, Amt für Raumplanung: Zug 1986.
- : Inventar der geologisch/geomorphologisch schützenswerten Landschaften und Objekte im Kanton Luzern. Schlussbericht. Kanton Luzern, Amt für Natur- und Landschaftsschutz: Luzern 1995.
- VUILLOD P.: Paysage visible et aménagement: modélisations cartographiques et test sur le Haut-Jura. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté: Besançon 1994.
- WEGMANN S. & FIERZ S.: Témoins de l'histoire de la Terre. Protection de LA NATU-RE 1, 4–9 (1997).
- WEIDMANN M.: Geotop-Inventar '94 – das Dossier. Erfassung schutzwürdiger erdwissenschaftlicher Objekte (Geotope) in Graubünden. Kanton Graubünden, Amt für Landschaftspflege und Naturschutz: Chur 1994.
- WENGER F.: Les problèmes d'intégration des grandes infrastructures. In: INSTITUT D'ÉTUDE ET DE RECHERCHE EN INFORMATION VISUELLE: Du paysage. Doss. N°11, 58–61. (1991)

ZACE SERVICES SA, DIVISION IMPACTS: Etude d'impact sur l'environnement N16, projet définitif, section 3. Département de l'environnement et de l'équipement, Service des ponts et chaussées, section route nationale: Delémont 1995.

ZACE SERVICES SA, DIVISION IMPACTS: Etude d'impact sur l'environnement N16, projet définitif, sections 1 et 2. Département de l'environnement et de l'équipement, Service des ponts et chaussées, section route nationale: Delémont 1996.

8. Textes légaux mentionnés

Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (LPE), N° RS 814.01.

Ordonnance du 19 octobre 1988 relative à l'étude de l'impact sur l'environnement (OEIE), N° RS 814.011.

Code civil suisse (CCS) du 10 décembre 1907, N° RS 210.

Loi fédérale du 22 juin 1979 sur l'aménagement du territoire (LAT), N° RS 700.

Loi fédérale du 1er juillet 1966 sur la protection de la nature et du paysage (LPN), N° RS 451.

Ordonnance du 10 août 1977 concernant l'inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels (OIFP), N° RS 451.11.

Ordonnance du 21 janvier 1991 sur la protection des hauts-marais et des marais de transition d'importance nationale (Ordonnance sur les hauts-marais), N° RS 451.32.

Ordonnance du 28 octobre 1992 sur la protection des zones alluviales d'importance nationale (Ordonnance sur les zones alluviales), N° RS 451.31.

Ordonnance du 7 septembre 1994 sur la protection des bas-marais d'importance nationale (Ordonnance sur les bas-marais), N° RS 451.33.

Ordonnance du 1^{er} mai 1996 sur la protection des sites marécageux d'une beauté particulière et d'importance nationale (Ordonnance sur les sites marécageux), N° RS 452.35.