



**CAHIER DE
L'ENVIRONNEMENT
No 216**

**Protection des eaux
Protection du paysage**

**Toits
végétalisés**



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

**CAHIER DE
L'ENVIRONNEMENT
No 216**

**Protection des eaux
Protection du paysage**

**Toits
végétalisés**

Niches écologiques et surfaces de compensation dans les zones d'habitation sous l'angle particulier de la végétalisation extensive

**Publié par l'Office fédéral
de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)
Berne, 1995**

Auteurs: A. Beins-Franke, géographe diplômée
J. Heeb, Dr. phil., géographe / écologiste du paysage
Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid,
6114 Steinhuserberg

**Accompagnement
OFEFP:** E. Studer (Protection des eaux et pêche)
M. Thommen (Protection du paysage)

**Photos et illustrations
sans citation de sources:** A. Beins-Franke,
Illustrations p. 13, 21 et 24 reproduites d'après photos de
P. Schwedtke, renatur

Photo de couverture: Toit végétalisé quartier Länggasse, Berne (M. Thommen)

Commande: Service de documentation
Office fédéral de l'environnement, des forêts et du
paysage 3003 Berne

Prix: Fr. 8.-- TWA incl.

3.95 1'000 U26098/2

INDEX

EN BREF	5
AVANT-PROPOS	7
RESUME	8
PREMIERE PARTIE	
1. INTRODUCTION	12
1.1 Les toits végétalisés et leur environnement	12
1.2 Développement historique des toits végétalisés	12
1.3 Etat actuel des connaissances	13
2. QU'EST-CE QU'UN TOIT VEGETALISE?	14
2.1 Conception de base du toit végétalisé	14
2.2 Quel genre de végétalisation existe-t-il?	15
2.3 Schéma modèle - fonctionnement d'un toit végétalisé du point de vue écologique	16
3. COÛT D'UN TOIT VÉGÉTALISÉ	17
4. IMPORTANCE DES TOITS VEGETALISES	18
4.1 Régulation des eaux de pluie dans les lotissements par les toits végétalisés	18
4.2 Toits végétalisés comme surfaces de compensation écologique	19
4.3 Toits végétalisés et protection du sol	19
4.4 Amélioration du climat des lotissements par les toits végétalisés	20
4.5 Amélioration de la qualité de l'air grâce aux toits végétalisés	20
4.6 Diminution des nuisances phoniques grâce aux toits végétalisés	21
4.7 Harmonisation de la physionomie des lotissements et du paysage grâce aux toits végétalisés	21
4.8 Comparaison du coût des toits végétalisés et non végétalisés	22
5. CHAMPS D'APPLICATION POUR LES TOITS VEGETALISES	24
5.1 ... pour constructions privées	24
5.2 ... pour le domaine public	25
5.3 Aspect d'une utilisation multiple	25

DEUXIEME PARTIE

6. BASES POUR LA CONSTRUCTION DES TOITS VEGETALISES	26
6.1 Appréciation des qualités du lieu	26
6.2 Planification des toits végétalisés	27
6.3 Construction et végétalisation	27
6.3.1 Différences dans la pente du toit	27
6.3.2 Différences physiques lors de la construction du toit	28
6.3.3 Statique et charge utile	28
6.4 Construction par couches	29
6.5 Risques et responsabilités	30
6.6 Avantages et inconvénients du système clé en main	30
7. APPRÉCIATION DE CERTAINS TYPES DE VEGETATION DU POINT DE VUE DE LA PLANIFICATION	31
8. QUEL GENRE DE TRAVAUX L'ENTRETIEN D'UN TOIT VEGETALISE NÉCESSITE-T-IL?	32
9. FAVORISER DES TOITS VEGETALISES?	34
9.1 Pourquoi encourager les toits végétalisés	34
9.2 Mesures d'encouragement	35
10. BASES JURIDIQUES	37
11. ADRESSES UTILES	38
12. LITTERATURE	39

TROISIEME PARTIE

13. DONNEES COMPLEMENTAIRES	42
------------------------------------	-----------

EN BREF

Die Begrünung von Dächern gewinnt als eine von vielen Maßnahmen im Rahmen einer ökologisch orientierten Stadtplanung immer stärker an Bedeutung. Dachbegrünungen bieten einen gewissen Schutz für das Gebäude selbst und können durch ihre ökologischen und freiraumplanerischen Effekte den oftmals ungünstigen Lebensbedingungen in unseren heutigen Städten entgegenwirken.

Aufgrund der allgemeinen positiven Auswirkungen entspricht die Anlage begrünter Dächer den ökologischen Zielsetzungen der Gesetzgebung des Bundes, insbesondere den Zielen des Gewässerschutzgesetzes sowie des Umweltschutz-, des Natur- u. Heimatschutz- und des Raumplanungsgesetzes sowie der Planungs- und Baugesetze einiger Kantone.

Infolge ihrer Wasserspeicherungs- und Abflußverzögerungsfähigkeit besitzen begrünete Dächer eine

gewisse Pufferungsfähigkeit gegenüber oberflächlich abfließenden Niederschlägen, die notwendige Ausbauten der Wasserentsorgungssysteme in Siedlungen und damit verbundene Kosten erheblich einschränken könnten. Begrünete Dächer stellen im Sinne einer ökologischen Stadtplanung also auch ein wichtiges Regelungsinstrument und damit eine wichtige Komponente des zukünftigen Siedlungsbaues dar.

Eine ihrer Bedeutung entsprechende Förderung ist angesichts der weiterhin sinkenden Umweltqualität in den heutigen Städten notwendig - Grundlagen dazu liefern vor allem die kantonalen Planungs- und Baugesetze.

In vielen schweizerischen Städten ist ein beträchtliches Begrünungspotential in Form von Flachdachgebäuden und -konstruktionen vorhanden, die ohne großen Aufwand begrünt werden könnten.

In the field of town planning, one of several measures which takes ecology into consideration and which is gaining ever greater significance is the 'greening' of roofs. Roofgreening offers certain protection to buildings themselves and, through its positive ecological and architectural elements, can frequently counterbalance the living conditions of our modern towns and cities, which are often far from idyllic.

Due to the generally positive effects, the conception of roofgreening complies with the ecological objectives of federal law and, in particular, with the goals of the legislation on: the prevention of water pollution, protection of the natural environment, development planning, as well as the planning and building regulations of some of the cantons.

As a consequence of their capacity for holding water and slowing down drainage, roofs which have under-

gone greening possess a certain capability for occluding surface precipitations. This would reduce considerably the essential construction of water waste management systems in installations, and would thereby reduce costs. The greening of roofs also represents an important means by which town planning can be regulated with ecology in mind, and it will therefore become an important component of future settlements.

One other supporting factor of significance and relevance is the continual decline in the quality of our urban environment; bases for this are the planning and building regulations of the cantons.

In numerous cities in Switzerland there is remarkable potential for 'greening' in the shape of buildings with flat roofs. These could be rendered green with no great expense having to be incurred.

Parmi les nombreuses mesures qui s'offrent à nous pour la mise en oeuvre d'une politique d'urbanisme écologique, la plantation de verdure sur les toits prend de plus en plus d'importance. La verdure fournit une certaine protection au bâtiment et permet de contrecarrer, par son effet écologique et par le rôle qu'elle joue dans la conception des espaces libres et de loisirs, les conditions de vie parfois difficiles qu'on rencontre dans les villes de nos jours.

Grâce à ses répercussions positives, la plantation de verdure sur les toits va dans le sens des objectifs visés par la législation fédérale, surtout en matière de protection des eaux, de l'environnement, de la nature et du patrimoine ainsi qu'en matière d'aménagement du territoire; elle correspond également à l'esprit des lois de certains cantons dans le domaine des constructions et de l'aménagement du territoire.

Grâce à leur capacité de retenir l'eau ou d'en ralentir le ruissellement, les toits verts font office de tampon et empêchent l'écoulement de l'eau en surface, permettant une réduction considérable des frais liés aux installations d'évacuation des eaux dans les lotissements. Les toits verts constituent, dans l'esprit d'un urbanisme écologique, un instrument de régulation et, par conséquent, un élément important dans la conception future de l'habitat.

Au vu de la diminution de la qualité de l'environnement en ville, il est important de favoriser les plantations. Les lois de planification et de construction cantonales fournissent les directives nécessaires.

Dans beaucoup de villes il y a un potentiel de verdissement considérable, sous forme de toits plats et d'autres constructions qu'on pourrait verdir sans beaucoup de frais.

Nell'ambito di una pianificazione urbanistica più attenta ai problemi ecologici, i giardini pensili stanno tornando di moda. Infatti oltre a fornire una certa protezione agli edifici stessi, danno una nota di verde al paesaggio cittadino, contribuendo così a migliorare la qualità di vita.

I giardini pensili inoltre concorrono perfettamente a realizzare gli obiettivi ecologici della legislazione federale, in particolare della legge sulla protezione delle acque, di quella sulla protezione dell'ambiente, di quella sulla protezione della natura e del paesaggio, di quella sulla pianificazione del territorio, nonché gli obiettivi delle leggi in materia di pianificazione e di costruzione di vari Cantoni.

Grazie alla loro capacità di immagazzinare acqua e di restituirla a poco a poco, i giardini pensili sono in grado di svolgere un'azione di regolazione dei deflussi

causati dalle precipitazioni, rendendo in parte superflui i lavori di ingrandimento delle canalizzazioni cittadine per l'evacuazione delle acque di scarico, con conseguenti notevoli risparmi. I giardini pensili dunque non hanno soltanto un indubbio valore paesaggistico, ma possono anche svolgere un'importante funzione di regolazione che merita appieno tutta l'attenzione degli urbanisti del futuro.

Considerato quanto sopra esposto, il promovimento di tali giardini pensili ci sembra assolutamente necessario. Le leggi cantonali in materia di pianificazione e di costruzione forniscono il quadro di tali interventi.

Ricordiamo che già oggi in molte città svizzere esistono numerosi edifici e costruzioni con un tetto piano che si prestano ottimamente e con un investimento relativamente basso ad essere trasformati in giardini pensili.

AVANT-PROPOS

Toute construction, où qu'on la réalise, porte atteinte au cycle de l'eau, du sol, du micro-climat, de la flore et de la faune. La physionomie de l'habitat et du paysage s'en trouve souvent modifiée en profondeur. Un principe de la politique moderne en matière d'environnement consiste à réduire ces atteintes autant que possible, et à les harmoniser avec les exigences d'une utilisation durable de l'espace et du sol. Cet engagement dans la recherche de solutions écologiques adéquates est tout particulièrement pertinent en matière de toitures. Végétalisées, elles pourront remplacer certaines fonctions du sol et du terrain sur lesquels la construction a été bâtie.

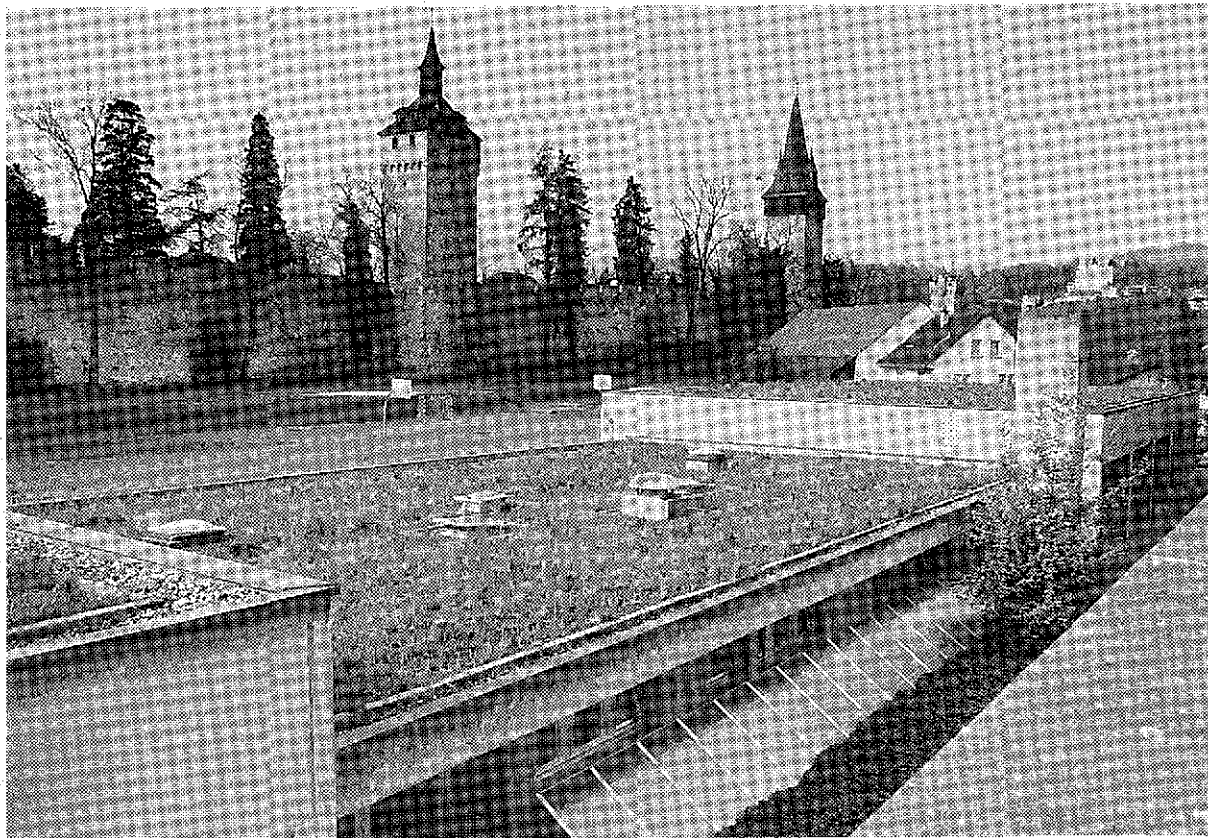
Depuis longtemps déjà, les toits végétalisés ne constituent plus le simple hobby d'une poignée d'architectes ou d'amoureux de la nature. La densité croissante des lotissements contraint à chercher des mesures de remplacement; ceci vaut pour les toits également. Dès lors, pourquoi ne pas créer, en lieu et place des déserts de toits que l'on peut apercevoir dans certains quartiers industriels ou d'habitation, ou encore autour de bâtiments officiels, un paysage de toits différenciés, revêtus d'une couche de verdure vivante? Ces végétalisations ont fait, ces dernières années, l'objet d'un intérêt toujours plus grand. Si les toits végétalisés ont tout d'abord revêtu de l'importance pour leur aspect visuel, leur contribution au plan écologique ainsi que leurs avantages économiques sont aujourd'hui au premier plan. Ce sont tout particulièrement leur fonction de compensation dans la gestion des eaux et du paysage, ainsi que leur effet de protection des bâtiments autant que du climat, qui leur confèrent cette importance.

Les végétalisations des toits devraient être intégrées dans l'ensemble des mesures élaborées par les communes ou les organisations privées en vue d'améliorer l'environnement dans les zones urbaines. Ainsi les lotissements pourront - en relation avec d'autres moyens simples de réalisation comme des végétalisations de façades, des cours plantées ou des espaces verts naturels - être valorisés en tant qu'espaces de vie. Il faudrait toutefois, avec les végétalisations de toits, éviter de procéder de façon uniforme. Il importe de tenir compte de la spécificité régionale et du paysage de toits existants, cela tout particulièrement dans des environnements à caractère historique.

Le rapport que voici entend inciter à l'action et contribuer à une pratique plus généralisée de ce type de toits en Suisse. Qu'il soit membre d'une autorité, architecte, ingénieur de la construction ou promoteur, celui qui a la capacité, de par les projets qu'il élabore et les décisions qu'il prend, d'exercer une influence sur les paysages de toits, pourra ainsi contribuer à oeuvrer dans le sens de solutions valables.

Philippe Roch
Directeur de l'office fédéral
de l'environnement, des
forêts et du paysage

RESUME



Terrain de sports de Musegg, Lucerne

Cette brochure offre, en plus d'informations de base sur l'écologie dans la construction et l'urbanisme, des arguments favorisant la végétalisation des toits. Elle s'adresse non seulement aux gens de métier, mais aussi aux responsables politiques et aux administrations.

La végétalisation des toits offre d'une part une certaine protection au bâtiment lui-même; elle peut, d'autre part, grâce à sa fonction écologique, améliorer les conditions de vie difficiles qui règnent dans nos villes.

Dans les pays aux climats extrêmes avant tout, comme la Scandinavie, le toit végétalisé possède une longue tradition. Chez nous aussi, la végétalisation des toits gagne en importance et figure parmi les mesures prises dans le cadre d'une planification urbaine à orientation écologique.

Des toits végétalisés protègent les bâtiments

- **Moins de variations de températures:**
Moins de variations de températures grâce à une diminution d'environ deux tiers des variations de

températures journalières et annuelles au niveau de la structure des toits, d'où une diminution de l'altération des matériaux.

- **Amélioration significative du climat:**

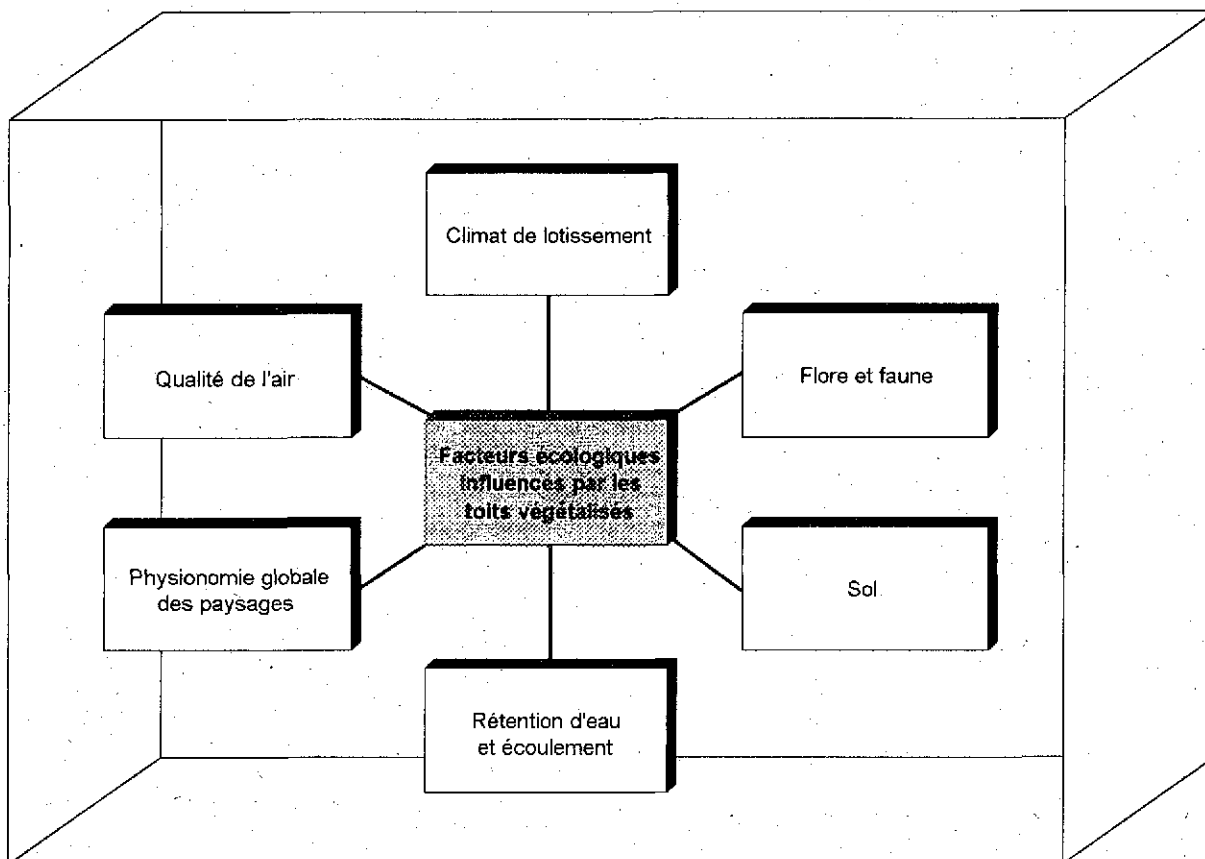
Dans les locaux situés sous les toits, les températures sont équilibrées. En été, surtout, il y fait agréablement frais.

- **Protection contre les racines agressives:**

La végétation régulière et épaisse, dans le cas de végétalisations extensives, rend difficile l'enracinement des plantes ligneuses pionnières dont les racines sont agressives. Ces dernières s'enracinent bien plus facilement sur un toit de gravier et, par manque de protection adéquate, causent alors des dégâts.

- **Diminution de la charge phonique:**

Absorption de bruits par le substrat et la végétation, d'où diminution, par exemple, des bruits causés par l'aviation.



Les toits végétalisés constituent une amélioration écologique

- Rétention d'eau de pluie:

Le substrat a la possibilité de retenir et de stocker jusqu'à 70% de l'eau, d'où diminution et ralentissement des eaux s'écoulant en surface.

- Amélioration du climat des lotissements:

Cette amélioration provient de la réduction de l'amplitude des températures ainsi que de l'augmentation du taux d'hygrométrie.

- Amélioration de la qualité de l'air:

La pollution sous forme de gaz, de suie ou de poussières est absorbée et fixée par la végétation et le substrat.

- Nettoyage des eaux des précipitations:

La couche de substrat fonctionne comme un filtre pour les toxines contenues dans les eaux de pluie.

- Incorporation dans les lotissements et le paysage:

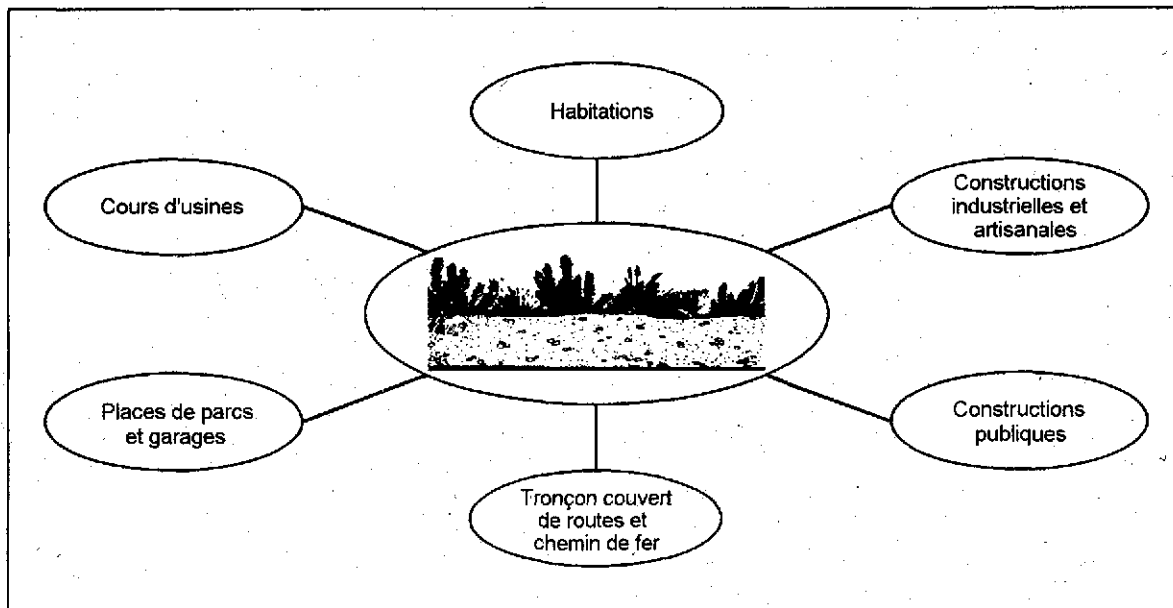
Les toits végétalisés égalent la physionomie monotone des lotissements, car ils agrandissent le champ de vision et créent ainsi une intégration harmonieuse des constructions avec le paysage.

- Compensation du sol perdu:

Grâce à une utilisation plus importante des surfaces occupée par la construction - immeubles et espaces verts - on peut remplacer, en partie, le terrain perdu.

- Espace vital:

Les toits végétalisés créent des espaces vitaux pour de nombreuses espèces d'animaux et de plantes devenues rares.



Voici pourquoi les toits végétalisés sont aussi intéressants financièrement

- **Isolation durable du toit:**
Prolongation de la durée de vie de l'isolation du toit et diminution des risques d'endommagement.
- **Economie sur le coût lors d'une installation de climatisation:**
La dépense relative à une climatisation peut être fortement diminuée ou même totalement évitée.
- **Economie sur le coût des canalisations:**
Les extensions des systèmes d'élimination des eaux dans les grands ensembles peuvent être réduites au minimum; quant aux frais, ils peuvent être diminués surtout dans les nouveaux lotissements.

En prévoyant la végétalisation de la toiture, il faut veiller à une harmonisation entre l'emplacement, les conditions préliminaires de construction, les conditions cadres en matière d'urbanisme ainsi que les exigences posées quant à la fonction qu'on attend de la végétalisation. Lors qu'un projet est livré clef en mains, il faut s'assurer que les matériaux utilisés soient bien écologiques. Par rapport au coût de construction, on distingue principalement deux genres de végétalisation:

- **Végétalisation extensive**
Elle est créée à partir de végétaux rustiques, résistant à la sécheresse, tels que vivaces et graminées, sur une petite épaisseur de substrat (jusqu'à 10 cm). Cela est bien adapté lors de rénovation de

bâtiments déjà existants, mais à condition que les exigences techniques correspondant aux normes SIA 271.2 soient respectées (cl. p. 40). Pour cette végétalisation extensive, aucun engrais, aucun arrosage et très peu de soins sont nécessaires comparativement aux toits de gravier. Lors de rénovations ou de constructions neuves de toits plats conventionnels, on peut remplacer le gravier par une végétalisation extensive simple, sans coûts supplémentaires majeurs.

- **Végétalisation intensive:**
Ce sont principalement des toits terrasses (ou "jardins suspendus") et des toits herbeux, avec une épaisseur de substrat de plus de 10 cm. Ce genre de végétalisation est créée selon l'imagination et le but recherchés. Elle est composée de graminées, de vivaces, de feuillus et de conifères exigeant des soins réguliers comparables à ceux des jardins en général (arrosage, engrais, taille, etc.).

Par leurs fonctions écologiques, les toits végétalisés sont une composante importante dans la construction des futurs lotissements. Eu égard à leur importance, il est non seulement souhaitable mais nécessaire de les favoriser, compte tenu de la continuelle détérioration de la qualité de vie dans les agglomérations urbaines.

L'aménagement de toits végétalisés correspond aux objectifs écologiques fixés par la législation fédérale - notamment dans la loi sur la protection des eaux - objectifs selon lesquels l'eau d'écoulement non polluée ne doit plus être l'objet de canalisations; les lois sur la protection de l'environnement; sur la protection de la nature et du paysage ainsi que sur l'aménagement du territoire entrent également en considération.

Un encouragement concret figure notamment dans les lois cantonales de construction et d'aménagement du territoire. Les mesures appropriées consistent à:

1. Etablir des prescriptions en matière de végétalisation des toits dans le cadre de la planification. En fixant l'intensité d'utilisation de régions, en établissant des prescriptions sur la végétalisation de toits, et en fixant des prescriptions sur la valeur de rétention d'eau des terrains.
2. Favoriser la végétalisation des toits en augmentant l'influence des communes sous forme de conseils adéquats et ciblés.
3. Favoriser par l'encouragement financier.
4. Encourager par des cours de formation pour les architectes, les aménagistes, les responsables en matière de constructions et les professionnels du bâtiment.

Beaucoup de villes suisses ont un potentiel de végétalisation, grâce au nombre élevé de constructions anciennes et nouvelles ayant au toit plat. A peu de frais, on peut, dans le cadre des rénovations, les végétaliser.

Le développement technique offre diverses possibilités pour la réalisation d'exigences particulières et offre un haut degré de sécurité si les projets de végétalisation et leur mise en oeuvre sont effectués soigneusement, les dégâts possibles aux bâtiments pouvant être réduits à un minimum.

PREMIERE PARTIE

1. INTRODUCTION

1.1 Les toits végétalisés et leur environnement

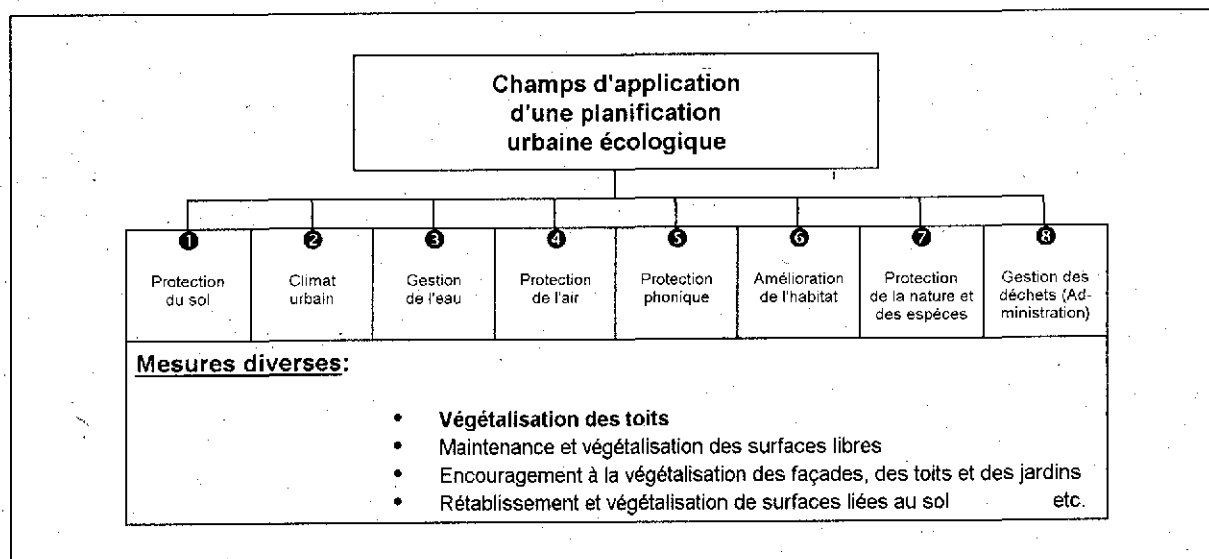
Pendant ces 150 à 200 dernières années, la perception et la compréhension que l'homme a eues de la nature a considérablement changé; de la nature qui menace, elle est devenue nature menacée. L'homme, en tant qu'être vivant, est aussi menacé et a créé pour la "nature naturelle" des réserves où la nature est à l'abri des atteintes de l'homme¹⁶⁾; les raisons et les conséquences diverses de ce développement sont nombreuses. On s'en aperçoit surtout dans nos villes "inhospitalières"⁴⁴⁾ dans lesquelles vit et travaille une grande partie de la population.

Des revendications comme "plus d'espaces verts dans les villes" ont suscité au début des années 80 un débat sur une planification et un renouvellement urbains orientés écologiquement. Des projets écologiques divers ont été exécutés en vue d'indiquer le chemin à parcourir pour désamorcer la situation précaire dans les villes.

Le champ d'action¹²⁾, défini dans le sens d'une planification urbaine écologique, comporte de nombreuses mesures concrètes. Il est du devoir des urbanistes communaux et urbains de créer un catalogue de mesures appelées à s'adapter à la situation locale.

Vu les effets visés par la végétalisation des toits, touchant les 7 à 8 premiers points, on peut considérer qu'elle constitue sans conteste une mesure parmi d'autres visant à l'amélioration de la situation des villes.

La végétalisation des toits pourrait alors contribuer à rendre les villes plus vivables. Malgré cela, il faut veiller attentivement aux effets de plantations de grandes surfaces dans l'ensemble d'un projet (comme pour toutes les autres mesures à exécuter).



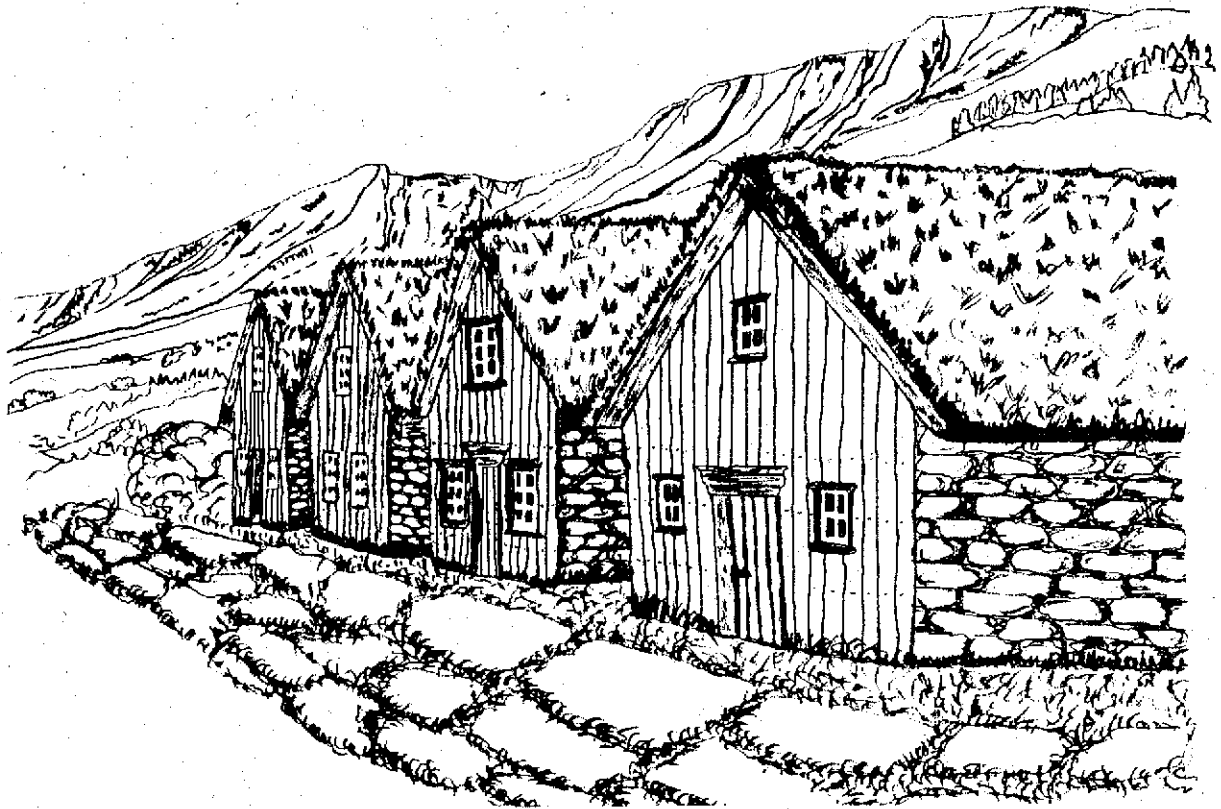
1.2 Développement historique des toits végétalisés

L'idée de végétaliser les toits n'est absolument pas nouvelle. Déjà, en l'an 600 avant Jésus-Christ, les jardins suspendus de Semiramis, à Babylone, atteignirent la célébrité et figurent parmi les sept merveilles du monde. Ainsi, dans l'Athènes antique et à Rome, à cause de la concentration urbaine, on aménageait et utilisait des jardins sur les toits plats végétalisés traditionnels¹⁸⁾.

Les toits ont une longue tradition partout où il

faillait se protéger de l'influence du climat, comme la pluie, le vent, le soleil et la chaleur.

Ainsi, dans les pays nordiques comme l'Islande, la Norvège et la Suède, la végétalisation fut exécutée avec de l'herbe, des mottes de tourbe et une isolation d'écorces de bouleaux. On rencontre également une végétalisation de toits comparable sous les tropiques, dans les pays tels que le Guatemala et la Tanzanie³⁾.



Le maître-maçon berlinois Carl Rabitz décrivait déjà les nombreux avantages des toits utilisables, lors de l'exposition universelle de 1867 à Paris. Au début du siècle, des adeptes de la nouvelle architecture soulèverent le thème de la végétalisation des toits⁵⁹. Sous nos latitudes aussi, on planifia et construisit une série de vastes jardins en terrasses. Pourtant, chez nous, à la suite de cette phase, les toits plats et pentus n'ont

été que rarement utilisés ou sciemment abandonnés à la nature⁵⁹.

Ce n'est que dès le début des années 70 que la **végétalisation des toits gagne de l'importance en tant qu'amélioration écologique, créative et fonctionnelle de l'habitat et des lieux de travail.**

1.3 Etat actuel des connaissances

Dans le domaine des lotissements c'est surtout une végétation liée au sol qui produit un effet écologique (refroidissement, évaporation) contre les effets urbains néfastes. Ce fait est devenu entre-temps bien connu dans le domaine public²⁶. **Les végétalisations des toits peuvent dans une certaine mesure reprendre les fonctions de la végétation liée au sol et elles revêtent une importance maximale surtout là où il y a peu de surface pour une plantation au sol.**

Au cours de ces dernières années, des recherches ont été faites et publiées quant à l'ampleur des effets visés par les toits végétalisés. Les résultats de ces recherches sont condensés et mentionnés dans le chapitre 4 de cette brochure sous le titre "recherche sur les effets des toits végétalisés".

Outre les recherches menées ces dix ou quinze dernières années sur les effets visés par les végéta-

lisations de toits, on a observé un développement très important dans la technique de la végétalisation.

Certains fabricants de toits végétalisés ont développé une série de systèmes qui s'adaptent à de multiples exigences.

Les plantations extensives, en particulier, avec une végétation peu exigeante, sont une possibilité pour les constructions déjà existantes (dans le cadre de rénovations) et n'imposent pas de contraintes supplémentaires en matière de construction (similaire à un apport de gravillons). Cela a donc contribué à une propagation des toits végétalisés³⁹.

L'argument des sceptiques, dans le passé, est donc balayé par des recherches étendues sur les matériaux employés pour la construction des toits végétalisés, garantissant au plus haut point la sécurité en matière de dégâts occasionnés aux constructions.

2. QU'EST-CE QU'UN TOIT VÉGÉTALISÉ?

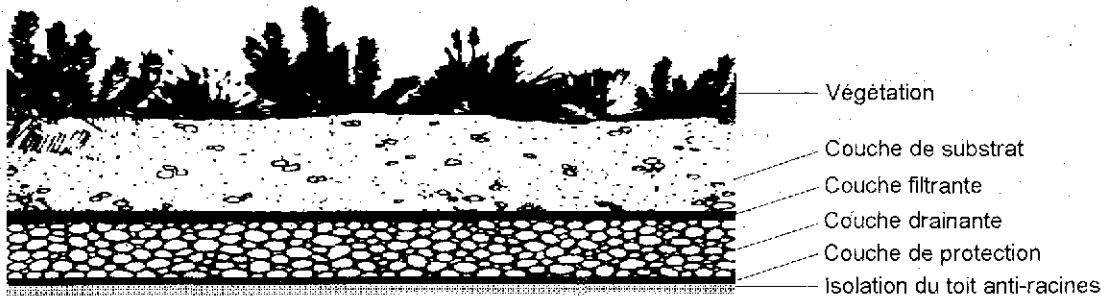
2.1 Conception de base du toit végétalisé

La végétalisation des toits peut être réalisée de différentes manières. Lors de l'élaboration de couches successives, il faut veiller à quelques points généraux (données climatiques et de construction, but visé quant à l'utilisation des toits végétalisés). Il y a autant de variantes pour la plantation des toits végétalisés que d'exigences et de désirs possibles et imaginables. Cela dit, on peut ramener les différents systèmes de végétalisation à quelques principes homogènes fondamentaux.

La végétalisation du toit, par rapport à des plantations naturelles, n'est pas liée au sol, et est donc très exposée à des variations de temps et de températures multiples. La structure d'un toit végétalisé possède plusieurs couches, qui doivent chacune remplir leur

rôle^{(1), (42)}. Ces couches qu'on appelle fonctionnelles doivent d'un côté permettre une croissance de la plantation (c'est-à-dire remplir le rôle du sol naturel) et d'un autre côté éviter des dégâts aux bâtiments.

Pour la structure de végétalisation, on peut utiliser les matériaux les plus divers. L'éventail de choix va du produit naturel traditionnel de Scandinavie (en mottes d'herbes) jusqu'à la végétalisation du toit avec protection contre les racines, isolation en tissu synthétique et couche de substrat en mousse synthétique. **Dans la pratique, principalement dans le cas de constructions de couches fines, on assemble le plus souvent plusieurs couches fonctionnelles, en choisissant les matériaux appropriés.**



(selon ⁵⁰⁾)

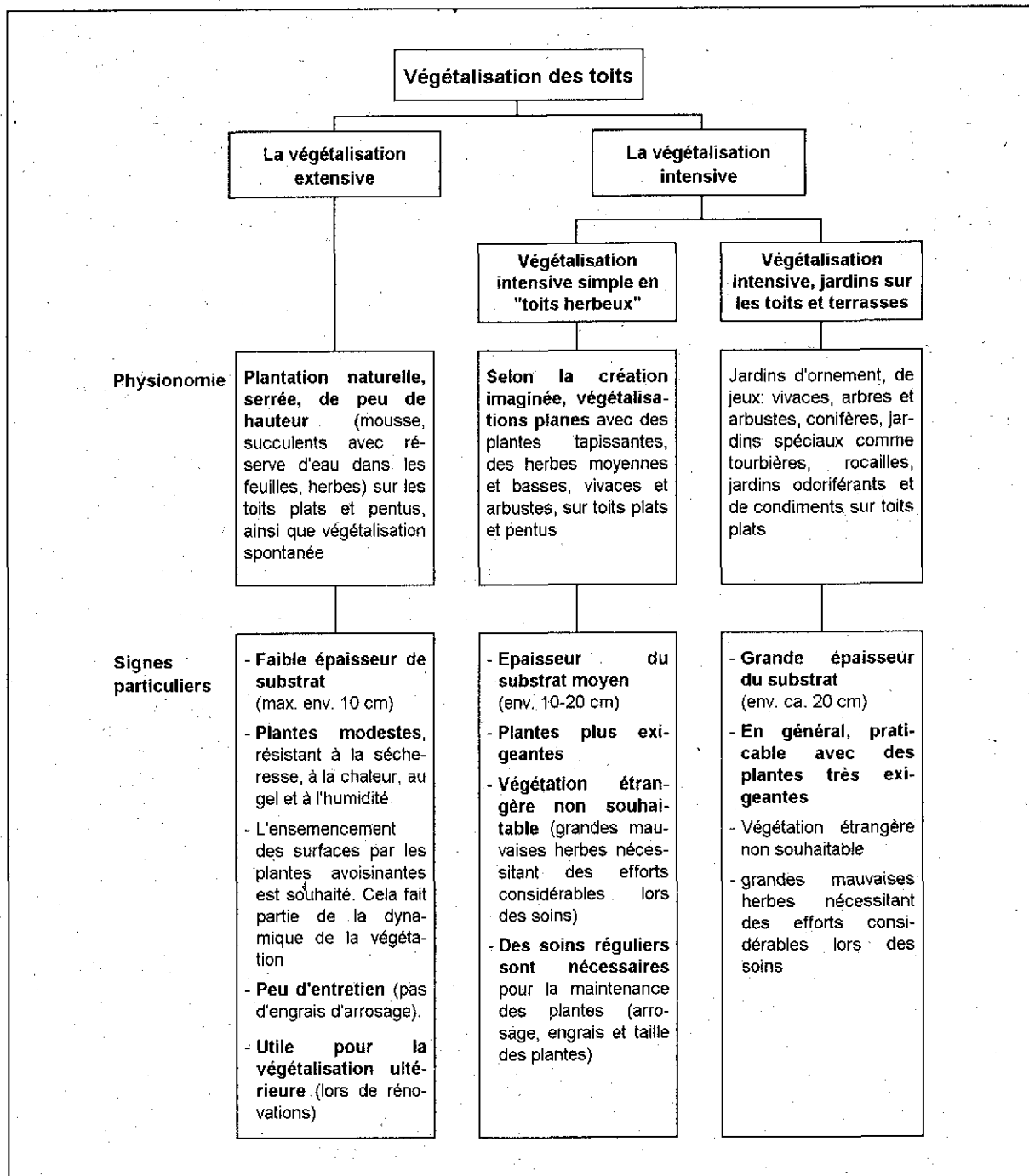
Couches de fonctions d'une végétalisation de toit

- **Végétation:** Plantes.
- **Couche de substrat:** Elle forme une couche d'enracinement et de base pour permettre la croissance des plantes sur les toits.
- **Couche filtrante:** Elle empêche que des particules de substrat entrent dans la couche drainante.
- **Couche drainante:** Elle conduit le surplus d'eau vers l'écoulement du toit, ou vers un réservoir d'eau si l'exécution du travail le permet.
- **Couche de protection:** Couche de protection de l'isolation du toit contre les sollicitations statiques, dynamiques et thermiques.
- **Protection contre les racines:** Elle empêche les racines de traverser et d'endommager l'isolation du toit.
- **Couche de séparation:** Elle est utilisée en cas d'incompatibilité chimique entre les diverses couches ou comme protection de l'isolation.
- **Isolation du toit:** Empêche l'humidité d'entrer dans la construction.

2.2 Quel genre de végétalisation existe-t-il?

Le classement des toits végétalisés dépend généralement de l'utilisation, du genre de végétation et des soins exigés par l'entretien⁴². Mais le schéma suivant n'est pas un classement rigide, car les différentes végétalisations peuvent se chevaucher. Par ex., l'ensemencement d'herbes rustiques sur des toits pentus

(dès 20° de pente) figure dans la catégorie "végétalisation simple intensive" à cause de l'entretien régulier qu'il exige. De même les données de l'épaisseur du substrat sont à comprendre en tant que valeurs indicatives.



(selon ¹⁾)

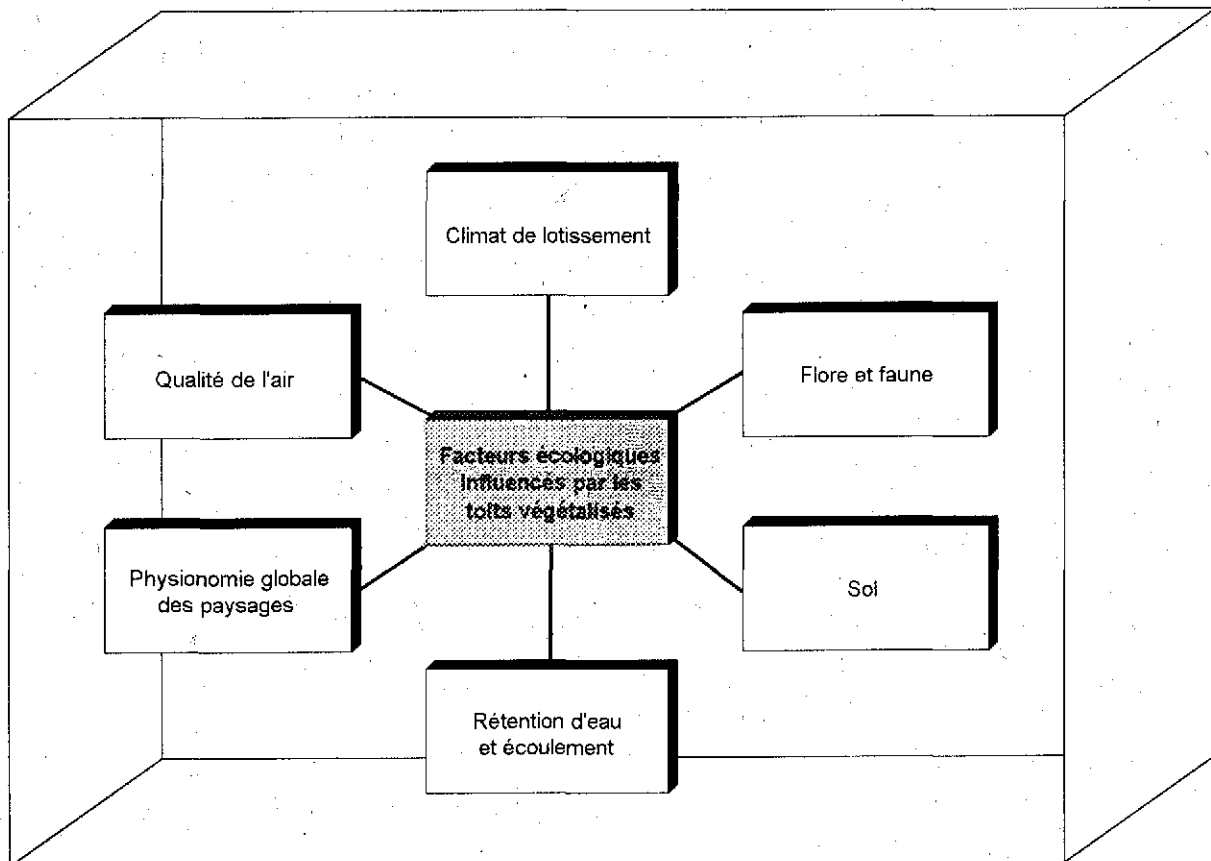
2.3 Schéma modèle - fonctionnement d'un toit végétalisé du point de vue écologique

Quelques différences concernant la ville par rapport à la campagne

- Précipitations plus élevées
 - Accumulation accrue de nuages
 - Rayonnement et luminosité diminués
 - Inversion des couches de température accrue
 - Vitesse du vent réduite
 - élévation de la température moyenne de 1 à 2°C
 - Pollution de l'air passablement plus élevée (poussières, émanations)
 - Humidité de l'air réduite
 - Diminution du renouvellement de la nappe phréatique, à cause de l'évacuation rapide de l'eau par les collecteurs et les canalisations
 - Turbulences dues au vent accrues
 - Diminution de la diversité écologique de la flore et de la faune
 - Nuisances sonores
- etc.

Le bétonnage de la surface de la terre constitue une atteinte considérable à l'équilibre naturel. Avec le changement de la structure de la surface, on influence le micro-climat et le réseau d'eau, particulièrement dans les agglomérations urbaines importantes où, en plus, il y a une grande concentration de pollution et de sources de chaleur (chauffages industriels, circulation); on y observe donc souvent de grandes différences climatiques par rapport aux environs.

Dans l'ensemble, les atteintes infligées aux structures naturelles conduisent à une diminution de la qualité de vie, voire à des conditions de vie menaçant la santé.



Les facteurs influencés par la végétalisation des toits sont représentés par ce modèle. Comme les effets d'une végétalisation de toit localisée sont limités, il faut être conscient du fait que son retentissement ne peut être sensible en ville que si une surface suffisante en est pourvue.

L'effet produit par les toits végétalisés diffère énormément selon le genre de végétalisation (intensive et extensive). On obtient évidemment un renforcement de ces effets par les plantations liées au sol.

3. COÛT D'UN TOIT VÉGÉTALISÉ

Le coût des toits végétalisés est très variable en fonction de la diversité des toits (grandeur, forme, construction et lieu) et de l'intensité de la végétalisation. Pour cette raison on ne dispose que de données très générales.

Le changement éventuel de renforcement au niveau des éléments porteurs d'un immeuble, dans le cas d'une végétalisation ultérieure, (surtout dans le cas

d'une végétalisation intensive) ne sont pas compris dans les prix ci-dessous.

Une réduction de prix est possible par un apport de travail propre et de matériaux nécessaires indépendamment du système. Il est bien entendu que les économies ne doivent pas se faire au détriment de la qualité des matériaux et du travail, ce qui demanderait une rénovation ultérieure.

Coût de construction d'un toit végétalisé (1993)

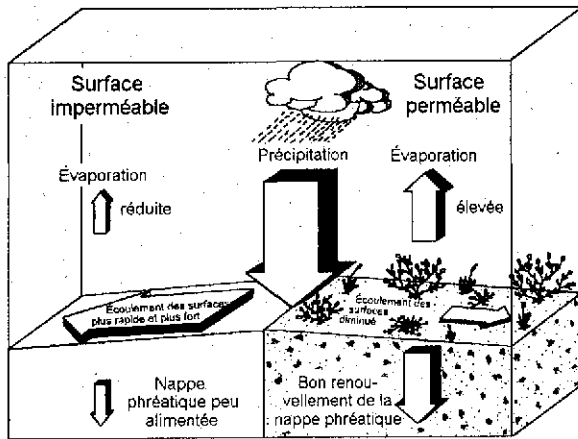
- | | | |
|--|-----|---------------------------------|
| • Végétalisation minimale (construction à une ou trois couches avec protection contre les racines, couche drainante en Lecca, filtre de filies et 5 cm de tout-venant, avec semis de "bout de Sedum") | dès | 35.-- frs /m ² env. |
| • Système de végétalisation extensive (avec substrat d'humus) | dès | 50.-- frs /m ² env. |
| • Système intensif simple | dès | 90.-- frs /m ² env. |
| • Système intensif | dès | 140.-- frs /m ² env. |

4. IMPORTANCE DES TOITS VEGETALISES

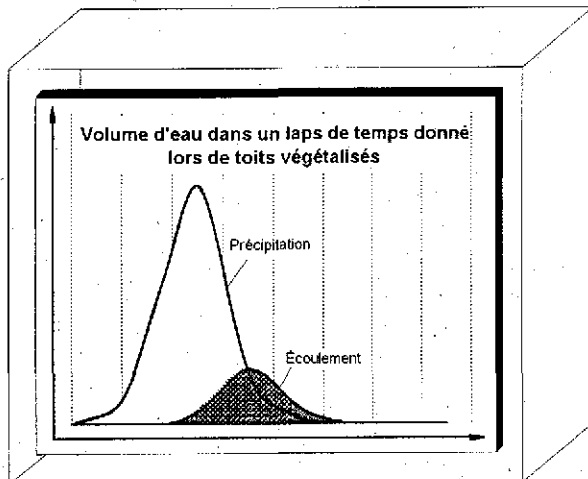
La végétalisation des toits a des fonctions et des effets nombreux dans le domaine de l'urbanisation et de l'écologie. En plus, elle assure, dans une certaine mesure, une protection de l'immeuble même. Ces aspects sont d'une grande importance pour la nature, la qualité de vie dans les lotissements et l'économie

possible lors de constructions de lotissements. L'importance des fonctions et des effets dépend en particulier de l'emplacement de la plantation (il faut penser à la signification architecturale des toits végétalisés, aussi bien dans les implantations en région urbaine à forte densité qu'à la campagne).

4.1 Régulation des eaux de pluie dans les lotissements par les toits végétalisés



Les surfaces imperméables dans les lotissements conduisent à une diminution de la nappe phréatique du fait du manque d'eau d'infiltration. Pour les plantes au sol, cela signifie souvent un manque permanent en eau, ou même des problèmes dus au manque d'eau potable. Du fait que l'eau est évacuée rapidement par les canalisations, on diminue l'évaporation et on contribue à l'augmentation de la chaleur en ville⁴⁸⁾. Le circuit d'eau perturbé mène souvent à des problèmes de gestion de l'évacuation. Le système de canalisation où l'eau de pluie et celle des égouts sont mélangées (station d'épuration) déborde lors de pluies abondantes. L'entretien et la construction de canaux et de bacs de rétention demandent beaucoup de travail et induisent des coûts élevés.



Dans le cas de végétalisations de toits conçues en couches, l'eau de pluie s'accumule et retourne en partie dans le circuit naturel de l'eau par évaporation. La quantité d'eau accumulée dépend du genre de construction par couches et de la pente du toit. **L'écoulement d'eau, après saturation du substrat, est différé dans le temps.** Une rétention d'eau moyenne de 70% est admissible, alors que dans le cas de végétalisation extensive, 30% des précipitations vont à l'égout. Mais selon l'époque de l'année et le type de temps, il peut y avoir des différences. En été, la rétention d'eau se situe en moyenne entre 70-100%; par contre, en hiver, entre 40-50%. Dans certains cas, si le substrat est saturé, il peut y avoir des valeurs d'écoulement plus élevées^{21), 41)}.

En ce qui concerne la norme pour la perméabilité du terrain (DIN 1986), une mesure de 0,3 est indiquée pour les toits terrasses (= végétalisation intensive). Selon la description ci-dessus, ces chiffres sont aussi valables pour une végétalisation extensive. Il faut tenir compte de <0,3 pour une végétalisation intensive, de 0,8 - 1,0 pour les toits non végétalisés et de 0,7 - 0,9 dans les cas de toits avec du gravier. Compte tenu de ce que les toits végétalisés (en quantité suffisante) influencent favorablement la situation des eaux d'écoulement des lotissements ou des quartiers de villes, il serait possible de faire des économies sur l'installation pour l'évacuation des eaux de pluie³⁷⁾. Outre la retenue d'eau, il s'ensuit aussi une purification des eaux de pluie passant dans les plantations. En effet, les éléments toxiques peuvent être fixés ou dégradés dans l'humus argileux, et les acides neutralisés. La couche de substrat fonctionne donc comme filtre pour les éléments toxiques.

4.2 Toits végétalisés comme surfaces de compensation écologique

Les mesures en matière de construction ne signifient pas seulement une perte de surface naturelle. Si les conséquences de chaque projet de construction sont limitées localement, des interventions sur de grandes surfaces amènent aux conséquences décrites au chapitre 2.3. A la fin, la qualité de vie des hommes et des bêtes subit un préjudice de plus en plus durable³⁾.

On peut s'attendre à une amélioration de la situation par l'élaboration d'espaces verts en quantités suffisantes. Dans les régions urbaines à forte densité, on obtient les meilleurs effets climatiques sur le réseau d'eau grâce à la végétation liée au sol (surtout par les arbres de hautes futaies), ce qui est à favoriser en premier lieu. L'effet de la végétalisation des toits constitue une possibilité complémentaire ingénieuse, surtout là où il y a manque de place pour des plantations. Il se forme des biotopes autonomes secondaires sur les toits végétalisés. Le développement des biotopes de toits est influencé par le vol des graines, des oiseaux et des insectes. Des paramètres concernant cette situation, à savoir l'influence du vent et du soleil sur les surfaces, ainsi que la proximité d'autres espaces végétalisés, de même que la hauteur des bâtiments influent sur le biotope. Des immeubles ayant plus de quatre étages ne sont pratiquement plus visités par les insectes et les oiseaux couvant au sol³⁾.



(selon ⁵⁹⁾)

En comparaison avec les biotopes naturels, on observe sur les toits végétalisés une réduction de la diversité des espèces, vu le manque de liaison directe avec le sol et le peu d'échanges avec les biotopes voisins. **Mais toutefois la végétalisation extensive non exploitée apporte un espace vital pour de nombreuses espèces d'animaux et de plantes souvent en danger d'extinction^{55),60)}.** Sur un seul toit, il peut y avoir jusqu'à 70 plantes diverses. La végétalisation des toits amène alors la multiplication des biotopes en ville et oeuvre de ce fait contre la diminution des espèces.

4.3 Toits végétalisés et protection du sol

Tâches importantes des cantons et des communes pour la protection du sol dans le cadre des travaux d'aménagement

• Limitation du gaspillage des surfaces par

- La limitation des surfaces construites
- L'encouragement du développement des agglomérations vers l'intérieur (c'est-à-dire diversification des utilisations, construction plus dense, utilisation polyvalente des bâtiments existants, etc.)
- L'amélioration de la qualité de vie (par des espaces verts, etc.)
- Le développement et l'encouragement de nouveaux modèles d'habitations pour une meilleure utilisation de l'espace

• Retour au terrain naturel (par exemple cours intérieures, places de parcs) etc.

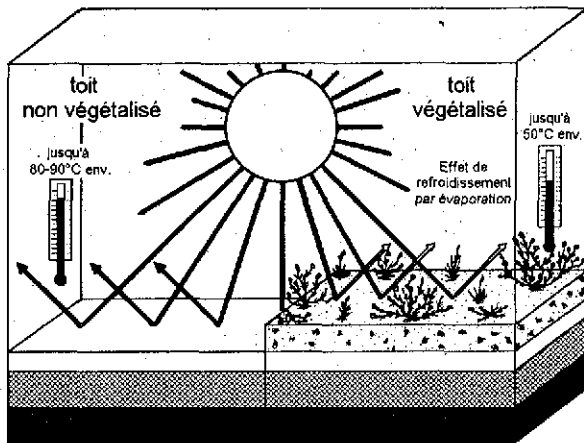
Effets des toits végétalisés dans le sens d'une activité de protection du sol dans les lotissements

- Possibilité d'une utilisation multiple des surfaces, c'est-à-dire meilleure utilisation des bâtiments existants
- Amélioration de la qualité de vie
- Renoncement aux surfaces imperméables pauvres en écoulement (correspondant à un retour, du moins partiel, à l'état naturel du terrain)

Le sol est de plus en plus mis en danger par des charges diverses et une consommation grandissante. Les cantons et communes peuvent contrer ce développement en influençant de manière adéquate les constructions. **Grâce à leurs effets, les toits végétalisés sont aptes à être utilisés comme mesure écologique, selon ce qui est décrit ci-dessus.** La possibilité d'une utilisation multiple des toits existants (souvent non utilisés) va dans le sens d'une nouvelle structuration écologique des lotissements. Les toits végétalisés contribuent également à une augmentation de la qualité d'habitation et de vie, et on pourrait s'attendre à ce qu'ils provoquent un changement de comportement de la population, en freinant le mouvement de fuite hors des villes. A long terme, on peut imaginer un soulagement du sol environnant (économie d'installation, de loisirs, de réseau routier, limitation de l'accroissement des constructions dans les banlieues).

En ce qui concerne la protection du sol¹⁴⁾ l'établissement de toits végétalisés est donc à considérer comme une mesure de maintenance et d'aménagement du sol contribuant à une utilisation créative, économe et responsable.

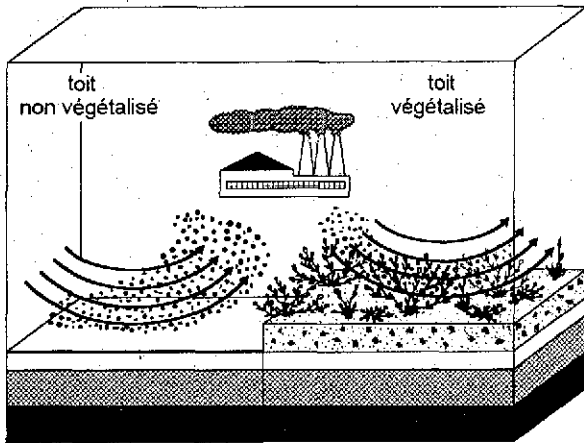
4.4 Amélioration du climat des lotissements par les toits végétalisés



Les matériaux de construction dans les lotissements sont soumis à un fort réchauffement par le rayonnement du soleil, et accumulent la chaleur. Lors d'un fort rayonnement, il peut y avoir des températures de surface de 80 à 90°. Ce phénomène, ajouté à l'évaporation réduite, lié au réchauffement par les ménages et les industries, et à la pollution de l'air, conduit à un effet de serre. Par cet effet, il y a diminution de la luminosité du soleil et du rafraîchissement nocturne.

Une grande partie du rayonnement d'énergie qui frappe les plantations est utilisée pour les fonctions vitales et seulement 30% de cette énergie est à disposition pour réchauffer la surface⁴⁸. Il en résulte une nette diminution de la température au niveau des surfaces végétalisées, ainsi que de la réverbération sur les toits verts (et sur les façades des bâtiments voisins) ainsi qu'une diminution de l'énergie thermique qui favorise la formation de la cloche de vapeur. Les meilleurs résultats sont obtenus par les arbres. **La végétalisation des toits peut apporter, du moins localement, une régulation climatique, surtout là où, pendant la période sèche, ils disposent d'une réserve d'eau (grâce à une irrigation artificielle en eau stockée, qu'elle soit de pluie ou d'eau usée).** La diminution absolue de la température de surface, par rapport aux toits non plantés, dépend de plusieurs facteurs (ombrage, régime des vents, constructions des plantations, genre de végétation, pente et orientation des toits). **La différence des variations de température durant l'année entre toits végétalisés et toits avec gravier est de deux tiers**^{17),21),52)}. En raison de cet effet, les entreprises utilisant l'informatique se mettent de plus en plus à la végétalisation.

4.5 Amélioration de la qualité de l'air grâce aux toits végétalisés



Dans le domaine des toits végétalisés, la vapeur d'eau contenue dans l'air se lie partiellement à des particules de poussière et de suie, conduisant à une augmentation du poids de ces particules qui retombent au sol. Grâce à la diminution simultanée des températures au niveau de la vapeur (et par là même des forces ascendantes) les tourbillons de poussières sont réduits. La végétation retient des particules se trouvant dans l'air et les amène dans le substrat par les pluies. Là, ces particules sont en partie fixées, chargées ou dégradées. C'est ainsi qu'une purification des précipitations a lieu.

Les plantes à feuilles humides, collantes ou poilues conviennent pour le nettoyage de l'air. Une surface herbeuse peut absorber environ 10 à 20% des poussières contenues par l'air environnant^{3),51)}.

La fixation des particules de poussière aux plantes peut cependant les faire périr. Pour la végétalisation, dans des régions fortement polluées, il existe maintenant des élevages de plantes résistantes aux gaz d'échappement (pollution).

La végétalisation des toits peut constituer un apport dans l'amélioration de la qualité de l'air, et une diminution des particules polluantes dans les trop-pleins. Une diminution durable de la pollution de l'air et de l'eau n'est possible que grâce à une réduction des sources polluantes^{5),21)}.

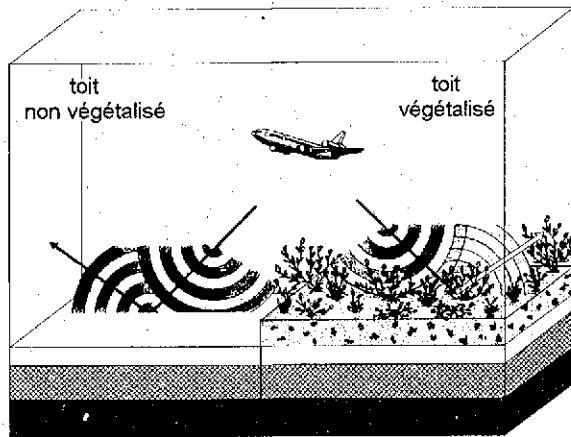
Dans la littérature, on parle souvent d'un aspect positif des toits végétalisés: l'augmentation de la production de l'oxygène. Il faut, dès lors, ne pas oublier que les plantes produisent de l'oxygène seulement durant la journée, par la photosynthèse, et que la nuit, elles utilisent de l'oxygène pour leur respiration.

D'autre part, les plantations extensives peuvent manifester des signes de sécheresse en été, d'où il résulte un manque de feuilles vertes, et donc une production d'oxygène limitée. En hiver, plus spécialement quand

il y a une augmentation du chauffage, et donc de la production de CO₂ les plantes se trouvent en période de repos et il n'y a pas de production d'oxygène⁴²⁾. On ne doit donc pas surestimer l'argument de la production en oxygène des toits végétalisés. De plus, le

problème de l'hygiène de l'air n'est en général pas dû au peu d'oxygène contenu dans l'air mais plutôt à la pollution de l'air, que l'on peut diminuer par une réduction des sources polluantes.

4.6 Diminution de la pollution phonique grâce aux toits végétalisés

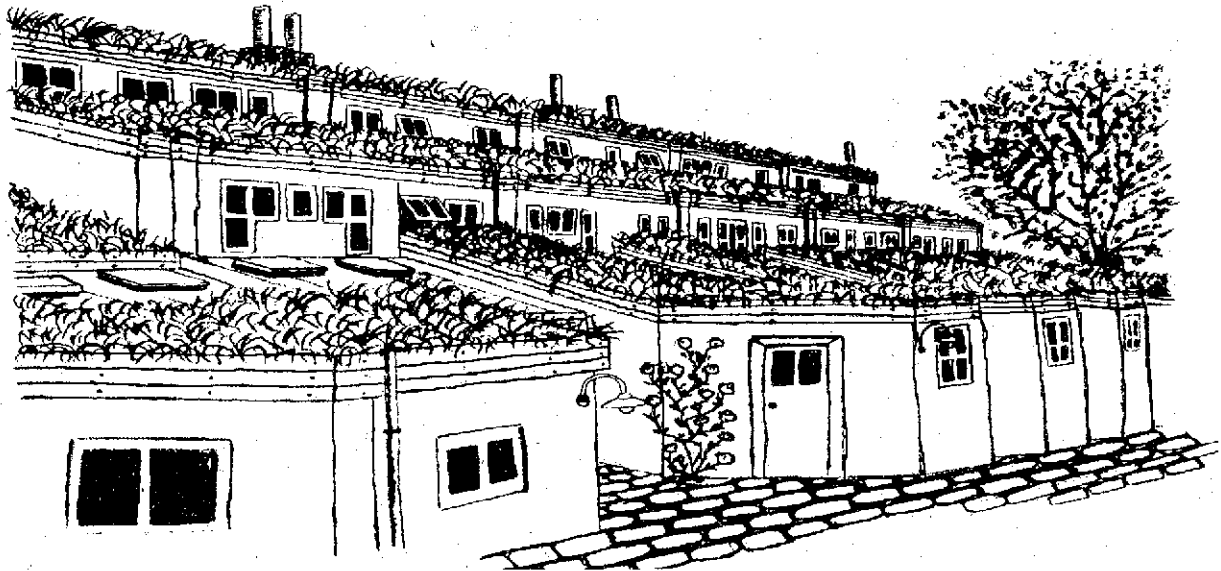


Les surfaces lisses des immeubles en ville et les routes contribuent à une augmentation de la résonance sonore, et de ce fait à une augmentation du bruit. Par des matériaux à surfaces fortement structurées, on obtient une absorption du bruit et une diminution de la résonance sonore.

Lors de la végétalisation des toits c'est principalement le substrat qui fait office d'absorbeur de bruit. Lorsque l'épaisseur du substrat est de 12 cm on obtient, en effet, une absorption du bruit de 40 dB. On peut arriver à une diminution de résonance d'environ 2-3dB sur les immeubles aux toits végétalisés protubérants^{3), 17)}.

En général, l'effet escompté n'est atteint que partiellement pour les bruits venant d'en haut à cause des ouvertures du bâtiment.

4.7 Harmonisation de la physionomie des lotissements et du paysage grâce aux toits végétalisés



Grâce à la végétalisation des toits et à d'autres mesures de végétalisation, on peut varier l'image monotone ou harmoniser la physionomie non homogène des lotissements. De plus, les végétalisations agrandissent le champ de vision et même l'espace utilisable, en créant un lien avec les surfaces vertes des environs. Dans les régions rurales également, les toits

végétalisés constituent un instrument d'aménagement non négligeable, car ils sont un moyen de réaliser l'harmonisation entre la construction et l'environnement prescrits par le droit en matière de construction et de planification. Ces mesures-là sont de plus en plus appliquées lors de constructions de centres de loisirs et de repos.

4.8 Comparaison du coût des toits végétalisés et non végétalisés

Il n'est pas possible de faire une comparaison symétrique des prix forfaitaires, parce qu'ils dépendent de la grandeur de l'objet et de l'objectif. Nous renonçons donc, dans le cadre de cette brochure, à donner des chiffres exacts qui dépendent, entre autres aussi, des

entreprises chargées des travaux. Nous présentons simplement quelques points, en comparant les toits végétalisés et les toits "normaux" où l'on observe éventuellement des coûts moindres ou supplémentaires³⁾.

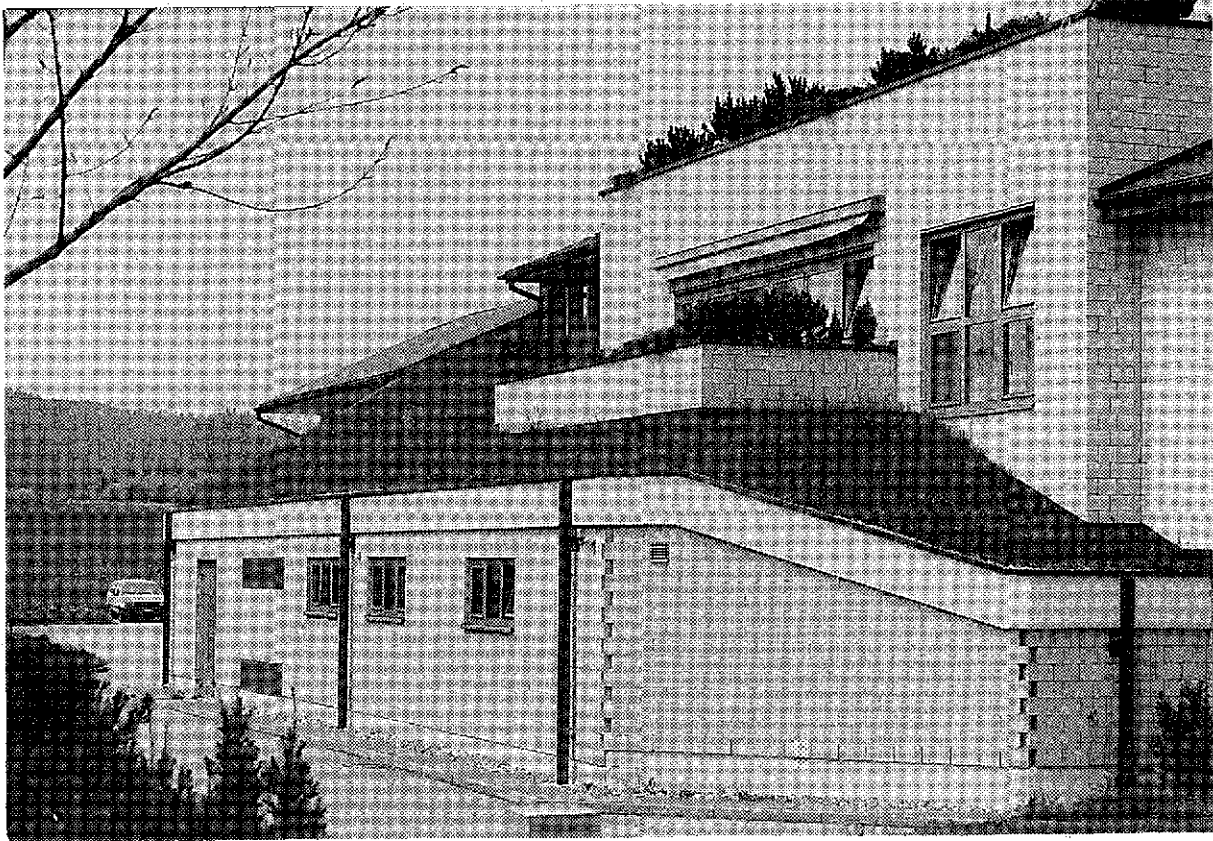
Comparaison entre les toits végétalisés et non végétalisés	
Coût supplémentaire possible	Diminution du coût possible
<ul style="list-style-type: none"> • Renforcement de la construction à cause de la charge supplémentaire (si nécessaire) • Diverses couches de protection et d'étanchéité, liaison et protection entre immeubles avoisinants • Apport de substrat, semis, plantations et soins de finitions • Entretien • Pare-vapeur renforcé 	<ul style="list-style-type: none"> • Meilleure isolation contre le froid selon le genre de construction du toit végétalisé (épaisseur du substrat, hauteur de végétation, etc) • Economie sur les mesures de climatisation pour les locaux situés au-dessous du toit végétalisé • Augmentation de la durée de vie de l'étanchéité grâce à la protection contre les dégâts mécaniques, les UV et les variations de température • Economie sur l'installation d'un réseau d'évacuation des eaux de pluie

Il est possible de diminuer le coût de construction des deux genres de végétalisation, par exemple en exécutant une partie du travail soi-même ou, lors de végétalisation intensive, en disposant les plantes nécessitant beaucoup de substrat à des points stratégiques, supportant le poids; utilisation d'eaux usées ou de pluie pour l'arrosage, etc.

Lors de toutes les discussions sur le coût des toits végétalisés, il faudrait toujours tenir compte de l'effet positif qu'on ne peut souvent pas exprimer en valeur d'argent (compl. chap. 4.1 - 4.7).

Lors de constructions neuves de toits plats, on peut remplacer presque entièrement le gravier par une végétalisation extensive sans supplément du coût. A long terme, on peut même envisager une économie du coût (par exemple par une diminution de rénovation des toits plats, par une économie sur les systèmes d'écoulement, etc.). En augmentant l'intensité des plantations, on induit une augmentation du coût directement liée au projet, compte tenu de l'utilisation désirée.

Un exemple:



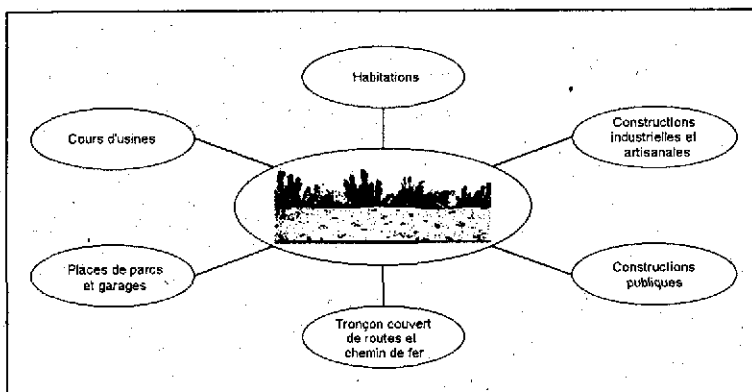
Entreprise Held Lasersystems, Grosswangen (LU)

Monsieur Held:

"La végétalisation des toits sur les immeubles d'entreprises provoque une amélioration de l'atmosphère dans les locaux en dessous. Même pendant les journées chaudes de l'été, comme nous en avons eu souvent ces dernières années, la température était agréable sans climatisation."

5. CHAMPS D'APPLICATION POUR LES TOITS VEGETALISES

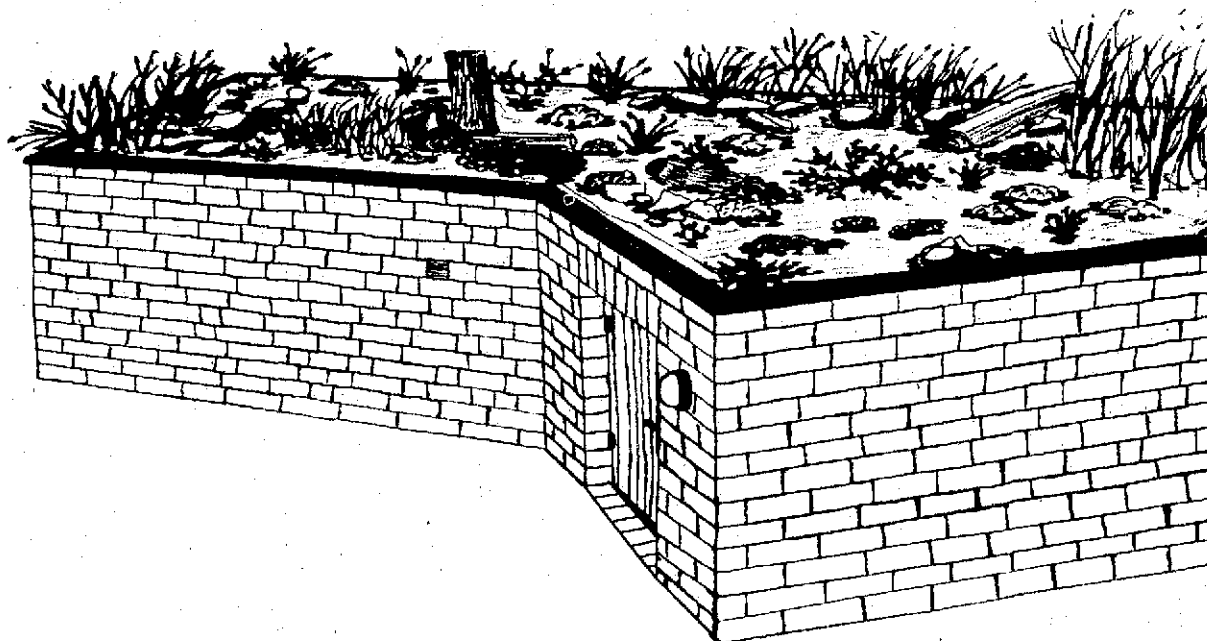
Annuellement, en Suisse, une surface d'environ 3000 ha est construite⁵⁸. Les toits végétalisés ne peuvent pas empêcher cette réalité. Mais ils peuvent constituer un apport pour la mise en pratique des principes de planification écologique, et surtout contrer la mauvaise qualité de vie dans les agglomérations. Bien que la végétalisation des toits soit une mesure écologique dans le renouvellement des villes, cela ne veut pas dire qu'il faut végétaliser la totalité des toits existants. En effet, il est nécessaire de tenir compte, dans une planification écologique, d'autres intérêts tels que le maintien des sites historiques et de certains bâtiments, ou de quartiers urbains. C'est pourquoi il n'est pas souhaitable de végétaliser un toit très pentu (env. >30° pente) vu le coût élevé et le risque de dégâts. Le point fort du potentiel de végétalisation concerne plutôt les nouvelles constructions de toits plats ou leur rénovation.



Dans certains quartiers de la ville de Zürich, les surfaces imperméabilisées par la construction vont jusqu'à 83%. La surface des toits plats en ville est, par rapport aux autres, d'environ 15 - 20% et, malheureusement, seuls 4 - 5% de cette surface sont végétalisées⁵⁵. L'étendue du potentiel de végétalisation disponible est pourtant considérable. Si, lors de rénovations, tous ces toits étaient revégétalisés d'une manière extensive simple, on pourrait probablement s'attendre à une nette amélioration de la situation écologique et de la qualité de vie en ville. Dans d'autres villes de Suisse, la situation est analogue.

De plus, si on tient compte des surfaces telles que places de parcs, cours d'usines, routes et lignes de chemin de fer, cela nous donne encore une augmentation non négligeable du potentiel de végétalisation. (A noter que cela dépend évidemment des conditions locales).

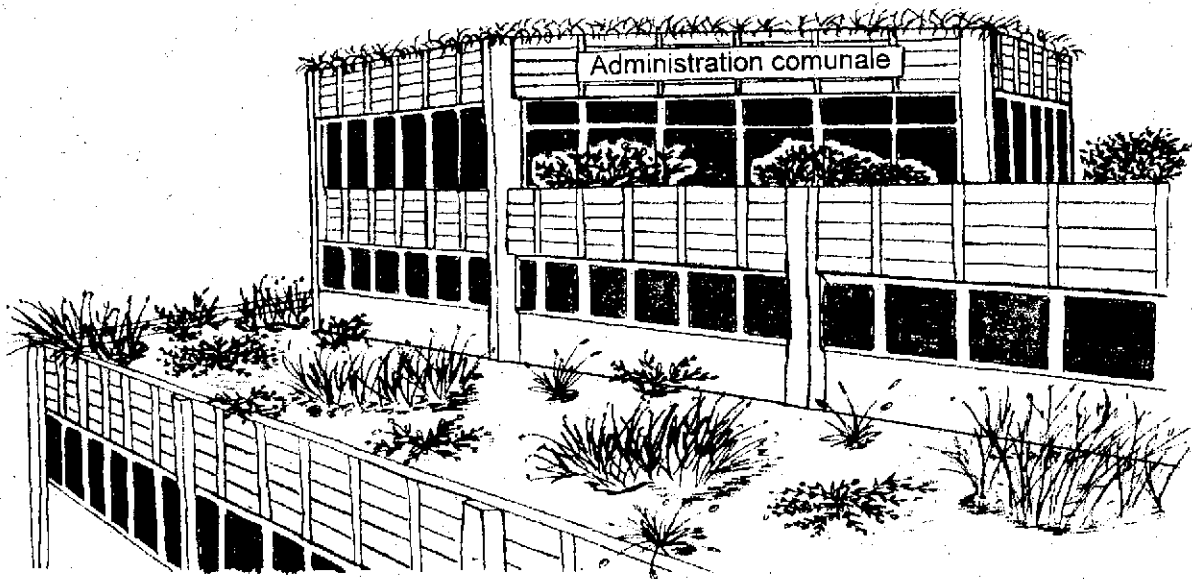
5.1 ... pour constructions privées



Différentes possibilités existent pour l'établissement de végétalisation sur du terrain privé. Il n'est toutefois pas nécessaire qu'il s'agisse toujours de végétalisation d'habitations (surtout lorsqu'elles sont pourvues

d'un toit pentu). Les garages, les vérandas, les abris pour véhicules et les remises, souvent peu esthétiques, se prêtent bien à la création de végétalisation.

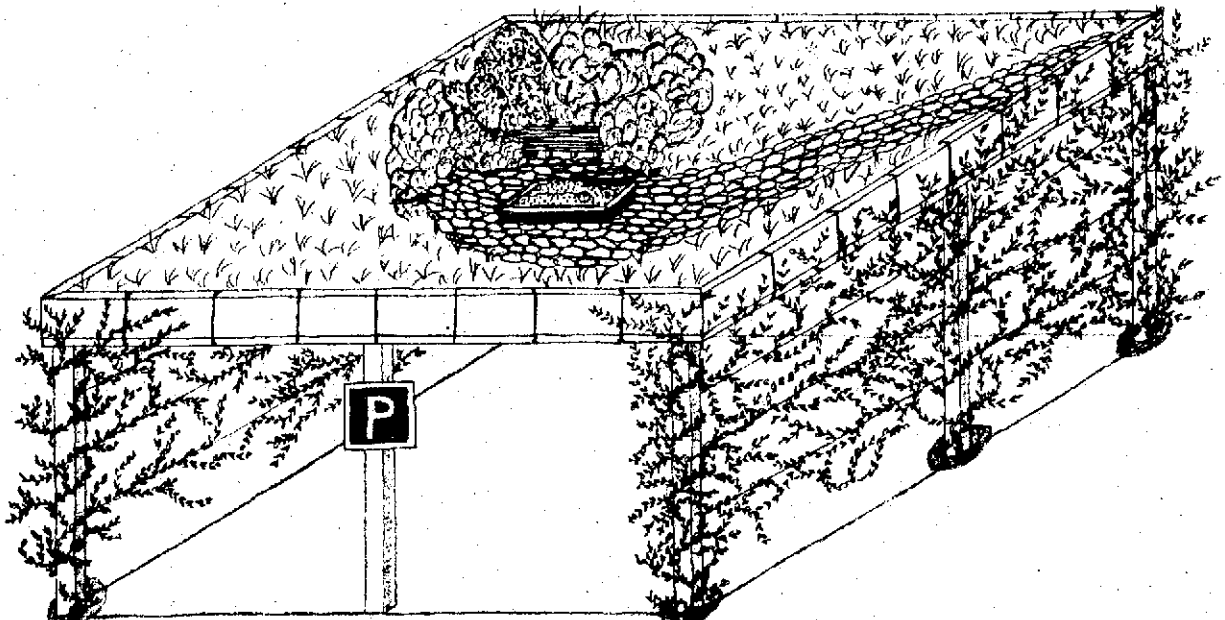
5.2 ... pour le domaine public



Ainsi, avec peu de moyens, on peut végétaliser les bâtiments publics. Comme exemple, on pourrait citer les hôpitaux, les P.T.T., les administrations, les éco-

les, les usines ainsi que les salles de gymnastique. Déjà, dans plusieurs villes (Berne, Lucerne, Zürich), des réalisations de ce genre ont été exécutées.

5.3 Aspects d'une utilisation multiple



La possibilité d'une utilisation multiple des toits végétalisés joue un rôle décisif dans le renouvellement écologique des villes ainsi que sur le plan des prix élevés du terrain au m². Si, lors de végétalisation des toits utilisés, on crée une verdure intensive, cela demande alors un grand renfort de construction et d'entretien, d'où un coût élevé. On peut réduire l'effort, en créant une partie utilisable et une autre, non utilisable, avec une verdure extensive.

Afin de permettre une meilleure exploitation des surfaces construites et une augmentation de la qualité d'utilisation, on pourrait, outre des domaines à végétalisation extensive, utiliser une mise sous toit et une végétalisation généralisée de parkings, d'ateliers, etc. On aurait, d'autre part, la possibilité d'envisager sur ce genre de surface des plantations, sous forme de places de jeux et de repos accessibles à la population.

DEUXIEME PARTIE

6. BASES POUR LA CONSTRUCTION DES TOITS VEGETALISES



Toit de Migros à Würzenbach, Lucerne

6.1 Appréciation des qualités du lieu

Contrairement aux plantations naturelles, les végétalisations de toits ne dépendent pas du sol et, de ce fait, sont exposées à des situations particulières. Les conditions climatiques et les facteurs influencés par l'emplacement de l'immeuble peuvent causer aux plantes un stress supplémentaire. **Pour garantir le fonctionnement de végétalisation d'un toit, il est nécessaire d'établir une planification et une étude concrète des qualités de l'emplacement.** C'est

pourquoi il est important de connaître les quantités de précipitations locales et leur distribution durant l'année. Peu de précipitations réduisent considérablement l'assortiment des plantes disponibles. Lors de précipitations de plus de 400 mm par année, pendant le temps de végétation, on peut utiliser sans problèmes un mélange de graminées - herbettes avec une épaisseur de substrat de 5 cm²³⁾. Les facteurs suivants sont aussi à respecter^{32),42)}:

Facteurs de l'emplacement en vue de la planification	
Facteurs extérieurs	Facteurs liés à l'objet
<ul style="list-style-type: none">• Conditions climatiques régionales compte tenu des extrêmes• Modification possible du climat par l'influence de la ville (augmentation des précipitations, prolongation du temps de végétation par l'augmentation des températures, etc.)	<ul style="list-style-type: none">• Influences dues à la situation et à la position du bâtiment, aux vents, à la luminosité, au rayonnement et à la réverbération de la lumière durant l'année. L'accessibilité des surfaces aux précipitations (écoulement le long des façades non exposées à la pluie ou aux pluies en rafales et aux tourbillons)

En conclusion, tous ces facteurs influencent la gestion du réseau d'eau, de la chaleur et de l'air du toit en question. Mais on peut y remédier partiellement (par exemple par irrigation, lors du manque de précipitation ou d'exposition à la pluie, par l'augmentation de la couche de substrat, pour la stabilité de celui-ci lors de tourbillons). En général l'exigence de la végétalisation d'un toit, par rapport à la planification, augmente avec:

- 1 L'augmentation de la hauteur des étages

- 2 La pente du toit supplémentaire
- 3 L'exposition changeante
- 4 L'augmentation de la diversité des surfaces partielles

La planification de la végétalisation des toits doit être soigneusement adaptée aux situations locales données.

6.2 Planification des toits végétalisés

Lors de la phase concrète de la planification, il faut établir d'une manière si possible bien détaillée le but, en tenant compte de l'emplacement, du genre d'immeuble, des souhaits de l'architecte, du maître d'ouvrage ou de l'administration communale. On adaptera ces désirs en fonction des possibilités offertes par l'immeuble.

Lorsqu'on décide de végétaliser un toit, on tient compte aussi de l'aspect économique (financement). Déjà lors de la planification, il est utile de coordonner les différents aspects et métiers (couvreur, architecte et architecte-paysagiste).

Planification de la construction d'un toit végétalisé			
Prise en compte des désirs, par exemple	Observation des lois de construction concernant la planification, par exemple	Observation des principes généraux et des ordonnances existantes, par exemple	Adaptation aux données de la construction, par exemple
<ul style="list-style-type: none"> • par rapport à l'utilisation de la végétalisation • par rapport à la physiologie finale 	<ul style="list-style-type: none"> • restriction communale quant à l'utilisation et à la réalisation des toits végétalisés 	<ul style="list-style-type: none"> • Principes généraux de construction et normes • ordonnances sur l'utilisation des toits • création et position de chemins d'entretien et de secours • ordonnances en matière de protection contre le feu 	<ul style="list-style-type: none"> • pente du toit, genre de construction, isolation • comportement de l'évaporation • capacité statique • possibilité d'utilisation

6.3 Construction et végétalisation

La végétalisation de nouvelles constructions est, en général, sans problèmes parce qu'on en tient compte lors de la planification elle-même. Lorsqu'il s'agit d'immeubles existants, il est conseillé de faire une

expertise en vue de l'isolation du toit, en tenant compte du physique, du genre de construction et de la statique afin d'éviter des dommages ultérieurs.

Quelques points à vérifier par le professionnel ⁽³²⁾	
<ul style="list-style-type: none"> • Réserve de charge • Evaluation de la poussée du vent • Evaluation du danger de feu • Capacité de charge de l'isolation et de l'étanchéisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Constat et estimation des joints de dilatation • Adaptation physique des couches du toit • Situation de la pente du toit, risques éventuels • Etat des couches existantes

6.3.1 Différences dans la pente des toits

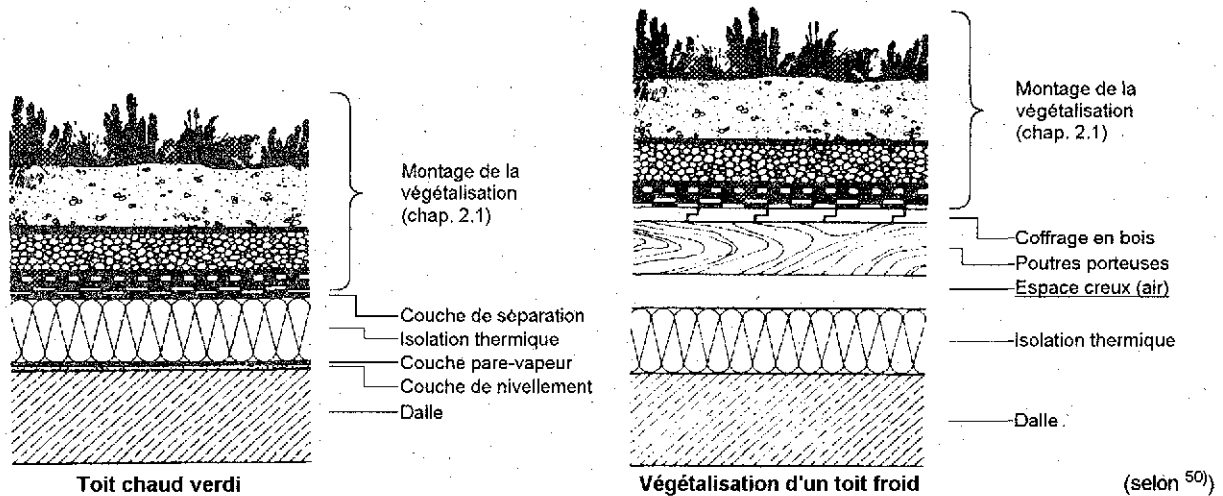
La pente du toit a son importance en ce qui concerne la construction et le choix de la végétation. En vue de la végétalisation, on fait un partage de la façon suivante⁽³⁸⁾:

• Toits à 0 degré	2 - 5%	de pente
• Toits plats avec	3 - 5°	de pente
• Toits plats avec	5 - 20°	de pente
• Toits pentus avec	20 - 30°	de pente
• Toits pentus avec	30 - 45°	de pente
• Toits pentus avec	> 45°	de pente

Les toits à 0 degré sont utilisables pour créer une verdure extensive avec un arrosage par brumisation. Si

on veut installer sur ce type de toit une verdure extensive, il faut installer une couche drainante adéquate. Pour la végétalisation intensive ou extensive simple, il est avantageux d'avoir un toit avec une pente minimale, pour simplifier la technique de l'écoulement de l'eau. Dès 5% de pente, il faut compenser l'écoulement rapide par une augmentation de la capacité de rétention du substrat, pour que la végétation soit suffisamment pourvue en eau. L'effort de construction augmente lors de végétalisation sur des toits, à partir de 20° de pente et il est nécessaire d'installer des sécurités contre le glissement pour éviter les apparitions d'érosion. Si les toits ont plus de 45° de pente, il faut renoncer à une végétalisation à cause du coût et des risques de dommages.

6.3.2 Différences physiques lors de la construction du toit



Le genre de construction du toit est important pour la planification de la végétalisation. En résumé, il existe deux types fondamentaux: Le revêtement unique et non aéré (toit chaud) et le revêtement bi-couches aéré (toit froid). A côté de cela, il existe un ensemble de constructions diverses où les possibilités de végétalisation sont à contrôler.

Lors de constructions sur toits chauds, par la pose d'une couche spéciale, on empêche le passage de la vapeur. Sans ce pare-vapeur, l'air chargé de vapeur pourrait traverser la couverture du toit et rentrer dans la couche d'isolation thermique, ce qui produirait de la condensation, et de ce fait porterait préjudice à sa fonction, causant des dommages aux bâtiments. Lors de constructions à revêtement double, aéré, entre les

deux revêtements, une couche d'air circule, et évacue la vapeur avec l'air chaud ascendant. Il est facile de constater que la végétalisation exerce davantage d'influence sur l'équilibre physique des toits non aérés. Mais, par le choix des matériaux adéquats, il est possible de végétaliser, en général sans problème, les deux genres de construction. Pour éviter des dommages par condensation, lors de la construction de toits chauds, il faut faire un apport et un choix judicieux du matériel pour endiguer la vapeur.

On ne peut rencontrer de problème avec les toits froids que si les toits sont très vieux et si la circulation de l'air entre les deux revêtements est dirigée par la cavité du dessus. Dans ce cas, il faudrait renoncer à un tel toit⁴⁰⁾.

6.3.3 Statique et charge utile

Le genre de végétalisation et de matériaux doivent être choisis selon les données statiques du bâtiment. Lors des calculs, on tiendra compte du poids des matériaux gorgés d'eau et de la végétation en plein développement. Outre les matériaux, il faut tenir compte de la prise du vent sur les arbres et arbustes. Si les toits végétalisés sont destinés à être utilisés par des piétons en dehors des entretiens nécessaires, on doit tenir compte des charges de circulation et de leur intensité.

La table des charges⁵⁰⁾ illustre comment on peut, en général, et seulement pour une végétalisation extensive, échanger la couche de graviers existante (poids environ 80 - 100 kg/m²) sans modification de la construction porteuse, contre une couche d'épaisseur semblable. Pour éviter des dommages au bâtiment, on demandera l'avis d'un spécialiste en matière de statique pour le calcul des réserves de charges.

	Végétalisation extensive		Végétalisation intensive		
Haut. de couche	5 - 8 cm	8 - 10 cm	10 - 15 cm	15 - 35 cm	> 35 cm
Poids kg/m ²	40 - 65	65 - 85	85 - 150	150 - 300	> 300

6.4 Constructions par couches

Du point de vue de l'isolation et de l'écologie, la végétalisation des toits a, par rapport aux toits conventionnels, des avantages certains. Il est sans doute très utile de favoriser la végétalisation des toits, mais cela ne devrait pas nous amener à faire une propagande effrénée, pour n'importe quelle végétalisation.

La construction par couches de végétalisation des toits (inclus le choix des matériaux) est toujours à planifier, selon le genre de végétalisation, l'utilisation, les données techniques du bâtiment et en tenant compte de la technique actuelle. Il existe, en effet, de nombreux marchands de matériaux et, continuellement, de nouveaux produits pour la végétalisation des

toits sont présentés sur le marché. Dans le cadre d'un concept général écologique, une évaluation critique des matériaux disponibles à employer pour la construction est nécessaire.

Ci-dessous, quelques points à respecter⁵⁸⁾ pour la réalisation d'une construction par couches, avec une végétalisation aussi naturelle que possible (données spécifiques par rapport aux diverses couches de fonctions, voir annexe).

Pour une information détaillée et une planification concrète, dans le cadre de cette brochure, nous ne pouvons que vous conseiller de trouver un spécialiste.

Directives pour la réalisation d'une végétalisation écologique, en construction par couches	
Construction biologique non polluante	<p>Lors de leur fabrication, les matériaux utilisés devraient nécessiter un minimum d'énergie et dégager peu de toxines ou de particules polluantes. Ils devraient provenir de ressources renouvelables et surtout ne pas avoir d'effets négatifs sur notre bien-être et notre santé. En plus, ils ne devraient pas poser de problèmes quant à la gestion des déchets. Beaucoup de matériaux proposés ne remplissent pas ces conditions (par exemple PVC, pour la protection contre les racines, substrat en mousse et tissu synthétique, couches drainantes et tourbe comme additif de substrat).</p> <p>Actuellement, on peut obtenir pour presque toutes les couches de construction des alternatives non polluantes (par exemple: à la place de tissus synthétiques, de l'extrait de gravier de la région, ou de la chaille); toutefois, les protections biologiques contre les racines n'existent pas encore. Les feuilles en PE (bitumeux polymères) ou le caoutchouc synthétique causent un peu moins de problèmes que le PVC.</p>
Utilisation de formes de végétation adéquate et végétalisation naturelle	<p>Les conditions extrêmes qui règnent sur les toits et leur emplacement imposent de grandes exigences quant au choix des plantes. Au niveau du projet, on doit tenir compte soigneusement du genre d'endroit choisi (par ex. ensoleillement, exposition aux vents), du genre de construction, (couches) par exemple: épaisseur du substrat et de ses constituants, planification éventuelle d'une irrigation) et des espèces de plantes les mieux adaptées. Comme la profondeur d'enracinement est réduite, les plantes à racines traçantes sont mieux adaptées que celles à racines pivotantes. Pour la végétalisation intensive, on dispose de pratiquement tout l'assortiment de la pépinière (avec quelques exceptions) contrairement à la végétalisation extensive pour laquelle on utilise généralement des plantes pour sol maigre et chaud.</p> <p>Les végétalisations de toits représentent des oasis écologiques pour autant que les plantes soient en majorité indigènes. La végétalisation extensive est connue comme endroit sec qu'on ne trouve pratiquement plus dans les lotissements. Pour obtenir une végétalisation proche de la nature, on doit la calquer sur la flore indigène. C'est pourquoi on évitera les espèces étrangères (protection de la nature).</p> <p>Le semis de plantes maigres, c'est-à-dire de graines de prairie sèche, complétée par un mélange de graines de la région, de plantes à bulbes et de griffes de sedums, crée une possibilité efficace d'implanter une colonie de plantes. En procédant ainsi, il est aussi possible d'implanter des orchidées rares sur les toits. Cette méthode, bien que nécessitant plus de travail que l'utilisation de plantes poussant rapidement, garantit une colonisation stable à long terme, suivie d'un entretien réduit au minimum.</p>
Utilisation de systèmes pauvres en humus lors de végétalisation extensive	<p>Il est aussi nécessaire d'adapter le substrat aux besoins de l'emplacement et de la végétation à croissance lente (emplacements maigres). Pour les plantes non désirées, il faut créer des conditions très peu favorables. De grandes quantités d'éléments nutritifs (sous forme d'humus) favorisent la colonisation et la propagation d'espèces à croissance rapide et peu habituées à la sécheresse de l'été, ce qui a pour conséquence de les faire périr.</p>

6.5 Risques et responsabilité

En général, les garanties sont basées sur des lois existantes, mentionnées ci-dessous. Des garanties sont accordées sur l'exécution et le fonctionnement. Dans certains cas isolés, il faut s'expliquer avec le fournisseur de matériaux défectueux.

La variation des températures étant moindre sur un toit végétalisé, elle permet, en général, une durée de

vie plus longue d'un toit végétalisé extensif que d'un toit couvert de graviers. D'autre part, elle retarde l'altération des matériaux et crée, de ce fait, moins de dégâts dans les couches sous le substrat (voir page 9). De plus, les plantes pionnières à racines agressives peuvent moins facilement coloniser un toit déjà planté.

<u>Garanties</u>	
<ul style="list-style-type: none"> • Sur la protection anti-racines et sur la couche de protection: (les fabricants garantissent, en général, la durée du matériel en donnant un justificatif) 	jusqu'à 10 ans
<ul style="list-style-type: none"> • Sur la conception technique des couches de végétation: (couche drainante, couche filtrante et couche de végétation) 	jusqu'à 2 ans
<ul style="list-style-type: none"> • Sur la plantation: 	jusqu'à 2 ans

6.6 Avantages et inconvénients du système clé en main

Divers fabricants offrent des systèmes de végétalisation qui contiennent, en général, toutes les composantes nécessaires pour la création des toits végétalisés (de la protection anti-racines jusqu'aux plantes).

Compte tenu des avantages et des inconvénients du système clé en main, ceux qui proposent ce système fini doivent en général, de plus en plus, s'adapter aux

désirs individuels, aux emplacements et aux solutions écologiques de remplacement.

Une solution idéale serait, à n'en pas douter, une sorte de système de jeux de construction s'adaptant, par leurs différentes composantes, aux besoins particuliers.

Avantages des systèmes clé en main	Inconvénients du système clé en main
<ul style="list-style-type: none"> • Exécution de tous les travaux par une seule personne (depuis la planification jusqu'à l'exécution) • Exécution et réalisation du toit végétalisé dans un temps relativement court • En général, la garantie est accordée pour l'ensemble de l'exécution 	<ul style="list-style-type: none"> • Dans la majorité des cas, vente de sets de montage sans préoccupation quant aux données spécifiques de l'emplacement (à la limite, un seul set standard, ce qui remet en question le résultat du fonctionnement) • Souvent, utilisation de matériaux non écologiques • En raison des garanties, il faut utiliser toutes les composantes possibles pour le montage du toit végétalisé • Dans beaucoup de cas, un surplus du coût⁽⁵⁷⁾

7. APPRECIATION DE CERTAINS TYPES DE VEGETATION DU POINT DE VUE DE LA PLANIFICATION

Afin d'intégrer la végétalisation des toits, en tant que mesure permettant l'amélioration de la situation dans les habitations, il est nécessaire de différencier les divers types de végétalisation. En tenant compte de leurs effets en fonction des buts fixés dans le cadre d'une planification écologique des lotissements, on opérera un choix bien ciblé du type de végétalisation

adéquat.

Le tableau ci-dessous donne des points de repère permettant l'appréciation des différents types de végétalisation, suivant les buts de planification désirés^{selon 3)}.

Type de végétation		Végétalisation extensive			Végétalisation intensive		
		Toit en mousses	Toit en sédum	Toit herbeux	Toit engazonné	Toit avec plantes vivaces	Toit avec feuillus et conifères
Techniques de construction	Protection de la dalle	○	●	●	●	●	●
	Isolation contre la chaleur	○	⊙	●	●*	●*	●*
	Isolation contre le froid			○	○	○	○
	Isolation phonique	○	⊙	●	●*	●*	●*
Planification	Harmonisation du paysage	○	●	●	○	●*	●*
	Création d'espaces verts	○	○	○	●	●	●
	Rétention d'eau de pluie	○	⊙	●	○*	●*	●*
	Amélioration du micro-climat	○	○	●**	●*	●*	●*
Ecologiquement	Formation de biotopes secondaires	●	●	●		○*	●*
	Mesure de compensation	○	⊙	●	○*	○*	●*
	Filtre d'air et d'eau	○	⊙	●**	⊙	○*	○*
	Amélioration du climat des villes			●**	○*	○*	●*
		● bien adapté	* seulement pour de grandes surfaces				
		⊙ adapté	** seulement à l'état humide				
		○ sous réserve					

8. QUEL GENRE DE TRAVAUX L'ENTRETIEN D'UN TOIT VEGETALISE NECESSITE-T-IL?

Le nom du type de végétalisation lui-même indique déjà l'intensité des mesures d'entretien. Selon le point de vue du jardinier, les végétalisations intensives nécessitent des soins similaires à un jardin au sol. Les mesures spécifiques dépendent évidemment de la colonie des plantes.

Des contrôles réguliers concernant le bon fonctionnement de la végétalisation des toits sont, bien sûr, nécessaires. Au printemps et en automne, un contrôle est effectué pour le nettoyage des caniveaux d'écoulement, pour l'élagage (danger de perforation par les racines) ainsi que pour l'élimination des plantes devenant trop envahissantes^{32), 42)}. En général, la

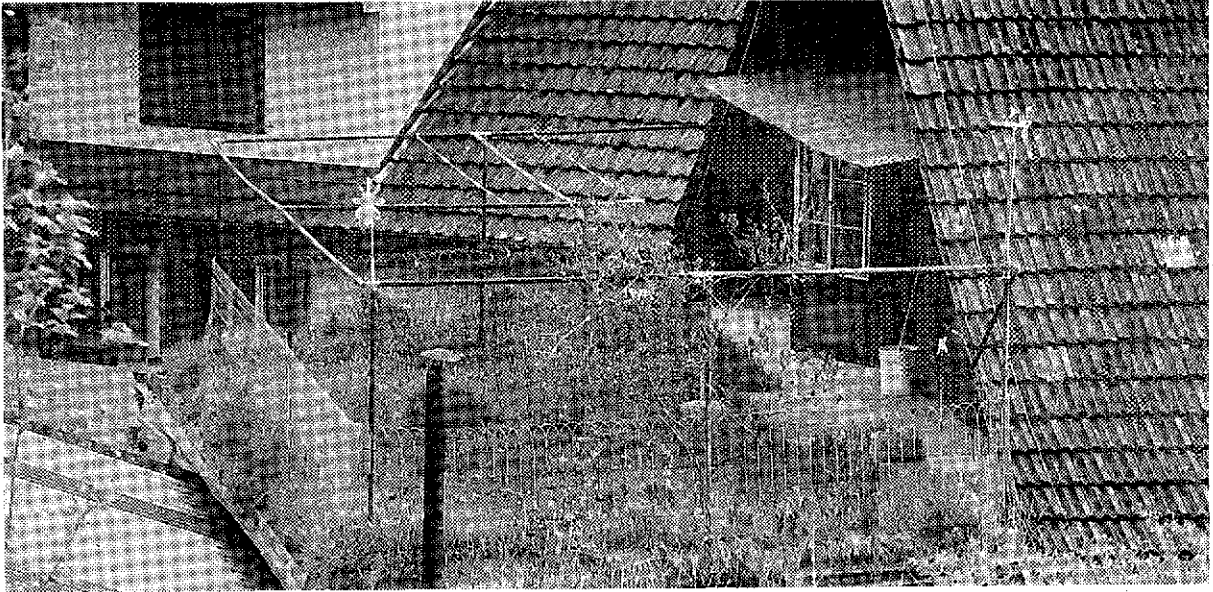
végétalisation extensive est beaucoup moins envahie par des plantes pionnières que les toits de graviers.

Dans presque tous les cas on peut conclure un contrat d'entretien avec les entreprises qui ont exécuté la végétalisation.

On différencie entretien et travaux de finition dans le but de garantir un bon départ de la plantation. Sur le contrat d'exécution des travaux figure en général, l'arrosage pour la reprise des plantes, le resemis ou la replantation lors de dépérissement des plantes, le contrôle des fonctions des diverses couches et l'installation technique. Ces travaux de finition sont limités à une année environ.

Mesures de soins lors de végétalisation intensive	Mesures de soins lors de végétalisation extensive
<ul style="list-style-type: none"> • épandage régulier d'engrais, pour un développement harmonieux selon les espèces • suppression régulière des espèces étrangères • éventuellement sarclage et mulching • taille selon les espèces • éventuellement lutte biologique contre les prédateurs • irrigation lors de périodes de sécheresse 	<p>En général, on se contente de faire des contrôles. Toutefois, pour la maintenance de la physionomie initiale de la plantation, les mesures suivantes sont envisageables mais pas nécessaires:</p> <ul style="list-style-type: none"> • coupe des fleurs fanées après la chute des graines • coupe des plantes étrangères qui gênent l'image désirée ou qui étouffent les autres

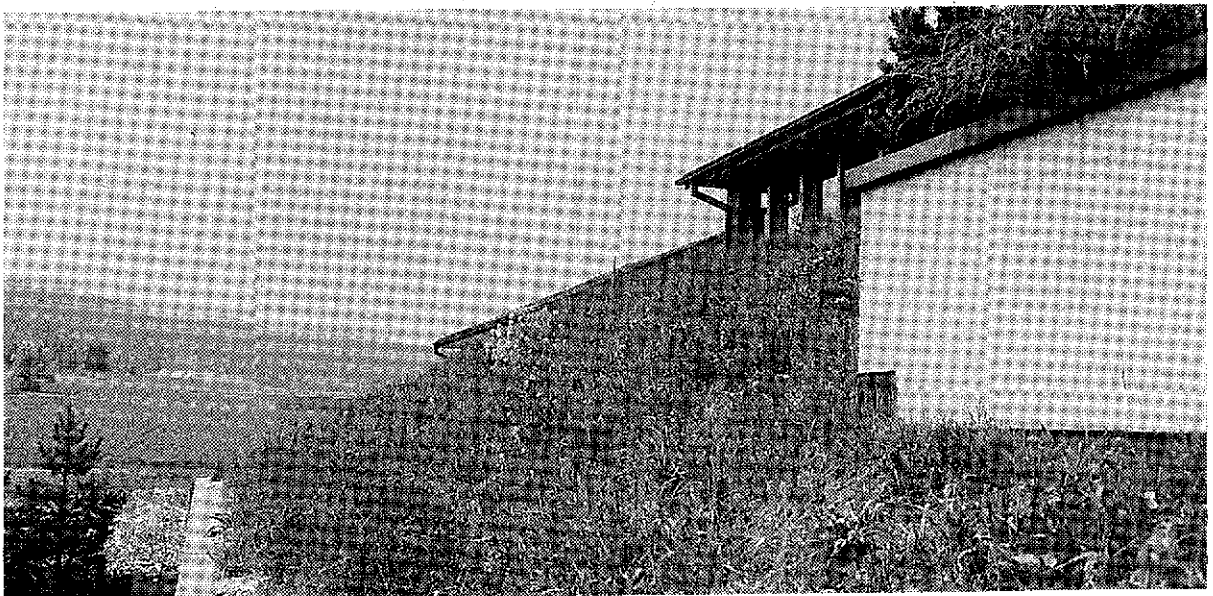
Cas concret:



Maison de la famille Hasler à Schachen (LU)

Monsieur Hasler:

"Dans mon cas, l'effort d'entretien est très réduit. Un fauchage annuel (en août, après que les graines soient tombées). Bien sûr, je pourrais, pour ce travail, utiliser de petits animaux (par exemple des lapins), mais je ne voudrais pas, par la suite, obtenir une prairie grasse."



Entreprise Held Système Laser, Grosswangen (LU)

Monsieur Held:

"L'entretien de la végétalisation sur le toit ne demande pas beaucoup de travail - Une fois par année, nous fauchons l'herbe et contrôlons les fonctions du système. Dans l'ensemble, le travail est même moindre par rapport au toit plat sans verdure. Avant de végétaliser les toits plats, nous avions même souvent des problèmes d'isolation et nous devions, au moins tous les quatre ans, la renouveler. Maintenant, la végétalisation sur notre toit a trois ans et il n'est encore rien arrivé."

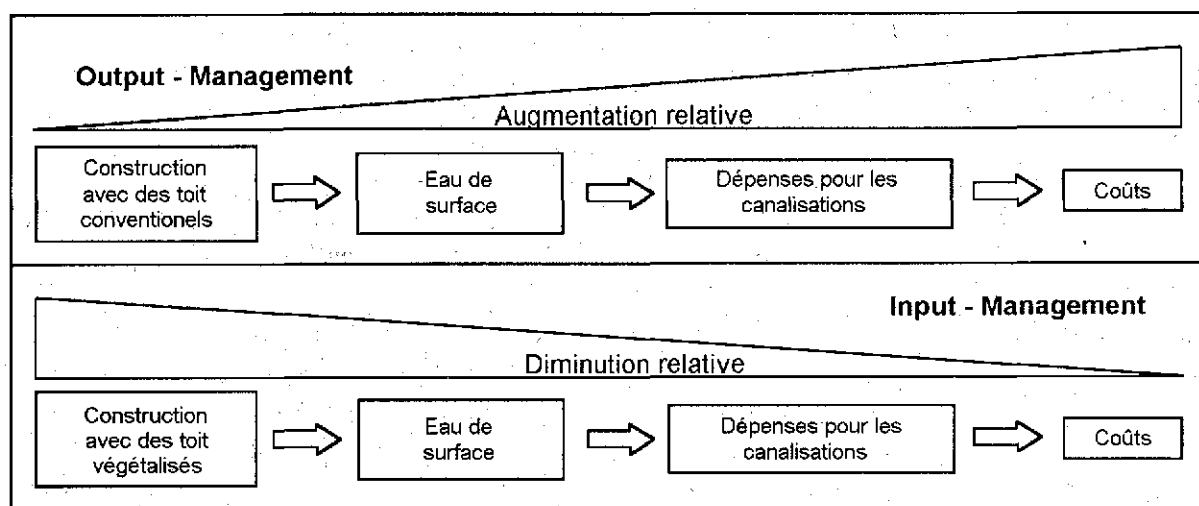
9. FAVORISER LES TOITS VEGETALISES

9.1 Pourquoi encourager les toits végétalisés

La mise en pratique du renouvellement écologique d'une ville exige la conversion de la stratégie d'une simple augmentation quantitative en faveur d'une concentration qualitative. **Pour l'amélioration, à court terme, de la pollution ainsi que pour le maintien, à long terme, de l'environnement naturel comme base de la vie des hommes, il faut effectuer une "conversion" de l'esprit prédominant pour les solutions quant à la pollution (input) et diriger les sorties (output).**

Ce mécanisme dirigeant notre système de production est connu dans la littérature⁴⁷⁾ sous la terminologie de **"Input-Management"**, et postule clairement une diminution des produits nocifs et coûteux (input) dans la production de la marchandise (diminution des sources polluantes) au lieu de vouloir améliorer la situation de pollution après coup. Dans ce contexte, il faut considérer les avantages des toits végétalisés comme une des mesures écologiques lors du renouvellement et de la planification des villes.

La végétalisation des toits contribue, par ses effets (voir chap. 4), à une réalisation écologique de la planification des villes, surtout s'il y a suffisamment de surfaces à verdir; elle doit, de ce fait, être favorisée. Ceci ne nous empêche pas, bien sûr, de remédier à des abus et à leurs sources (par ex. hygiène de l'air) ni de prendre des mesures pour l'amélioration de la situation écologique défavorable en ville (par ex. renoncer au goudronnage, au bétonnage du sol, planifier écologiquement l'énergie et la circulation).



Les avantages des toits végétalisés sont fondés spécifiquement sur le fait qu'ils constituent, dans le cadre de la gestion des eaux en ville, un élément important de régulation en ce qui concerne l'Input-Management (voir chap. 4).

Les canalisations mixtes en particulier, lors de pluies importantes, sont souvent débordées. Les canalisations existantes, bacs de rétention et stations d'épuration, doivent toujours être adaptées en fonction des habitations, ce qui occasionne de plus en plus de frais. La création de végétalisation des toits sur une grande surface et l'exécution d'autres mesures (l'infiltration dans la terre des eaux de pluie directement filtrées par les toits végétalisés et la réduction des sols bétonnés et goudronnés) peuvent réduire le

flot des eaux dans les canalisations. Les toits végétalisés possèdent, de par leur capacité de rétention d'eau et leur écoulement ralenti, la faculté de faire le tampon lors de grandes pluies, ce qui ne rend pas, évidemment, superflue la construction de canalisations mais celle-ci pourrait être passablement réduite. Au vu des économies possibles dans la gestion des eaux de pluie, les toits végétalisés méritent, encore une fois, d'être favorisés.

9.2 Mesures d'encouragement

Les bases d'encouragement à la végétalisation dans les plantations des toits se trouvent surtout dans les lois cantonales sur la construction et sur l'aménagement du territoire. Les mesures suivantes sont pré-

vues pour une mise en oeuvre des lois. Là où cela devient nécessaire, il faut créer ou adapter les bases légales.

<p>❶ <u>Dans le cadre de la planification, il faut favoriser les toits végétalisés de la manière suivante</u></p> <p>⇒ Fixer l'intensité de l'utilisation au sol en prenant en considération particulière les chiffres concernant les surfaces vertes, lesquels tiennent compte des toits végétalisés</p> <p>⇒ Fixer des prescriptions pour la végétalisation de toits dans les planifications de zones diverses (par exemple: pour autant que la construction le permette, les toits plats des habitations et des immeubles seront végétalisés) comme cela se fait déjà dans certains cantons et communes</p> <p>⇒ Faire fixer par les communes des plans de rétention d'eau (pour la diminution de l'écoulement d'eau) où l'on fixe les valeurs minimales de rétention d'eau (par ex. la valeur d'écoulement d'eau doit être en-dessous de 0,5). Cette mesure semble au premier abord coûteuse, mais il en résulte un véritable espoir d'économie au niveau des systèmes de canalisation, des stations d'épuration et des bacs de rétention d'eau. La mise en pratique de cette mesure nécessite une bonne connaissance des valeurs d'écoulement des toits végétalisés, qui devraient être mises à disposition par les fabricants de matériaux et par les entreprises qui construisent des toits végétalisés, ou alors établies selon les normes sur l'écoulement du terrain</p>	<p>❷ <u>Encouragement par l'influence des communes</u></p> <p>⇒ Par exemple dans le cadre de l'obtention d'un permis de construire, par des conseils en vue de l'exécution des diverses constructions</p> <p>❸ <u>Encouragement par une stimulation financière</u></p> <p>⇒ Sous forme d'aide financière pour la création de toits végétalisés à cause de l'augmentation de la valeur de rétention d'eau d'une parcelle construite. On pourrait attribuer cette aide en tenant compte de la surface plantée ou créer une sorte d'index vert (par la multiplication des deux valeurs). La condition de cette forme d'encouragement est une bonne connaissance des valeurs d'écoulement des toits verts. Ici aussi, on part de l'idée d'une réduction des coûts dans le réseau d'eau d'écoulement (voir ❶).</p> <p>❹ <u>En encourageant les toits végétalisés par une plus grande information et des instructions pour architectes, office d'établissement des permis de construire et spécialistes de la construction</u></p> <p>⇒ L'exécution peut se faire par les cantons, les communes, les associations et par d'autres organisations (en partie elle est déjà réalisée par ex. par l'Institut suisse de biologie de construction (SIB) ou la "maison verte" qui forme les gens du métier depuis 3 ans)</p>
---	--

Cas concret:

Dans la **commune de Kriens (LU)**, les toits végétalisés sont encouragés par des prescriptions pour certains quartiers; les bases de ces règlements sont:

- les lois sur l'aménagement du territoire
- les lois cantonales sur l'aménagement du territoire et la construction.

Dans les **autorisations de construire**, on utilise la formulation suivante:

"Les surfaces des toits verts et autres surfaces non utilisées sont à végétaliser; il faut si possible atteindre une croissance naturelle de la verdure. Nous vous rendons attentifs au fait que, pour des toits plats, il suffit d'une épaisseur de 5 - 15cm de substrat pour une végétalisation extensive."

"Sur la base de l'art. 3, paragraphes 3 LAT et 140 LC et du règlement de construction de la commune de Kriens, les toits plats sont à équiper d'une végétalisation extensive."



Lotissement avec toit herbeux "Laher Wiesen" à Hannover (RFA)

Dans la ville de Berne aussi, la **végétalisation des toits est fixée** pour les différents **quartiers dans les prescriptions de construction**. Selon les renseignements de l'Office de planification, la ville de Berne tient particulièrement à l'aspect écologique. On peut alors partir de l'idée que **les nouveaux règlements de construction contiendront aussi un règlement pour la végétalisation des toits**.

Exemples:

Prescriptions Baumgarten-Ouest (art. 11):

"Tous les toits de la zone habitable sont des toits plats et doivent avoir les cotes inscrites sur les plans. On

doit les végétaliser, sauf s'il y a des collecteurs solaires ou autres alternatives pour gagner de l'énergie...."

Prescriptions Mattenhof (art. 7):

*"Obligation de végétaliser les toits plats
Les toits plats sont à végétaliser lors de constructions ou de transformations..."*

En plus, les règlements contiennent des mesures complémentaires. Afin d'assurer l'existence de surfaces vertes et drainantes, les zones appropriées sont parfois frappées d'une interdiction de construire.

10. BASES JURIDIQUES

L'établissement de toits végétalisés correspond tout à fait à quelques objectifs et prescriptions contenus dans des lois fédérales (voir chap. 4). Les lois contiennent davantage d'arguments en vue d'encourager des toits végétalisés. Mais il n'existe pas de données expresses sur les toits végétalisés en tant que mesure dans le cadre d'une planification écologique générale.

La Loi fédérale sur la protection de l'environnement

"...doit protéger les hommes, les animaux et les plantes leur biocénoses et leur biotopes des atteintes nuisibles ou incommodantes (pollution de l'air, bruit, etc.) ..." (LPE RS 814.01, art. 1).

La Loi fédérale pour la protection des eaux

"...a pour but de protéger les eaux contre toute atteinte nuisible. Elle vise notamment à ... assurer le fonctionnement naturel du régime hydrologique" (LEaux RS 814.20, art 1)

"Les eaux non polluées peuvent ... être déversées dans des eaux superficielles. Dans la mesure du possible, des mesures de rétention seront prises afin de régulariser les écoulements en cas de fort débit." (LEaux RS 814.20, art 7)

La Loi sur la protection de la nature et du paysage stipule

"Obligation de ménager l'aspect caractéristique du paysage ... du pays ... et de protéger la faune et la flore indigènes ainsi que leur espace vital naturel" (LPN RS 451, art. 1).

"La disparition d'espèces animales et végétales indigènes doit être prévenue par le maintien d'un espace vital suffisamment étendu (biotopes), ainsi que par d'autres mesures appropriées. ..." (LPN, RS 451, art. 18).

"Dans les régions où l'exploitation du sol est intensive à l'intérieur et à l'extérieur des localités, les cantons veillent à une compensation écologique sous forme de bosquets champêtres, de haies, de rives boisées ou de tout autre type de végétation naturelle adaptée à la station. ..." (ce qu'on peut réaliser au milieu des habitations par des toits végétalisés; LPN RS 451, art. 18b). "La compensation écologique a notamment pour but de relier des biotopes isolés entre eux, ce au besoin en créant de nouveaux biotopes, de favoriser la diversité des espèces, de parvenir à une utilisation du sol aussi naturelle et modérée que possible, d'intégrer des éléments naturels dans les

zones urbanisées et d'animer le paysage." (OPN (ordonnance en matière de protection de la nature) RS 451.1, art. 15).

Dans la Loi fédérale sur l'aménagement du territoire

l'état, les cantons et les communes veillent à assurer **"une utilisation mesurée du sol"** (LAT (loi sur l'aménagement du territoire) RS 700, art. 1).

Les autorités chargées de la planification des constructions doivent ménager le paysage et "veiller à ce que les constructions prises isolément ou dans leur ensemble ainsi que les installations s'intègrent dans le paysage." (LAT, RS 700, art. 3).

"Les territoires réservés à l'habitat et à l'exercice des activités économiques seront aménagés selon les besoins de la population et leur étendue limitée. Il convient notamment: ... De ménager dans le milieu bâti de nombreux aires de verdure et espaces plantés d'arbres." (LAT, RS 700, art. 3).

L'implantation de bâtiments publics doit se faire à l'emplacement adéquat et ne pas, ou très peu, avoir "d'effets défavorables ... sur le milieu naturel, la population et l'économie." (LAT, RS 700, art. 3).

Les Lois cantonales de planification et de construction contiennent certaines directives concrètes pour favoriser les toits végétalisés. Comme exemple, citons les lois et directives du canton de Lucerne:

En plus du respect des lois fédérales sur l'aménagement du territoire, **"on doit faire attention aux points écologiques dans toutes les étapes de la planification et de la réalisation."** (loi sur la planification de la construction du canton de Lucerne, paragraphe 2).

Dans ces prescriptions, il est stipulé que pour la protection des sites et de la physionomie du paysage, **"les constructions doivent être intégrées dans l'environnement" ... "et, où cela est utile, les constructions doivent être végétalisées."** (loi citée, paragraphe 140).

Pour le calcul des chiffres en matière de surfaces vertes, on peut **"aussi prendre en compte les garages souterrains végétalisés, etc. pour autant qu'ils remplissent les conditions de végétalisation"** (Ordonnance LU, paragraphe 23).

11. ADRESSES UTILES

C'est intentionnellement que nous n'avons pas indiqué d'adresses de fabricants de matériaux pour la végétalisation des toits, car celles-ci changent continuellement en fonction de l'évolution et du marché. C'est pour cette raison que nous vous prions de vous adresser aux architectes spécialisés et aux autorités cantonales et communales compétentes.

Les listes actuelles des constructeurs de toits végétalisés peuvent être demandées à l'adresse suivante:

Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid
6114 Steinhuserberg

Autres adresses utiles:

- **Schweiz. Institut f. Baubiologie (SIB)**
Zentralsekretariat
St. Galler - Str. 28
9230 Flawil
- **'Communauté' de travail 'Maison Verte'**
c/o Association des maîtres horticulteurs
suisses
Forchstr. 287
8029 Zürich
- **Association Suisse des maîtres couvreurs**
Secrétariat
Lindenstr. 4
9240 Uzwil

12. LITTERATURE

- 1) **BEINS, A., 1991:** Mikroklima und Wasserhaushalt von begrünten Dächern und deren ökologische Bedeutung in Siedlungen. Dipl.-Arbeit am Geographischen Institut der Universität Hannover, Hannover
- 2) **BLUME, H.P. (Hrsg.), 1990:** Handbuch des Bodenschutzes. Landsberg/Lech
- 3) **BERGER, W., 1988:** Dachbegrünungen als Stadtökologische Maßnahme zur Umweltverbesserung. Gutachten im Auftrag der Umweltbehörde - Amt f. Landschaftsplanung. = Naturschutz u. Landschaftspflege in Hamburg 24, Hamburg
- 4) **BORNKAMM, R., F. BARTFELDER, u. M. KÖHLER, 1988:** Verbundene Hof-, Fassaden- u. Dachbegrünung. Gutachten im Auftrag des Bundesminist. f. Umwelt, Naturschutz u. Reaktorsicherheit. F.- u. E.-Vorhaben, Berlin, 171 S.
- 5) **DARIUS, F. u. J. DREPPER, 1984:** Rasendächer in West-Berlin. Ökologische Untersuchungen auf alten Berliner Kiesdächern. In: Das Gartenamt 33, H. 5, S. 309-315
- 6) **ERNST, W. u. J. WEIGERDING, 1985:** Oberflächenentwässerung. Gewässerentlastung durch ökologisch/ökonomische Planung. In: BBauBl 34, H. 11, S. 722-732
- 7) **ERNST, W. u. W. WEIGERDING, 1986:** Ökologische und ökonomische Vorteile einer extensiven Dachbegrünung aus entwässerungstechnischer Sicht. In: Das Gartenamt 35, H. 6, S. 348-353
- 8) **ERNST, W., 1991:** Auswahlkriterien bei (wurzelfesten) Dachabdichtungen aus praxisorientierter Sicht. Teil 1: Einführung und Problemstellung. In: Das Gartenamt 40, H. 2, S. 105-110
- 9) **ERNST, W., 1991:** Auswahlkriterien bei (wurzelfesten) Dachabdichtungen aus praxisorientierter Sicht. Teil 2: Testanordnung, Auswertung und Zusammenfassung. In: Das Gartenamt 40, H. 5, S. 305-313
- 10) **FLL (Hrsg.), 1983:** Das begrünte Haus. Bedeutung u. konstruktive Hinweise. = Fundamente alternativer Architektur, Bd. 10, Karlsruhe
- 11) **FLL, 1984:** Grundsätze für Dachbegrünungen. Verfahren zur Untersuchung der Durchwurzelungsfestigkeit von Wurzelschutzbahnen. Hrsg. v. Forschungsgesellsch. Landschaftsentwicklung - Landschaftsbau e.V., Bonn, 2. Aufl. 69 S.
- 12) **GROHÉ, T. u. R. RANFT, 1988:** Ökologie und Stadterneuerung: Anforderungen, Möglichkeiten und praktische Erfahrungen. Köln
- 13) **GRÜTZMACHER, B., 1984:** Grasdach: Aufbau, Konstruktion, Systeme. München, 116 S.
- 14) **HEEB, J. et al., 1990:** Denksätze und Handlungskonzepte für den Bodenschutz in der Schweiz. = Bericht des Nationalen Forschungsprogrammes 'Boden', Liebefeld-Bern
- 15) **HOCH, E., 1985:** Bautechnische und bauphysikalische Auswirkungen von Flachdachbegrünungen bei Alt- u. Neubauten. In: Dachbegrünung. Beiträge zur Extensivbegrünung, hrsg. v. H.-J. Liesecke, S. 69-73
- 16) **HOFFMANN, O., 1987:** Handbuch für begrünte und genutzte Dächer. Leinfelden-Echterdingen
- 17) **HÖSCHELE, K. u. H. SCHMIDT, 1974:** Klimatische Wirkungen einer Dachbegrünung. In: Garten u. Landschaft 84, H. 6, S. 334-337
- 18) **KIENLE, H. et al., 1979:** Dachbegrünung - Luxus oder Notwendigkeit? Stuttgart-Birkach
- 19) **KÖHLER, M., 1989a:** Ökologische Untersuchungen an extensiven Dachbegrünungen. = Sonderdruck aus Verh. Gesellsch. f. Ökologie, Essen 1988, Bd. XVIII, Göttingen, S. 249-255
- 20) **KÖHLER, M., 1989b:** Begrünungspotential von Gründerzeitbauten in Berlin (West). In: Landschaft u. Stadt 21, H. 2, S. 56-62

- 21) **KÖHLER, M. (Hrsg.), 1990:** Extensive Dachbegrünung. Ergebnisse des Symposiums in der TU Berlin. = Schriftenr. d. Fachbereichs Landschaftsentwicklung d. TU Berlin, Nr. 76: Landschaftsentwicklung u. Umweltforschung, Berlin, 110 S.
- 22) **KÖHLER, M. u. B. BAIER, 1989:** Ökologische Untersuchungen an neueren Berliner Grasdächern. In: Das Gartenamt 38, H. 5, S. 302-306
- 23) **KOLB, W., 1987a:** Wirkungsweisen und Nutzen von Gründächern als Beitrag zur Siedlungsökologie. In: Rasen-Turf-Gazon 18, H. 1, S. 11-18
- 24) **KOLB, W., 1987b:** Wie Gründächer die Kanalisation in der Stadt entlasten. In: Taspo-Magazin 14, H. 7/8, S. 32-33
- 25) **KOLB, W., 1987c:** Abflußverhältnisse extensiv begrünter Flachdächer. I. Abflußspenden u. Wasserrückhaltung im Vergleich mit Kiesdächern. In: Ztschr. f. Vegetationstechnik 10, H. 7-9, S. 111-116
- 26) **KOLB, W., 1987d:** Abflußverhältnisse extensiv begrünter Dächer. II. Wirkung des Sättigungsgrades der Vegetationsschicht auf Abflußspenden u. Wasserrückhaltung. In: Ztschr. f. Vegetationstechnik 10, H. 10-12, S. 162-165
- 27) **KOLB, W. u. T. SCHWARZ, 1984:** Eigenschaften und Kosten von Substraten zur Extensivbegrünung von Flachdächern. In: Das Gartenamt 33, H. 2
- 28) **KOLB, W. u. T. SCHWARZ, 1986:** Zum Klimatisierungseffekt von Pflanzenbeständen auf Dächern. I. Kühlleistung verschiedener Gräser-Kräuter-Mischungen und Stauden bei Intensivbegrünungen. In: Ztschr. f. Vegetationstechnik 9, H. 7-9, S. 116-120
- 29) **KOLB, W. u. W. KLEIN, 1986:** Zum Klimatisierungseffekt v. Pflanzenbeständen auf Dächern. II. Wärmedämmverhalten versch. Gräser-Kräuter-Mischungen u. Stauden bei Intensivbegrünungen. In: Ztschr. f. Vegetationstechn. 9, H. 10-12, S. 154-157
- 30) **KOLB, W., T. SCHWARZ u. P. MANSOURIE, 1982:** Extensivbegrünung von Dachflächen - Vegetationstechnische Eigenschaften u. Kosten von 10 verschiedenen Substraten. In: Ztschr. f. Vegetationstechnik 5, H. 7-9, S. 106-112
- 31) **KRUPKA, B., 1987:** Vegetationsformen u. Pflanzen für Extensivbegrünungen. In: Schriftenr. d. Inst. f. Landschaftsplanung u. Gartenkunst d. TU Wien, H. 10, S. 53-60
- 32) **KRUPKA, B.W., 1988:** Dachbegrünungen: Aus der Praxis - für die Praxis. Köln
- 33) **KRUPKA, B.W., 1992:** Dachbegrünung: Pflanzen und Vegetationsanwendung an Bauwerken. Stuttgart
- 34) **KRUSCHE, P. et al., 1982:** Ökologisches Bauen. Hrsg. v. Umweltbundesamt, Wiesbaden, Berlin
- 35) **KÜMMERLY & FREY (Hrsg.), 1970:** K & F Atlas. Naturbild und Wirtschaft der Erde. Graphische Anstalt Bern, Bern
- 36) **LIESECKE, H.-J., 1987:** Projektbegleitende Untersuchung zur Planung und Ausführung einer extensiven Dachbegrünung. In: Das Gartenamt 36, H. 8, S. 505-516
- 37) **LIESECKE, H.-J., 1988a:** Untersuchungen zur Wasserrückhaltung bei extensiv begrünten Flachdächern. In: Ztschr. f. Vegetationstechnik 11, H. 4-6, S. 56-66
- 38) **LIESECKE, H.-J. et al., 1988b:** Kostengünstige Methoden der Dachbegrünung. Grundlagen zur Planung, Ausführung und Unterhaltung von Extensivbegrünungen und einfachen Intensivbegrünungen. Hrsg. v. Forschungsgesellsch. Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) im Auftrag der Bundesminister für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn
- 39) **LIESECKE, H.-J., 1989a:** Vegetationssubstrate für extensive Dachbegrünungen und ihre vegetationsstechnischen Eigenschaften. In: Das Gartenamt 38, H. 4, S. 242-248
- 40) **LIESECKE, H.-J., 1989b:** Beurteilung von Eigenschaften und Anforderungen bei Vegetationssubstraten für extensive Dachbegrünungen. In: Das Gartenamt 38, H. 3, S. 152-159

- 41) **LIESECKE, H.-J., 1989c:** Wasserrückhaltung und Abflußspende bei Extensivbegrünungen auf Flachdächern. In: BBauBl 38, H. 4, S. 176-183
- 42) **LIESECKE, H.-J. et al., 1989d:** Grundlagen der Dachbegrünung. Hrsg. v. Forschungsgesellsch. Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., Berlin, 236 S.
- 43) **MENDEL, H.G., 1985:** Die Bedeutung von Gründächern insbesondere aus wasserwirtschaftlicher Sicht. In: Das Gartenamt 34, H. 8, S. 574-581
- 44) **MITSCHERLICH, A., 1965:** Die Unwirtlichkeit unserer Städte. Frankfurt
- 45) **MÜLLER, D.U., 1989:** Zur Fauna und Flora auf Grasdächern. In: Garten u. Landschaft 99, H. 1, S. 20-25
- 46) **NEUMANN, K., 1990:** Zur Bedeutung der Umweltverträglichkeit bei der Planung von Dachbegrünungsmaßnahmen. In: Das Gartenamt 39, H. 3, S. 158-166
- 47) **ODUM, E.P., 1991:** Prinzipien der Ökologie. Heidelberg
- 48) **OHLWEIN, K., 1989:** Dachbegrünung: ökologisch und funktionsgerecht. Augsburg, 2. Aufl., 126 S.
- 49) **SCHACHT, C., 1981:** Beurteilung von Dachbegrünungen nach siedlungswasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten. Diplomarbeit an der TU Berlin, Inst. f. techn. Umweltschutz, Berlin, 163 S.
- 50) **SCHIELE, L. (Hrsg.), 1990:** Dachbegrünung - Leicht, aber richtig. Augsburg, 2. Aufl.
- 51) **SIEBER, H.-G., 1986:** Es grünt und grünt und grünt... In: arch+
- 52) **STEIN, J., 1990:** Dachbegrünung: Wärmedämmung? - Sommerlicher Wärmeschutz. In: Das Gartenamt 39, H. 3, S. 167-169
- 53) **STIFTER, R., 1987:** Erfahrungen über den Dächern Wiens. In: Schriftenr. d. Inst. f. Landschaftsplanung u. Gartenkunst d. TU Wien, H. 10, S. 85-90
- 54) **TAKK, 1990:** Werkstoffblätter Dachbahnen. hrsg. v. Technischen Arbeitskreis Kunststoff- und Kautschukbahnen e.V., Darmstadt
- 55) **THOMMEN, M., 1986:** Pflanzengemeinschaften natürlich besiedelter Kiesdächer und extensiver Dachbegrünungen. Diplomarbeit am Botanischen Institut der Universität Basel, Basel, 112 S.
- 56) **THOMMEN, M. u. U. HOFER, 1990:** Extensive Dachbegrünungen - ökologische und baubiologische Grundsätze. In: BauBioBulletin 22, S. 6-9
- 57) **VASELLA, A., 1992:** Die extensive Dachbegrünung aus bauökologischer Sicht. In: Schweizer Ingenieur u. Architekt 4, S. 56-64
- 58) **VLP, 1985:** Siedlungsformen der Zukunft: Individuelles, verdichtetes Wohnen. = Schriftenfolge 39 der Schweizerischen Vereinigung für Landesplanung, Bern
- 59) **ZINCO, 1985:** Dachbegrünung mit System. Technische Information. Nürtingen
- 60) **ZIMMERMANN, P., 1987:** Dachbegrünung. Eine ökologische Untersuchung auf Kiesdach, extensiv u. intensiv begrünten Dächern. In: Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad.-Württ. Bd. 62, S. 517-549

TROISIEME PARTIE

13. DONNEES COMPLEMENTAIRES

13.1	Champ d'action écologique dans le domaine de la construction des villes	43
13.2	Comparaison des prix entre les toits végétalisés et non végétalisés	45
13.3	Comparaison entre les toits végétalisés et non végétalisés en fonction des diverses influences dues au toit plat	46
13.4	Précipitations annuelles en Suisse	47
13.5	Modèle de coordination pour la planification de la végétalisation du toit	48
13.6	Possibilité de distribution des travaux entre couvreurs et paysagistes	48
13.7	Devoirs et critères de planification et de contrôle pour la végétalisation des immeubles	49
13.8	Directives et normes pour l'établissement d'une végétalisation de toits	51
13.9	Aide pour la prise de décision: profil différentiel pour la végétalisation extensive et intensive	51
13.10	Données pour la construction par couches de toits végétalisés	52
13.11	Vue d'ensemble avec comparaison des propriétés de matériaux drainants et champ d'application y relatif	55
13.12	Vue d'ensemble avec comparaison entre les propriétés et le champ d'application des substrats de végétation	56
13.13	Mesures pour les finitions, le développement et l'entretien de la végétalisation.	57

13.1 Champ d'action écologique dans le domaine de la construction des villes

1) Protection du sol

- a) Protéger les zones végétalisées existantes
- b) Tenir compte de la qualité et du fonctionnement du sol avant d'accorder une autorisation de construire
- c) Exécuter des constructions en économisant les surfaces au sol
- d) Encourager des utilisations multiples
- e) S'assurer de la sauvegarde et de la protection de l'environnement
- f) Encourager la construction de surfaces abandonnées (recyclage)
- g) Nettoyage des surfaces abandonnées ou contaminées
- h) Retour à la nature des surfaces bétonnées ou bitumées

2) Climat urbain

- a) Protection et création de grandes zones végétalisées
- b) Aménagement de zones vertes et végétalisation des toits, pour le renforcement des échanges d'air (augmentation de l'humidité de l'air, diminution de la variation des températures, coupe-vent, etc.)
- c) Maintien et augmentation de la partie végétalisée en ville
- d) Encouragement de la végétalisation des jardins sur toit et des façades

3) Gestion du réseau d'eau

- a) Maintenance et élargissement des surfaces d'absorption d'eau de pluie
- b) Maintenance des endroits de récupération d'eau potable
- c) Encouragement en matière d'économie de l'eau potable dans les entreprises et les ménages privés par des constructions adéquates.
- d) Prénettoyage et écoulement des eaux usées dans le terrain
- e) Essai de possibilités de stations d'épuration décentralisées et naturelles (par les plantes)
- f) Assainissement et construction de canalisations et de stations d'épuration (réparation des canaux défectueux, mise en état de surverses d'orages, construction de bacs de rétention d'eau de pluie, amélioration des stations d'épuration)
- g) Éviter que l'eau d'arrosage et d'irrigation n'entre dans la station d'épuration
- h) Retour à la nature des ruisseaux et des étangs

4) Protection de l'air

- a) Tenir compte des possibilités d'utilisation du système solaire, de la diminution des pertes de chaleur dues au climat
- b) Diminution des besoins calorifiques par une construction adéquate (accumulation de chaleur et isolation)
- c) Choix de sources d'énergie pauvres en émissions toxiques
- d) Augmentation de l'énergie par des pompes à chaleur, etc.
- e) Limitation et diminution des émanations toxiques par des lois adéquates
- f) Encouragement de l'assainissement des émissions produites par les entreprises et les concentrations d'usines
- g) Éviter d'avoir de nouveaux centres de rassemblement exigeant une augmentation de la circulation individuelle motorisée (Style grandes surfaces en dehors des villes)
- h) Encourager le vélo, la marche et les transports publics
- i) Ralentissement de la circulation
- j) Gestion des possibilités de parcage

(selon: T. GROHÉ u. F. RANFT, 1988)

Champ d'action écologique dans le domaine de la construction des villes (suite)

5) Protection phonique

- a) Amélioration de la protection phonique à l'intérieur des immeubles
- b) Utilisation de protections antibruit lors de constructions dans les milieux urbains
- c) Distances suffisantes entre les habitations et les sources sonores
- d) Ralentissement de la circulation
- e) Revêtements de route plus silencieux
- f) Amélioration et création de protections phoniques passives spécialement le long des routes à grand trafic

6) Amélioration des alentours des habitations

- a) Maintien et amélioration de la végétalisation des jardins privés et publics (végétalisation des toits, cours intérieures et cours d'école)
- b) Maintien et amélioration des allées, ronds-points, etc.
- c) Maintien et élargissement qualitatifs des jardins publics existants (y compris l'utilisation des cours d'école, cimetières, terrains de sport, etc.)
- d) Création de réseaux végétalisés et de biotopes
- e) Maintien et élargissement des surfaces de détente existant dans les banlieues

7) Protection de la faune et de la flore

- a) Maintien et amélioration des composantes de la nature et du paysage
- b) Maintien et augmentation du milieu vital des espèces sauvages dans les zones urbaines par la végétalisation et le recyclage des surfaces
- c) Création de zones naturelles plus ou moins ouvertes au public
- d) Maintien et création de pièces d'eau naturelles et artificielles

8) Recyclage des déchets

- a) Création de possibilités permettant de diminuer les déchets de consommation
- b) Encouragement à la création de déchetteries (tri des matériaux)
- c) Réutilisation de produits recyclés lors de constructions de routes et de jardins (gravats, compost, etc.)
- d) Essai des possibilités d'utilisation des déchets près des habitations (compost et utilisation de l'énergie lors du compostage)
- e) Informations et conseils pour limiter les déchets

(selon: T. GROHÉ u. F. RANFT, 1988)

13.2 Comparaison des prix entre les toits végétalisés et non végétalisés

Comparaison entre une végétalisation extensive et une toiture conventionnelle	
Coût supplémentaire possible	Diminution du coût possible
<ul style="list-style-type: none"> • Renforcement de la construction due à la charge supplémentaire (si nécessaire) • Installation des chantiers suivant la hauteur de l'immeuble et l'accessibilité de la parcelle ainsi que de la surface du toit • Mise en place d'une couche de protection en cas de fond rugueux ou d'une couche de séparation si l'on a affaire à des matériaux chimiquement incompatibles • Mise en place d'une couche de protection contre les racines • Protection antiglisse dans le cas de toits pentus de plus de 20° ainsi que des éléments de bordures • Mesures contre l'érosion due au vent et à l'eau de pluie • Apports de substrat, de semis de plantations et soins de finition • Coût d'entretien peu élevé pour les végétalisations extensives 	<ul style="list-style-type: none"> • Economie de divers matériaux (par ex. protection des graviers, peinture anti-UV) • Isolation du toit (souvent en plusieurs couches) remplacée par la couche de protection contre les racines • Meilleure isolation contre le froid selon le genre de construction du toit végétalisé (épaisseur du substrat, hauteur de la végétation, etc.) • Economie sur les mesures de climatisation en été pour les locaux situés au-dessous du toit végétalisé • Augmentation de la durée de vie de l'étanchéité grâce à la protection contre les dégâts mécaniques, les UV et les variations de température • Economie sur l'installation d'un réseau d'évacuation des eaux de pluie • Economie d'entretien (toit végétalisé extensif). Il y pousse moins de feuillus que sur les toits avec gravier
Comparaison entre un toit végétalisé intensif et un toit conventionnel	
Coût supplémentaire possible	Diminution du coût possible
<ul style="list-style-type: none"> • Renforcement de la construction due à la charge supplémentaire (si nécessaire) • Installation des chantiers suivant la hauteur de l'immeuble et l'accessibilité de la parcelle ainsi que de la surface du toit • Mise en place d'une couche de protection lors de fonds rugueux ou d'une couche de séparation lors de matériaux chimiques incompatibles • Mise en place d'éléments de bordures pour plates-bandes ou cheminement • Mise en place d'une couche de protection contre les racines • Installations d'écoulement et d'irrigation (regards de contrôle, éléments de rétention d'eau, etc.) • Fixation et ancrage de plantes élevées • Création de constructions spéciales (par ex. étangs, etc.) • Apport de substrat, plantations, engrais et soins de finition • Le coût d'entretien est comparable à des plantations au sol ordinaires 	<ul style="list-style-type: none"> • Economie de divers matériaux (par ex. protection des graviers, peinture anti-UV) • Isolation du toit (souvent en plusieurs couches) remplacée par la couche de protection contre les racines • Meilleure isolation contre le froid selon le genre de construction du toit végétalisé (épaisseur du substrat, hauteur de la végétation, etc.) • Economie sur les mesures de climatisation en été pour les locaux situés au-dessous du toit végétalisé • Augmentation de la durée de vie de l'étanchéité grâce à la protection contre les dégâts mécaniques, les UV et les variations de température • Economie d'équipement pour l'écoulement des précipitations lors de vastes surfaces • Utilisation des surfaces existantes plus rationnelle sans nouvel achat de terrain

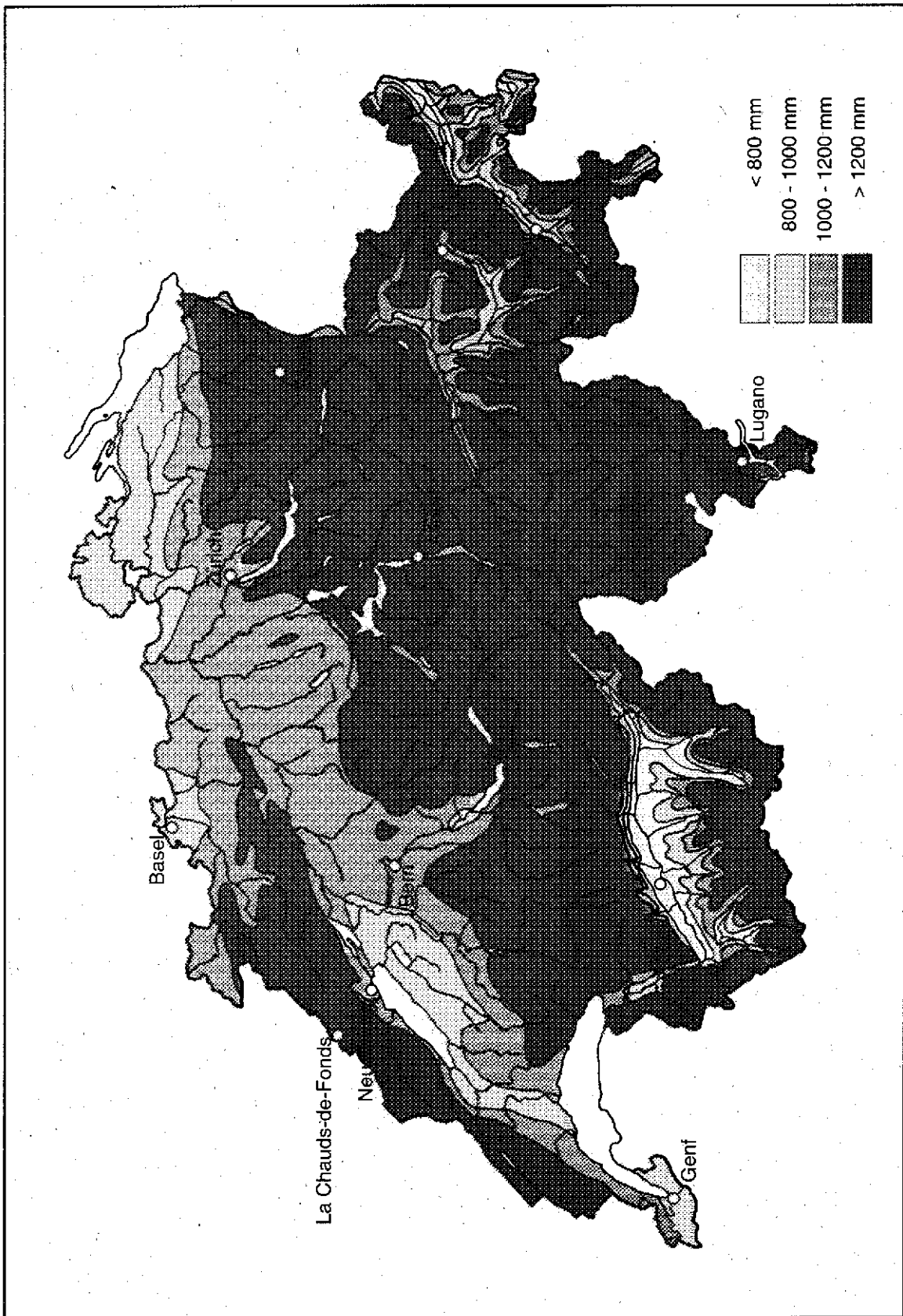
(selon: W. BERGER, 1988)

13.3 Comparaison entre toits végétalisés et non végétalisés en tenant compte des diverses influences dues aux toits plats

Problématique, critères d'utilisation, répercussions		
	Toits non végétalisés	Toits végétalisés
Rayons UV, dégradations chimiques dues à la lumière	Altération des matériaux, altération des propriétés des matériaux, réduction de la durée de vie. Nécessité de réitérer la régénération de la protection des surfaces.	Pas de problèmes. La couche de végétation tient lieu de protection de surface.
Rayon IR, variation des températures réchauffant la surface du toit	Surcharge thermique lors de toits sans gravier. Surfaces noires jusqu'à + 80°C. Danger de rupture lors d'isolation thermo-plastique, perte de solidité par dilatation des matériaux de rétention.	Pas de problèmes. Réchauffement de la surface du toit en été au maximum 25-30°. Effet de refroidissement de la végétation.
Gel - dégel, pression de la glace	Stress par les variations de température. Toits plats = érosion et effritement de la surface.	Moins d'usure par l'absence de rayons. Réduction des variations.
Couches de boue	Dangereux lors de formation de croûtes, déchirures, etc.	S'il en existe malgré le filtres filtrant, toutefois sans danger car la température élevée fait défaut.
Algues, micro-organismes	Effets physiques, moyen de liaison dans les flaques et dans la boue. Désèchement = encroustement = déchirures. Effet chimique par ex.	Effets physiques: pas de problèmes car la chaleur et la lumière manquent. Effets chimiques: possible.
Grêle	Dégâts de perforation lors de fortes chutes de grêle (Ex. Munich, juillet 84) et cause de l'effritement de la surface du toit provoqué simultanément par le froid et par les UV	Pas de problèmes.
Vents, tourbillons	Lors de défauts de construction, manque de stabilité; dégâts fréquents dus aux tempêtes.	Bonne stabilité créée par une surcharge (par ex. végétalisation extensive 70-100 kg/m ² pour 10 cm de hauteur). Toutefois: charge du vent plus élevée en cas de végétaux élevés (arbustes, arbres)
Formation de bulles déformation due à l'évaporation de la surface du toit	Dues à l'humidité; l'exécution des travaux est dépendante des intempéries.	Pas de problèmes parce qu'il n'y a pas de réchauffement. On peut ne pas poser une couche de pare-vapeur supérieure.
Effet du feu	Résistant aux braises et au rayonnement de la chaleur (toit dur). Preuve par DIN 4102, partie 7, sans preuve, partie 4.	Protection améliorée pour la construction du toit, mais inflammable lors de sécheresse extrême et d'utilisation extensive. Effet uniquement en surface et sur les constructions avoisinantes.
Effet phonique	Effet anti-bruit dépendant de la masse et de la quantité de couches des matériaux selon DIN 4109, partie 6: R' dépend du bruit environnant. Protection d'impact: exigence minimale TSM ≥ 10dB. Exigence supplémentaire TSM ≥ 17dB.	Amélioration de la protection phonique dépendant de l'épaisseur supplémentaire de la couche du substrat. Bonne absorption phonique par la végétation.
Protection de la chaleur	Protection de la chaleur-VO, valable dès 1/84: $k_D \leq 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Valeur minimale DIN 4108, partie 2.	Amélioration de la protection de la chaleur connue, mais pas encore calculable. Gel: 2,10 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, Sol humide: 1,80 $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, amélioration par la réduction des températures de pointe.
Effet des racines	En cas d'entretien régulier, pas de problèmes.	Une épaisse couche anti-racine est nécessaire. Expertise selon DIN 4062 n'est pas suffisante. Preuve par la pratique.
Effet par l'eau sous pression	Pas de problèmes lors d'exécution de travaux soignés.	Apparaît lors d'une irrigation avec rétention d'eau dans la couche drainante. Exécution de l'étanchéité d'après DIN 18195, partie 5 ou 6.
Contrôle de l'étanchéité et réparation	Contrôle des toits sans gravier virtuellement possible. Frais de réparations moins onéreux que sur les toits végétalisés.	Pas de possibilité de contrôle. La localisation des défauts est difficile. Entretien et renouvellement des isolations nécessaires. Travaux de déblaiement.

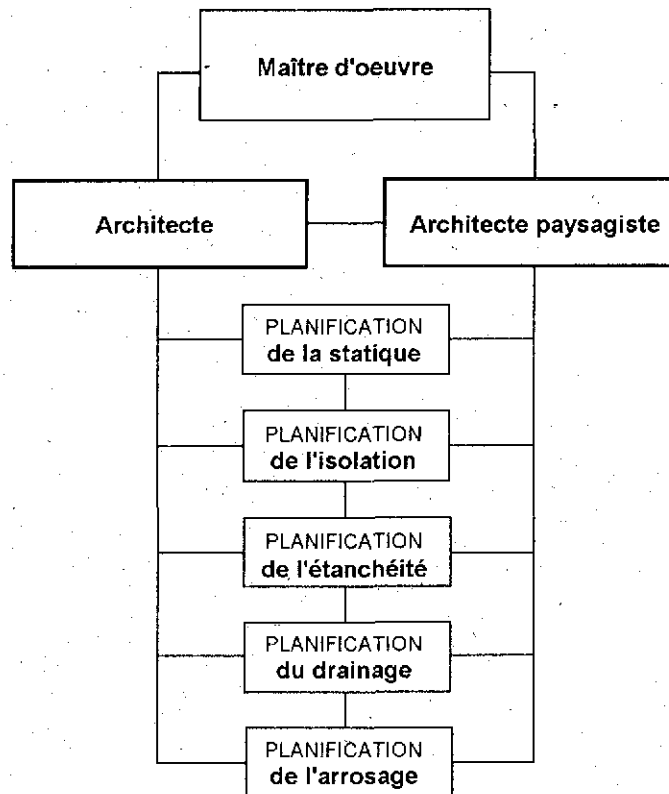
(selon: H.-J. LIESECKE, 1989, selon GÖTZE, 1986)

13.4 Précipitations annuelles en Suisse



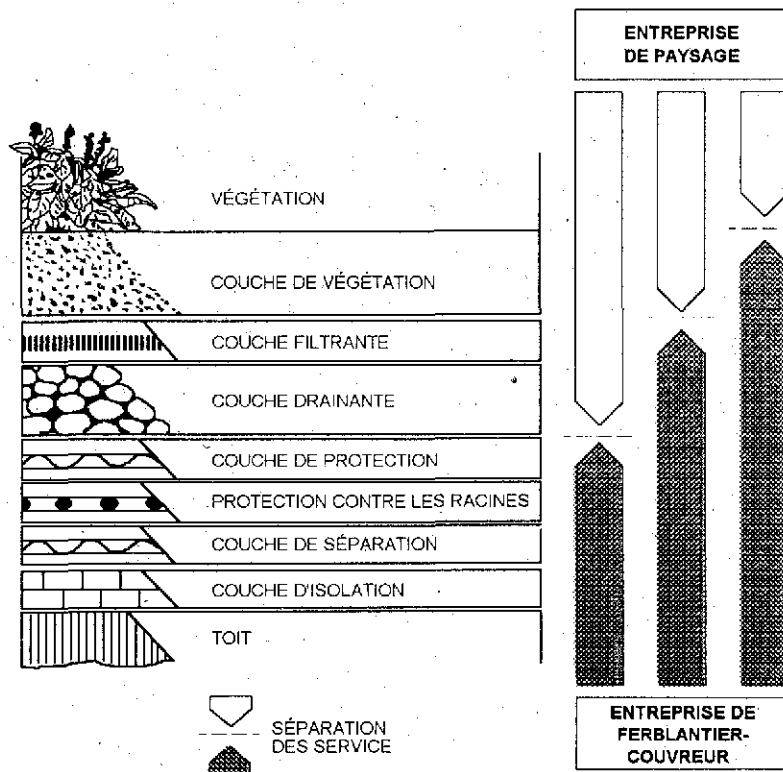
(selon K & F Atlas, 1970)

13.5 Modèle pour la coordination dans la planification pour la végétalisation des toits



(selon: B.W. KRUPKA, 1988)

13.6 Possibilité de séparation des services entre le paysagiste et le ferblantier-couvreur



(selon: B.W. KRUPKA, 1988)

13.7 Devoirs et critères de planification et de contrôle pour la végétalisation des immeubles

Devoirs et critères de planification et de contrôle	certificat d'expertise	ébauche	plan d'exécution	description	appel d'offres
Possibilité d'un encouragement public		<input type="radio"/>			
Economie grâce à la réduction des écoulements d'eau	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Expertises de comptabilité quant à l'environnement	<input type="radio"/>				
Brochures des autorités en matière de construction sur les dimensions des espaces, la réalisation, le genre d'utilisation et de végétalisation		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Brochures sur les issues de secours		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Brochures sur les prescriptions en matière de protection contre l'incendie		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Mesures de sécurité dans le domaine des bordures de toits		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Délai d'exécution		<input type="radio"/>			
Classification		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Limites inférieures et supérieures des charges autorisées pour la végétalisation du toit		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Calcul de la prise du vent sur les arbres et façades végétalisés	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>		
Calcul de la prise du vent sur les surfaces de toit		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Evaluation des données climatiques liées au projet		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Evaluation des possibilités dans le choix des plantes		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Conséquence du rejet de l'air vicié et des émanations (liées à l'objet) sur la végétation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Type de pente et exposition		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Quantité et distribution des précipitations		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Type d'écoulement du toit		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Exécution de puits fermés pour le contrôle de l'étanchéité			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Contrôle et position des joints de dilatation			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Hauteur et exécution de la liaison avec les bords du toit		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Accessibilité et entretien des installations techniques comme lumière, installation de refroidissement, aération ou paratonnerre		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Pose de conduites d'eau à l'épreuve du gel			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

(selon: B.W. KRUPKA, 1992)

Devoirs et critères de planification et de contrôle pour la végétalisation des immeubles (suite)

Devoirs et critères de planification et de contrôle	Certificat d'expertise	ébauche	plan d'exécution	description	appel d'offres
Conséquence de la végétalisation sur la diffusion des vapeurs d'eau	<input type="radio"/>		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Résistance à la pression de l'isolation thermique			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Propriétés de l'isolation, en matière de protection contre les racines			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Protection contre les dommages mécaniques, c'est-à-dire contre les racines			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Choix des matériaux pour la création et la végétalisation du toit			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Exigences en matière d'utilisation du toit		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Hauteur des couches de construction		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Délimitation des surfaces à planter		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Choix des plantes			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Choix des formes de végétalisation		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Procédé de végétalisation			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Création de protection contre les regards indiscrets, le soleil et le vent		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>		
Séparation des travaux entre le couvreur et le paysagiste			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Expertise des matériaux et de leurs qualités			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Expertise des critères				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixation des garanties				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixation des lots et de la fin des travaux			<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixation de la durée des finitions et de l'entretien				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fixation des mesures d'entretien			<input type="radio"/>		

(selon: B.W. KRUPKA, 1992)

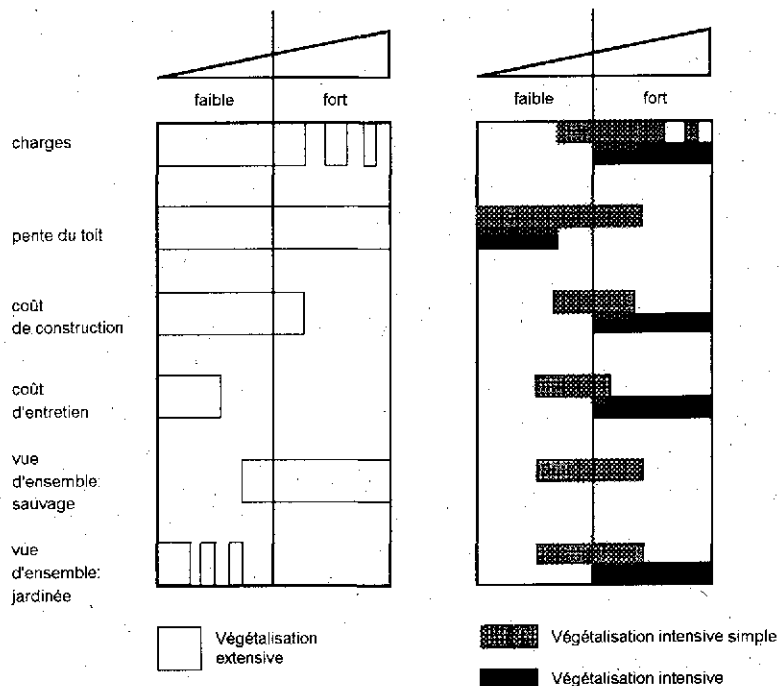
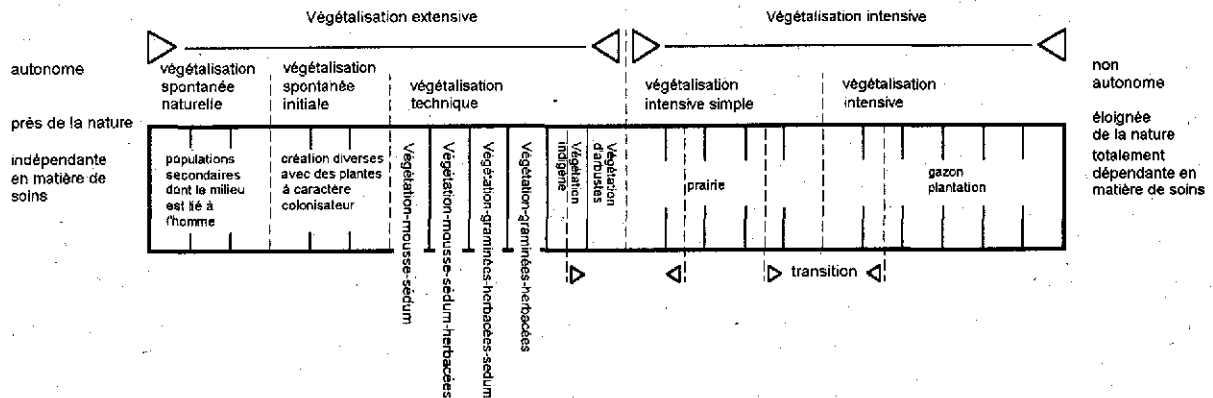
13.8 Directives et normes pour l'établissement d'une végétalisation des toits

- SIA-Norm 271:** Toits plats avec étanchéité bitumée
- SIA-Norm 271.2:** En préparation, pas encore publiée; sera applicable en automne 1994
- SIA-Norm 318:** Garten- u. Landschaftsbau

Anciennes normes encore en vigueur (exigences insuffisantes en matière de protection contre les racines):

- SIA-Norm 280:** Isolation en tissu synthétique - exigences et test des matériaux
- SIA-Norm 281:** Bandes d'isolation de bitume polymérisé

13.9 Aide pour une préparation à la décision: Profil différentiel entre la végétalisation extensive et intensive



(selon: B.W. KRUPKA, 1992)

13.10 Données pour la construction par couches des toits végétalisés

<u>Protection contre les racines</u>	
Caractéristiques exigées	<ul style="list-style-type: none"> • Empêchant des dommages à l'isolation du toit par ex. par une perforation due aux racines.
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> • Il existe un grand choix de produits, pour l'essentiel des bandes bitumées (en partie additionnées avec des fibres de verre ou fibres polyester) aussi PVC, PE, EPM, EPDM, etc) dans des épaisseurs diverses.
Autres indications	<ul style="list-style-type: none"> • Les bandes bitumées conventionnelles ne sont pas une protection. L'expérience pratique montre pourtant que lors de travaux bien effectués, il n'y a que rarement des dommages (au moins lors de végétalisations extensives). • Il faut faire attention à la compatibilité entre les couches de tissu chimique; si nécessaire on mettra une couche de séparation. • On pourra utiliser une protection contre les racines moins épaisse dans le cas de végétalisations extensives. • Pour la protection du toit contre les racines, il faut prendre garde aux normes existantes concernant l'isolation des toits.
Tolérance quant à l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> • Isolations avec adjonction d'herbicide ou substances inhibant les racines ne sont pas tolérées par l'environnement. • Des isolations en PVC ne sont pas bien tolérées par l'environnement à cause des composantes de chlore et des adoucissants. Elles sont problématiques tant au niveau de leur fabrication qu'à celui de leur destruction.
<u>Couche de protection</u>	
Caractéristiques exigées	<ul style="list-style-type: none"> • Elle doit éviter des dommages mécaniques à l'isolation pendant les travaux. • Protection durable de l'isolation contre des influences statiques, dynamiques et thermiques.
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> • Flies de protection (épaisseurs diverses). • Dalles de protection ou bandes (épaisseurs diverses) en caoutchouc ou rognures synthétiques; on peut aussi les obtenir en produits recyclés. • Béton, toutefois uniquement quand il faut pouvoir rouler sur le toit. • Produits combinés réunissant la couche de protection, la couche drainante et la couche filtrante, généralement en tissus synthétiques divers, supportés de façons diverses par l'environnement.
Autres indications	<ul style="list-style-type: none"> • Si l'on n'a pas prévu une surface pour rouler, le béton n'est pas approprié comme couche de protection.
<u>Couche drainante</u>	
Caractéristiques exigées	<ul style="list-style-type: none"> • La couche drainante doit garantir l'écoulement du surplus d'eau vers les canalisations.
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> • Gravats (par ex. gravier, split (gravier concassé), Lava (lave), Bims (pierre ponce)) de granulométrie diverse. • Nattes filtrantes et dalles drainantes en boules de mousse synthétique collées. • Lors de construction en couche unique, il est possible d'utiliser le substrat comme couche drainante.
Autres indications	<ul style="list-style-type: none"> • Elle n'est nécessaire que pour les toits plats ou peu inclinés. • L'appréciation des propriétés drainantes d'une couche et son choix doivent être liés aux autres couches de construction. • Les gravats et éléments drainants sont en partie appropriés pour une irrigation par accumulation de l'eau.

Couche filtrante	
Caractéristiques exigées	<ul style="list-style-type: none"> • Elle sert à empêcher les particules de substrat fin d'entrer dans la couche drainante.
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> • En général des géotextiles qu'on utilise pour la construction dans la terre, des routes et des ouvrages hydrauliques (par ex. polyamid, polyester, polyéthylène). • Lors de construction par couche unique, la fonction filtrante peut être assurée par le substrat.
Autres indications	<ul style="list-style-type: none"> • Les tissus filtrants devraient être éprouvés quant à leur impact sur l'environnement. On devrait éviter d'utiliser des matériaux à composantes menaçant l'environnement (qui pourraient plus tard rentrer dans le circuit de l'environnement).
Couche de substrat	
Caractéristiques exigées	<ul style="list-style-type: none"> • Elle rend possible la croissance des plantes sur le toit, c'est-à-dire qu'elle reprend les fonctions d'un sol "normal" (par ex. rétention d'eau et d'alimentation en substances nutritives).
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> • Substrat de végétation, mélange de gravats (terre végétale améliorée). Substrat à base organique naturelle à pores ouverts, gravats minéraux à pores ouverts. • Dalles de substrat en mousse synthétique modifiée ou en laine de pierre. • Nattes de végétation en tissu tissé synthétique, nattes en paille-cocos et nattes en filles avec de la végétation pré-cultivée.
Autres indications	<ul style="list-style-type: none"> • Dans chaque cas, le choix des matériaux dépend des caractéristiques du genre de végétalisation (intensive ou extensive). De l'inclinaison du toit ou du genre de construction (à trois, deux ou une couche). • Lors d'emploi de certains gravats (surtout minéraux) il faut tenir compte d'un supplément de poids.
Tolérance quant à l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> • Il faut éviter des adjonctions d'additifs synthétiques ou tourbeux. Il est préférable d'utiliser des adjonctions d'ardoise soufflée, de terre glaise soufflée ou de graviers de Bims et d'humus d'écorces.

Drainage	
Caractéristiques exigées	<ul style="list-style-type: none"> • Bonne évacuation d'eau en surplus pour éviter l'eau stagnante et le lavage des particules organiques (surtout sur les toits plats).
Procédé	<ul style="list-style-type: none"> • Evacuation de l'eau à l'intérieur de la surface végétative par des tuyaux de drainage, chéneaux. • Evacuation de l'eau à l'extérieur de la végétation par des gouttières ou chéneaux. • Evacuation d'eau hors de surfaces plantées ou non plantées par des tuyaux de drainage, chéneaux ou gouttières.
Autres indications	<ul style="list-style-type: none"> • Lors de l'utilisation de couches drainantes comme réserve d'eau, il faut prévoir des regards de contrôle pour vérifier le bon fonctionnement des écoulements.
Irrigation	
Caractéristiques exigées	<ul style="list-style-type: none"> • Pour empêcher l'apparition de sécheresse (surtout dans le cas de végétations intensive et extensive, pendant la phase des finitions).
Procédé	<ul style="list-style-type: none"> • Arrosage par tuyaux et arroseurs. • Arrosage goutte à goutte. • Installation d'irrigation par brumisation. • Réservoir d'eau dans la couche drainante (seulement dans le cas de végétation intensive). • Combinaison des divers systèmes.
Autres indications	<ul style="list-style-type: none"> • La végétalisation extensive doit, en général, recevoir uniquement de l'eau de pluie. • Dans le système avec réservoir d'eau, il est nécessaire de prévoir un régulateur d'eau aux écoulements.
Tolérance quant à l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> • L'eau potable étant précieuse, il faudrait si possible irriguer avec de l'eau usée, ou avec l'eau des précipitations, pour en éviter le gaspillage.

Protection contre le vent et l'érosion	
Caractéristiques exigées	<ul style="list-style-type: none"> • Elle doit assurer la protection des toits végétalisés (balayage partiel ou entier du substrat par le vent, renversement des plantes). • Elle doit assurer la protection contre le rinçage et le glissement des éléments (surtout dans le cas de toits pentus).
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> • Charge, (gravier et gravats, en remplissant les réservoirs d'eau des éléments drainants, utilisation de matériaux plus lourds). • Collage (par ex. en utilisant des dalles collées ou semis collés). • Fixation mécanique (filet de protection contre l'érosion avec grandeur de mailles variables) Protection contre le glissement dans le cas de toits pentus. • Utilisation de nattes pré-cultivées, de plantes adaptées, et de substrat adéquat.
Autres indications	<ul style="list-style-type: none"> • En cas d'utilisation de filets de protection, il faut souvent, à cause du vent, les fixer eux aussi. • Atténuation de l'emprise du vent en fonction du rapprochement du centre du toit. • Pour des arbres élevés, futaies, il faut prévoir suivant l'emplacement, des mesures de sécurité spéciales.

En général, lors du choix des matériaux pour la végétalisations des toits, il est indispensable de tenir compte de leur tolérance quant à l'environnement. En plus, il faudrait choisir des producteurs qui garantissent la reprise des matériaux usés (par ex. les feuilles en PVC).

Plantation et végétation					
Formes de végétation et genre de plantes	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;">Végétalisation extensive</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • mousses • succulents (par ex. sedum) • graminées (par ex. tagettes, oeilletons des roches, digitales) • herbes/vivaces • combinaison des divers groupes <ul style="list-style-type: none"> ○ mousse - sedum ○ sedum - mousse - vivaces ○ sedum - graminées - herbes ○ herbes - graminées </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Végétalisation intensive</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • gazons d'ornement et utilitaires • vivaces • arbustes • combinaison des divers groupes par ex. <ul style="list-style-type: none"> ○ vivaces - arbustes ○ arbustes - vivaces • combinaison entre les divers groupes extensifs et intensifs </td> </tr> </table>	Végétalisation extensive	<ul style="list-style-type: none"> • mousses • succulents (par ex. sedum) • graminées (par ex. tagettes, oeilletons des roches, digitales) • herbes/vivaces • combinaison des divers groupes <ul style="list-style-type: none"> ○ mousse - sedum ○ sedum - mousse - vivaces ○ sedum - graminées - herbes ○ herbes - graminées 	Végétalisation intensive	<ul style="list-style-type: none"> • gazons d'ornement et utilitaires • vivaces • arbustes • combinaison des divers groupes par ex. <ul style="list-style-type: none"> ○ vivaces - arbustes ○ arbustes - vivaces • combinaison entre les divers groupes extensifs et intensifs
Végétalisation extensive	<ul style="list-style-type: none"> • mousses • succulents (par ex. sedum) • graminées (par ex. tagettes, oeilletons des roches, digitales) • herbes/vivaces • combinaison des divers groupes <ul style="list-style-type: none"> ○ mousse - sedum ○ sedum - mousse - vivaces ○ sedum - graminées - herbes ○ herbes - graminées 				
Végétalisation intensive	<ul style="list-style-type: none"> • gazons d'ornement et utilitaires • vivaces • arbustes • combinaison des divers groupes par ex. <ul style="list-style-type: none"> ○ vivaces - arbustes ○ arbustes - vivaces • combinaison entre les divers groupes extensifs et intensifs 				
Procédé de la végétalisation	<ul style="list-style-type: none"> • Semis sec ou mouillé • Semis de griffes (par ex. sedum) • Pose de nattes pré-cultivées, ou gazon en mottes • Plantation de vivaces et arbustes 				
Epoque de la végétalisation	<ul style="list-style-type: none"> • La période la plus propice pour la végétation est tôt au printemps ou tard en été, et se prolonge jusqu'au début de l'automne. La réception des travaux se situe environ six à sept mois après la fin des travaux. • Lors de plantations en plein été ou en hiver, un plus grand effort doit être fourni pour assurer le développement des plantes. • En général, il est bon de créer un toit végétalisé rapidement afin d'éviter, par de longues attentes, des dommages possibles aux couches séparées. 				

13.12 Vue d'ensemble comparative des propriétés et de l'emplacement des substrats de végétation et des dalles de substrat

	Mélange des gravats			Gravats de matériaux minéraux poreux	Plaques de substrat
	sol naturel amendé	sur la base de matériaux organiques naturels	sur la base de matériaux minéraux poreux		
Propriétés/mesures					
Supplément de poids lors d'une rétention d'eau maximale	moyenne-élevée	minime	minime - moyenne	très minime-minime	minime
Rétention d'eau	minime-élevée	élevée-très élevée	moyenne-élevée	minime-moyenne	élevée-très élevée
Teneur en air	minime-moyenne	minime-moyenne	minime-élevée	élevée	moyenne-élevée
Porosité	minime-moyenne	moyenne-élevée	moyenne-élevée	très élevée	élevée
Structure et stabilité d'entreposage	moyenne	minime	moyenne-élevée	élevée	élevée
Capacité d'une nouvelle irrigation après dessiccation	moyenne	minime-moyenne	élevée	très élevée	très élevée
Contenance en substances nutritives	moyenne-élevée	élevée	minime-moyenne	minime	minime-élevée
Particularités:	Tendance au durcissement Changement de consistance par grande humidité	Apparition de tassement Danger d'érosion et de rétrécissement	Effet 'mulching' Peu de danger d'érosion	Particulièrement adapté pour une construction à couche unique	Lors de la mise en place érosion par le vent Tendance à inondations temporaires
Rayons d'action:					
Végétalisation extensive	+ -	-	+	+	+ -
Végétalisation intensive simple	+	+	+	+	+
Sans réserve d'eau	+	-	+	+	+
Avec réserve d'eau	-	+	+	+	-
Végétalisation intensive	+	+	+	-	+
Sans réserve d'eau	+	+	+	-	+
Avec réserve d'eau	-	+	+	-	-
Construction à trois couches	+	+	+	-	-
Construction à deux couches	-	-	+	-	+
Construction à une couche	-	-	+ -	+	+ -
Végétalisation sur toit pentu	+ -	-	+	+ -	+ -
Gazon utilisé	+	-	+ -	-	-

+ adapté - non adapté + - adapté à certaines conditions

WK max. = capacité de rétention d'eau

(selon: H.-J. LIESECKE, 1989)

Plantation et végétation (suite)

Autres indications	<ul style="list-style-type: none"> • Actuellement, il existe des entreprises de paysagistes spécialisées dans l'établissement de mélanges de semis (suivant l'aspect désiré) et la pré-culture des vivaces et d'arbustes pour la végétalisation du toit. • Une bonne croissance de la végétation peut être garantie pour autant que le substrat auquel on recourt soit en harmonie avec les plantes utilisées. • Suivant le genre de plantes et de végétalisation, de plus grands efforts seront nécessaires pour la création de la végétalisation et pour lui assurer une bonne croissance. • Pour la végétalisation des toits, il faudrait utiliser exclusivement des plantes indigènes.
---------------------------	--

13.11 Vue d'ensemble comparative des propriétés et de l'utilisation des matériaux pour les couches drainantes

	Gravats	Nattes drainantes	Dalles drainantes	Éléments drainants
Propriétés/mesures				
Poids (gorgé d'eau)	minime-élevé/e	minime-moyen/ne	minime	minime-élevé/e
Rétention d'eau	moyen/ne-très élevé/e	minime-élevé/e	minime	moyen/ne-élevé/e
Rétentions	élevée-très élevé/e	-	-	moyen/ne-très élevé/e
Stabilité structurelle	très élevée	moyen/ne-très élevé/e	élevé/e	très élevé/e
Stabilité de conservation	minime-très élevé	élevé/e	élevé/e	très élevé/e
Épaisseur des couches en cm	dès 4, variable	1 - 3,5	5 et 6,5	2,5/4/10/18
Besoin d'une couche filtrante d'apport	oui, selon granulométrie	non	oui	oui sauf dans le cas d'éléments soufflés
Couche de protection inférieure nécessaire	oui	non	non	suivant le cas
Couche de séparation nécessaire	non	suivant le cas	souvent	souvent
Pénétrabilité des racines	très intensive	modérément-intensive	limitée	partielle
Egalisation des inégalités	tout à fait possible	impossible	impossible	limitée
Pente minimale	non	oui	oui	seulement avec 2,5 cm épaisseur
Particularités:	spectre de variations dans la caractéristique de fabrication et de provenance	suivant le produit c'est chargeable et roulant	chargeable	ajustage exacte en mesurant les éléments, montage en plusieurs phases
Rayons d'action:				
- Végétalisation extensive	+	+	- +	- +
- Végétalisation intensive simple	+	+	+	+
- Végétalisation intensive	+	- +	+	+
- Avec réservoir d'eau	+	-	-	+
- Construction à trois couches	+	-	+	+
- Construction à deux couches	+	+	-	-
- Végétalisation sur toit pentu	+	+ -	-	+ -

+ adapté

- non adapté

+ - adapté sous certaines conditions

(selon: H.-J. LIESECKE, 1989)

13.13 Mesures de finitions, développement et entretien pour toits végétalisés

	Végétalisation extensive						Végétalisation intensive					
	Toits plats				Toits pentus		Toits plats			Toits pentus		
	Mousse - sedum	Sedum - mousse - vivaces	Sedum - graminées - vivaces	Graminées - vivaces	Mousse - sedum	Mousse - sedum - vivaces	Sedum - graminées - vivaces	Graminées - vivaces	Végétation indigène	Arbustes - vivaces	Arbustes	Graminées - vivaces
Soins de finition												
Arrosage initial	+	+			+	+		+	+	+	+	+
Arrosage à la levée du semis			+	+				+				+
Arrosage à intervalles jusqu'à la réception des travaux			+	+			+	+	+	+	+	+
Epannage d'engrais de départ		○	-	-			-	+	-	+	+	-
Epannage d'engrais ultérieurs			○	○			○	-	○	-	+	○
Désherbage	○	-	-	-	○	○	-	-	-	+	+	○
Coupe			○	-				+	○			
Taille									○	○	○	
Réfection du semis			-	-			-	-				-
Réfection des plantations												
Lutte contre les prédateurs			○	○				○	○	○	○	
Soins au développement												
Arrosage	○	○	-	-	○	○	○	+	-	+	+	+
Epannage d'engrais			-	-			-		-	-	+	○
Désherbage	○	○	○	○	○	○	○	○	-	-	-	○
Coupe								+	○			
Taille de régénération											○	
Réfection du semis			-	-			-	-				-
Réfection des plantations												
Lutte contre les prédateurs			○	○				○	○	○	○	
Passage de contrôle	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Soins d'entretien												
Arrosage				○				+	○	+	+	+
Epannage d'engrais				-			○	-	-	+	+	○
Désherbage	○	○	○	○	○	○	○	-	-	+	+	○
Coupe				-				+	○			
Taille de régénération										-	-	
Réfection du semis							-					-
Réfection des plantations												
Lutte contre les prédateurs			○	○				○	○	○	○	
Passage de contrôle	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

- + arrosage / c'est-à-dire toujours nécessaire
- suivant la nécessité
- exceptionnellement

(selon: H.-J. LIESECKE, 1989)

Cahier de l'environnement - Schriftenreihe Umwelt
(Commande OFEFP / Bezugsquelle BUWAL)

Protection des eaux - Gewässerschutz

- Nr. 46: Gewässerschutzstatistik. November 1985. 203 S.
Statistique portant sur la protection des eaux.
- Nr. 203: Abwasserabgabe für die Schweiz. August 1993. 200 S.
- Nr. 206: Aerob thermophile Schlammbehandlung. August 1993. 33 S.
- Nr. 209: Der Stickstoffhaushalt in der Schweiz. 1993. 74 S.
- Nr. 231 Grundwasserschutz bei Tunnelbauten. 1994. 60 S.
- Nr. 237 Der Zustand der Seen in der Schweiz. 1994. 160 S.
L'Etat des Lacs en Suisse.

Protection du paysage - Landschaftsschutz

- Nr. 50: Bau durchlässiger und bewachsener Plätze. Juni 1986. 62 S.
Aménagement de surfaces herbeuses perméables.
- Nr. 126: Rechtsfragen zum Schutzobjekt Biotope und insbesondere Ufervegetation
gemäss NHG und angrenzenden Gesetzen. August 1990. 42 S.
Problèmes juridiques concernant les biotopes protégés et notamment la
végétation des rives selon la LPN et les lois voisines.
- Nr. 167: Goldruten-Probleme in Naturschutzgebieten. März 1992. 22 S.
Verges d'or. Problèmes dans les réserves naturelles.
- Nr. 168: Inventar der Moorlandschaften von besonderer Schönheit und von nation-
aler Bedeutung. Februar 1992. 221 S. Inventaire des sites marécageux
d'une beauté particulière et d'importance nationale.
- Nr. 188: Intégration des considérations d'environnement dans la gestion des zones
côtières du Léman. Octobre 1992. 197 S.
- Nr. 199: Kartierung der Auengebiete von nationaler Bedeutung. April 1993.
Cartographie des zones alluviales d'importance nationale.
Cartografia delle zone alluvionali d'importanza nazionale.
Anhang - Annexe - Appendice. Vegetationskarten.
Cartes de la végétation. Carte della vegetazione.
- Nr. 202: Zum Verhältnis zwischen Forstwirtschaft und Natur- und Landschaftschutz.
Juli 1993. 212 S.
- Nr. 213: Pufferzone für Moorbiotope. Literaturrecherche. 1994. 27 S.
Zones-tampon pour les marais. Recherche bibliographique.
- Nr. 233: Inventar der Amphibienlaichgebiete von nationaler Bedeutung. 1994.
Inventaire des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale.