

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 103 (1977)  
**Heft:** 21

**Artikel:** Physique du bâtiment intégrée  
**Autor:** Winkler, Ulrich  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-73267>

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 26.01.2026

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

# Physique du bâtiment intégrée<sup>1</sup>

par ULRICH WINKLER, Berne

L'architecture et le génie civil ont pour mission de créer des locaux dans lesquels l'homme doit pouvoir habiter, cohabiter, où il doit pouvoir travailler, se reposer dans les meilleures conditions possibles. Dans le monde d'aujourd'hui, nous avons besoin plus que jamais de logements sains et avenants.

Cet exposé veut contribuer à atteindre plus aisément ce but, tout en permettant d'économiser de l'argent.

## 1. L'architecture et la physique du bâtiment

### 1.1 Evolution de la mission

Jusqu'au seuil de notre époque si marquée par les sciences et la technique, l'architecte pouvait faire face à ses obligations en usant de son intuition. Actuellement, celui qui doit concevoir et réaliser un bâtiment est confronté d'une part avec les affirmations les plus diverses des biologistes, des psychologues et des sociologues et, d'autre

part, avec des matériaux et des procédés de fabrication nouveaux, avec de nouvelles méthodes de construction. L'architecte devrait tout connaître, tout analyser et sous la pression du manque de temps et d'espace, imaginer de nouvelles solutions, développer de nouveaux systèmes de construction dans un souci de rentabilité maximale.

### 1.2 Contradictions

L'architecte doit trouver une solution à des contradictions apparentes selon la citation chinoise suivante : « L'homme blanc se construit une grande maison avec des murs et un toit pour se protéger de la lumière, de la pluie et du vent. Ensuite, il perce les murs et il bouche les trous avec une matière nommée verre pour empêcher la pluie et le vent de pénétrer mais pour faire entrer la lumière. Enfin, il s'affaire dans sa maison comme un singe effrayé et il suspend des rideaux pour éliminer à nouveau le soleil et la lumière. L'homme blanc est un sot. »

### 1.3 Intégration de la physique du bâtiment (fig. 1)

Pour assurer cette tâche de l'intégration conceptionnelle, l'architecte doit s'entourer des conseils de spécialistes

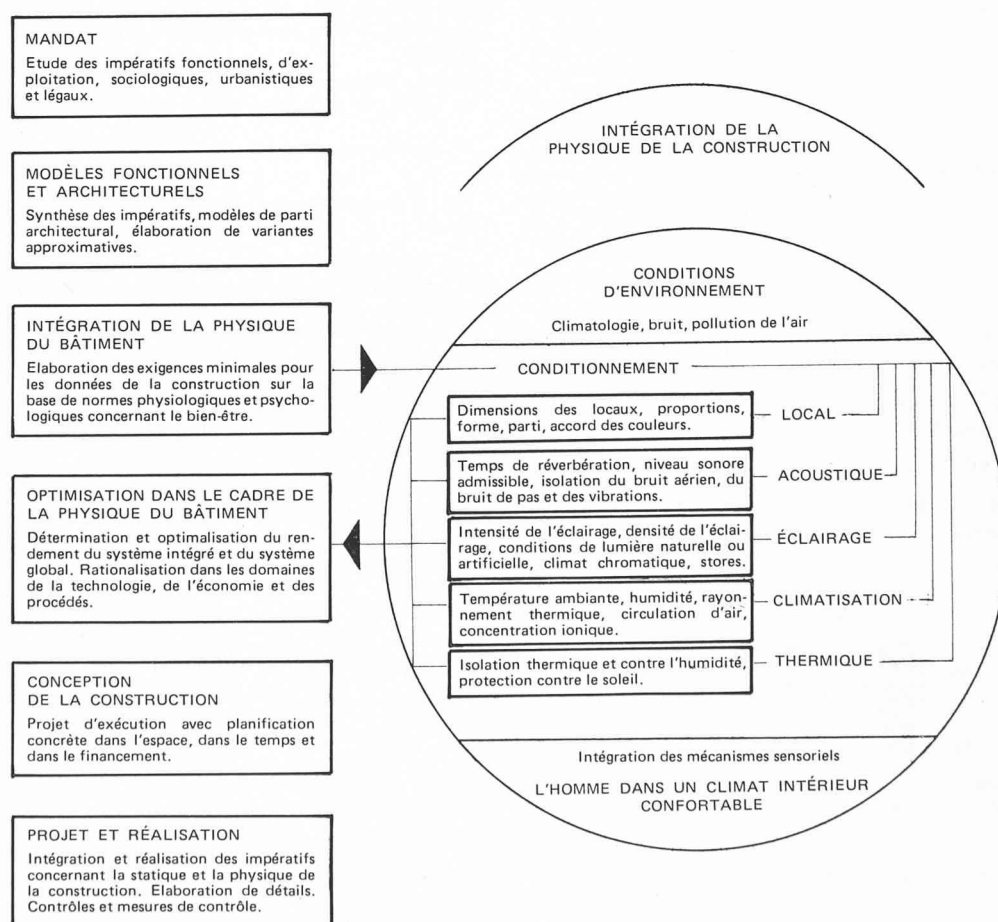


Fig. 1. — Intégration de la physique du bâtiment.

de divers domaines. De même que la collaboration entre l'architecte et l'ingénieur civil est devenue de plus en plus étroite, il faut également que des secteurs encore souvent divergents de la physique et de la construction soient intégrés dans un ensemble.

Pour arriver à une intégration parfaite entre l'architecture et la physique, il est souhaitable de développer des modèles pour étudier les processus, pratique analogue à celles déjà en usage dans les sciences naturelles.

## 2. Climatologie, conditions d'environnement mesures globales, techniques et de planification

Les contrastes existant entre les constructions primitives des régions tropicales et polaires montrent l'influence inéluctable du climat sur toute habitation humaine. Par conséquent, il est indispensable de connaître et de respecter les interdépendances existant entre la ville et l'habitation d'une part et le climat d'autre part.

### 2.1 Climat urbain : Résultat des mesures de planification et de construction

Le climat urbain occasionné par les grandes villes et les zones industrielles est une conséquence du développement technique et économique. Il a d'autant plus d'effet que les zones de construction dense sont plus étendues et que le temps invariable est plus fréquent.

Etant donné que l'architecte suisse construit sur tous les continents, il est utile de donner une vue d'ensemble des zones climatiques de la terre (tableau I) :

| Groupes climatiques techniques | Zones climatiques géographiques | Pourcentage de |                    | L'habitation devrait                                    |   |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------|--------------------|---|---|
|                                |                                 | surface du sol | population urbaine | protéger de   | assurer                                     |
| chaud et humide                | jungle mousson                  | 9,4%           | 4,3%               | pluie, chaleur, humidité, forte insolation              | ventilation et rafraîchissement             |
| chaud et sec                   | steppe désert                   | 14,3%          | 1,8%               | insolation, sécheresse, vent, sable, poussière          | mise à profit des quantités de pluie        |
| tempéré                        | tempéré                         | 9,3%           | 17,8%              | pluie, neige, vents, chaleurs estivales, froid hivernal | ensoleillement, éclairage naturel suffisant |
|                                | chaud                           | 6,2%           | 50,0%              |   |   |
|                                | humide                          | 21,3%          | 17,0%              |   |   |
| froid                          | glaces éternelles toundra       | 10,0%          | 0%                 | congrès, vent, froid, refroidissement                   | ensoleillement par soleil très bas          |

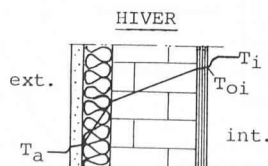
TABLEAU I

### 2.2 Insolation et éclairage naturel (fig. 3)

L'ensoleillement doit

- être exploité le mieux possible en hiver afin de réduire l'énergie de chauffage ;
- en été, être réduit moyennant des mesures antisolaires.

La lumière du jour doit être intégrée à l'éclairage naturel dans les conditions les plus favorables.



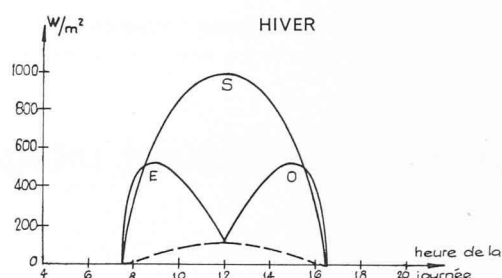
facteur déterminant :

Coefficient global de transmission de chaleur : valeur  $k$  (selon SIA 180/1).

Conclusion :

une isolation thermique améliorée permet un climat intérieur confortable (température superficielle élevée) et un chauffage économique.

Fig. 2. — Mesures techniques de protection thermique.



Insolation par fenêtres (8 février)

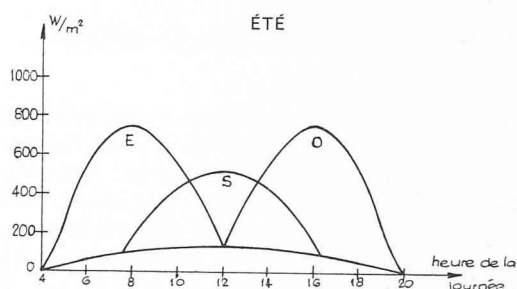
En hiver, les fenêtres au sud ont l'exposition maximale.

Conclusion :

- Orientation optimale des fenêtres pour
- l'économie de chauffage
- l'exploitation de la lumière du jour

facteurs déterminants :

- grandeur et hauteur des fenêtres
- orientation
- transmission lumineuse, valeur  $k$ , perméabilité des joints



Insolation par fenêtres (1<sup>er</sup> juillet)

En été, les fenêtres à l'est et à l'ouest ont l'exposition maximale. Fenêtres ouest particulièrement désavantageuses en raison de la température élevée l'après-midi.

Conclusion :

Selon l'exposition des pièces et la dimension des fenêtres, une protection solaire sera nécessaire (verres antisolaires, stores à lamelles).

facteurs déterminants :

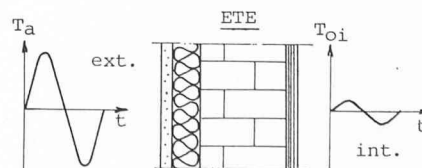
- facteur de protection solaire mesuré au moyen du calorimètre :  $f \leq 0,3^2$
- température de surface intérieure :  $T_{oi} \leq 32^\circ\text{C}^2$

Fig. 3. — Insolation par fenêtre.

<sup>2</sup> Ces dernières années, on a constaté des dégâts concernant la protection solaire dans différents bâtiments en Suisse, en République Fédérale d'Allemagne et en Autriche. De nos expériences faites comme experts, nous déduisons les critères suivants pour la qualification d'installations de protection solaire :

- températures des surfaces intérieures  $T_{oi}$  de l'installation de protection solaire comme paramètre de confort ;
- facteur de protection solaire  $f$  comme paramètre de dimensionnement valable pour le calcul de la charge frigorifique.

Ces deux valeurs doivent être garanties par les fournisseurs en tant que valeurs mesurées et non par des calculs (mesures effectuées avec un calorimètre à air selon WINKLER/GEIGER).



facteur déterminant :

Rapport des amplitudes de température : valeur  $v$  (façades :  $v \geq 15$  ; toits :  $v \geq 25$ )

En été, l'effet d'insolation sur une toiture plate est double de celle sur un mur ouest.

But à atteindre :

stabilisation de la température à l'intérieur.

Le réchauffement des pièces dû à l'insolation dépend des dimensions des fenêtres, de la protection solaire et du genre de construction :

- construction lourde = forte accumulation : réchauffement faible ;
- construction légère = accumulation faible : réchauffement considérable ;
- construction légère + protection solaire : réchauffement faible malgré la faible accumulation.

#### Conséquences :

Les dimensions, la conductivité d'énergie, la protection solaire des fenêtres et le genre de construction doivent être harmonisés.

### 2.3 Les îlots de chaleur

Le phénomène d'urbanisation représente une source de chaleur qui, en raison de l'absence quasi totale de réfrigération par évaporation, entraîne un réchauffement de l'air des villes (diminution de la fréquence de gel, floraison précoce) et ceci indépendamment de l'existence d'un climat maritime ou continental.

Dans les régions urbaines, on constate une réverbération multiple de la radiation thermique qui augmente en fonction de la hauteur et de la densité des constructions, ainsi qu'une transformation de l'insolation en chaleur.

En ville : importante / alentours : moins importante (fig. 4).

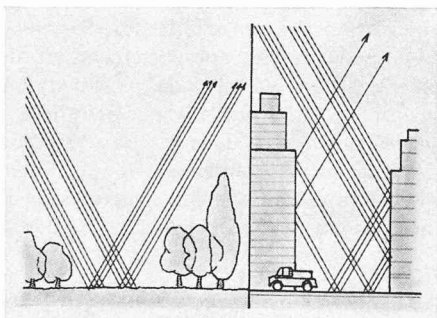


Fig. 4. — Mécanisme de réchauffement de l'air en ville par rapport à la campagne.

#### Deux mesures pour réduire les effets de ces îlots de chaleur

##### — Espaces verts :

Effet de réfrigération dans le voisinage direct des espaces verts, donc création de nombreux petits parcs.

##### — Ventilation :

Des rangées de maisons parallèles, perpendiculaires à la direction du vent, créent des tourbillons d'air avec une pollution atteignant jusqu'aux étages supérieurs.

Une ventilation urbaine adéquate est une des conditions indispensables pour maintenir l'air pur et diminuer l'effet des îlots de chaleur.

Une densité de construction ayant fonction de barrage entraîne pratiquement l'extinction du vent entre les masses construites dans les zones à vents faibles.

Une implantation croissante diminue la force de ventilation.

### 2.4 Les vents dans la ville et les effets de la pluie

Les volumes bâtis modifient les régimes des vents.

Les constructions hautes constituent un obstacle aux courants atmosphériques, créant ainsi des tourbillons tant du côté des vents que sous le vent qui, en raison de la pression et de la dépression du vent, peuvent endommager les immeubles bas des alentours aussi gravement qu'une tempête (fig. 5).

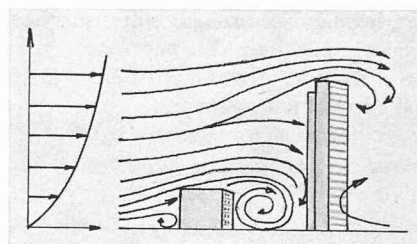


Fig. 5. — Modification de la répartition des vitesses du vent par des immeubles élevés.

Même par des vitesses de vent faibles, des gaz, de la poussière et de la saleté peuvent parvenir aux étages supérieurs.

**Nécessité de protection contre la pluie :** L'humidité réduit la résistance thermique et peut entraîner des dégâts dans les bâtiments : les façades-rideaux comportent un espace de ventilation (2 % de la surface de la façade) où les murs de parement offrent une excellente protection contre la pluie. Les crépis et revêtements extérieurs doivent répondre à 3 conditions :

- L'absorption d'eau en cas de pluie ne doit pas être trop forte :  $w \leq 0,01 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}^{1/2}$ .
- Afin de pouvoir sécher rapidement, la résistance à la diffusion du revêtement ne doit pas être trop élevée :  $\mu \cdot s \leq 2 \text{ m}$ .
- Condition pour les deux valeurs :  $w \cdot \mu \cdot s \leq 0,002 \text{ kg/m} \cdot \text{s}^{1/2}$ .

### 2.5 Pollution de l'air

L'air devrait être aussi pur que possible et non pas pollué jusqu'à la limite du supportable (tableau II).

L'inversion de température à quelques centaines de mètres d'altitude empêche les phénomènes d'échange verticaux avec des couches d'air supérieures (fig. 6).

| Substance toxique       | Effets sur l'homme  |
|-------------------------|---|
| poussière en suspension | gêne des organes respiratoires, irritation des voies respiratoires  |
| plomb                   | empoisonnement du sang  |
| bioxyde de soufre       | irritation des yeux et des voies respiratoires                      |
| bioxyde d'azote         | irritation, surtout des parties intérieures des voies respiratoires |
| monoxyde de carbone     | influence des fonctions nerveuses ; dès 500 ppm : asphyxiant        |
| formaldéhyde            | irritation des yeux et des voies respiratoires                      |
| carbures d'hydrogène    | irritation des yeux et des voies respiratoires                      |
|                         | substances cancérogènes   |

TABEAU II

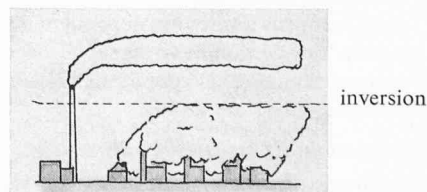


Fig. 6. — Effet d'une inversion de température.

#### Amélioration de la qualité de l'air :

La qualité de l'air peut être améliorée par des mesures techniques :

- réduction des taux de soufre dans les huiles de chauffage,

- contrôle périodique et meilleur entretien des chauffages domestiques, réduction des substances toxiques des véhicules à moteur, dans l'industrie et l'artisanat,
- sources d'énergie non polluantes,
- meilleure isolation thermique des bâtiments.

Des mesures de planification contribuent également à maintenir l'air pur :

- création de zones de verdure (production d'oxygène),
- disposition des rues permettant une bonne ventilation,
- zones industrielles situées du côté des localités abrité du vent,
- planification moderne de la circulation et distribution des habitations et des places de travail en fonction des impératifs de circulation, création de zones pour piétons, développement des moyens de transport publics.

## 2.6 Bruit

Le bruit complique la compréhension auditive ; il gêne le sommeil, a certains effets physiologiques, rend difficile la concentration intellectuelle, constitue un élément de tension.

La conception de cités urbaines doit tenir compte aussi bien des émissions de bruit de la circulation, du travail, des machines que des revendications de calme pour les zones d'habitation et de récréation (répartition des zones).

## 3. L'homme dans un climat intérieur confortable

### 3.1 Conditions optimales

La création de conditions optimales d'environnement suppose la connaissance du comportement humain dans son milieu social et celle-ci, à son tour, la connaissance des fonctions biologiques, physiologiques et psychologiques. Vues sous cet angle, les études analytiques des mécanismes sensoriels telles qu'elles étaient entreprises jusqu'à maintenant, c'est-à-dire considérées de façon isolée face à la chaleur, à la lumière et à l'acoustique, sont sujettes à caution.

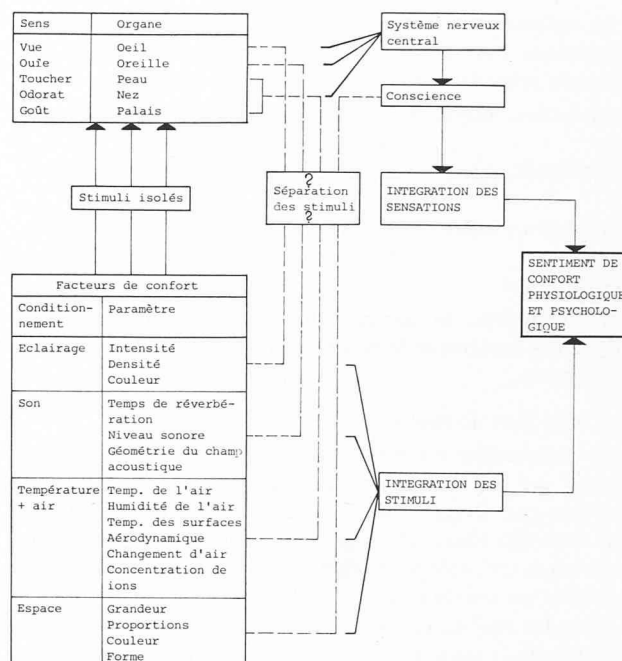
J'aimerais résumer mes expériences et connaissances avec l'hypothèse suivante (tableau III) :

1. Certaines valeurs de base pour les stimuli sont nécessaires pour maintenir la vie. Exemple :
  - L'humain a besoin d'un certain degré de bruit pour vivre, pour une ambiance ergotrope et comme moyen contre l'isolement.
 Conclusion : il faut éviter des mesures d'isolation acoustique exagérées qui ne sont pas justifiées.
2. L'homme est soumis à une dynamique des sensations de bien-être ; il désire un changement des stimuli dans l'espace d'un temps défini. Exemple :
  - Une température et l'humidité tenues exagérément constantes ne représentent pas nécessairement un climat confortable. Le changement chaud/froid, dans certaines limites qui dépendent de la périodicité, a pour but de maintenir la santé.
3. La nature humaine accomplit l'intégration des stimuli et des mécanismes sensoriels.

### 3.2 Intégration des mécanismes sensoriels

Le sentiment de bien-être se définit en règle générale à l'aide des paramètres suivants :

- lumière : intensité, densité, contrastes, couleurs ;
- son : réverbération, niveau sonore ;
- chaleur : température de l'air ambiant, température des surfaces environnantes, renouvellement de l'air, géométrie du courant d'air, concentration ionique ;
- espace : dimensions, proportions, formes et couleurs.



TABEAU III

Alors que la séparation des différents mécanismes sensoriels n'autorise en premier lieu que des observations statiques, l'intégration des sensations qui déterminent l'humeur de l'individu et son comportement est de nature essentiellement dynamique. Par la physique intégrée de la construction et en procédant par itération, on peut procéder à des expériences dans le cadre de constructions réalisées et dans un environnement donné, tout en étant soumis à l'évolution continue des structures de la société et du comportement des individus.

## 4. Conceptions : thermique, acoustique, éclairage

### 4.1 Conception de l'isolation thermique (fig. 7)

Bases :

SIA 180 : Valeurs déterminantes pour

- Temp. pour le calcul des constructions
- Temp. pour le calcul de chauffage
- Nombre annuel de degrés-jours de chauffage
- Exigence pour l'absence d'eau de condensation

SIA 380 : Calcul du bilan thermique

SIA 180/1 : Méthode de calcul pour les mesures nécessaires et suffisantes de la protection thermique en hiver

SIA 271 : Toits plats

CIB : Klimagerechtes Bauen, Vienne, 1976

WINKLER, U., Integrierte Bauphysik : Physik und Technik der Wärme. Wärme-, Feuchtigkeits- und Sonnenschutz. Univ. Fribourg, BPI. 1975

VALKO, P., Sonnenbestrahlung von Gebäuden. Hallwag. 1975

### 4.2 Conception acoustique (tableau IV)

Comme dans la physique du bâtiment, où l'on se base sur les conditions climatiques extérieures, la situation de bruit sert de base pour la conception acoustique. Nous éprouvons la qualité des mesures de protection acoustiques en fonction de la situation de bruit extérieure. La situation devient critique dans les régions calmes : une cloison de séparation entre appartements qualifiée comme excellente à Lausanne ou à Bâle semblera acoustiquement trop faible à Grindelwald ou Engelberg. Il est regrettable que la nouvelle norme SIA 181 ne mentionne pas la base de la situation spécifique de bruit. Il incombe à l'acousticien avisé d'établir un projet de protection acoustique en fonction de la situation effective, c'est-à-dire d'atteindre les



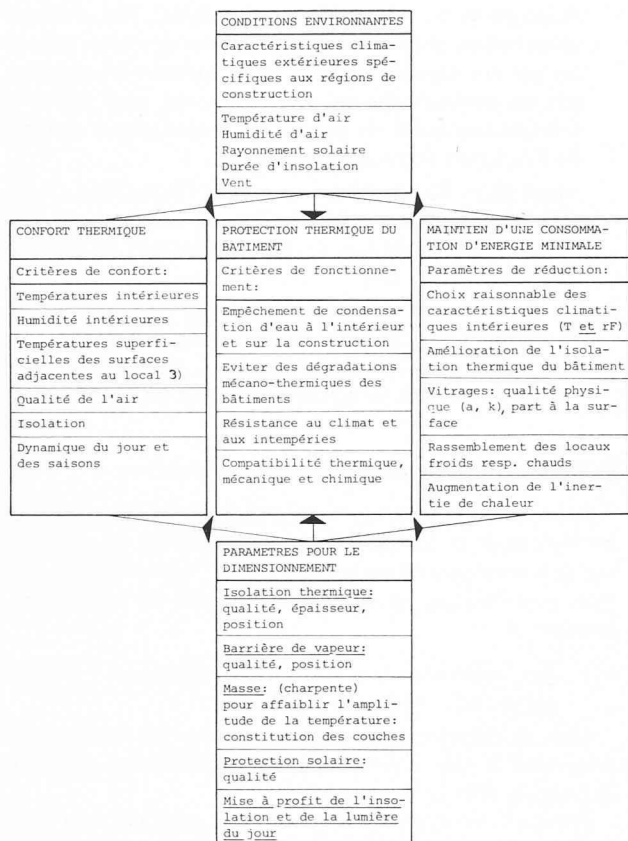


Fig. 7. — Conception d'ensemble de l'isolation thermique.

meilleures conditions acoustiques possibles avec un minimum de moyens et d'argent.

Bases :

SIA 181 ; norme, Isolation acoustique dans les maisons d'habitation. 1976.

<sup>3</sup> Des parois qui sont froides en hiver et chaudes en été sont à éviter (règle empirique : la température superficielle intérieure de grandes surfaces doit se situer max. à 2°C en dessous, resp. 5°C en dessus de la température de l'air ambiant).

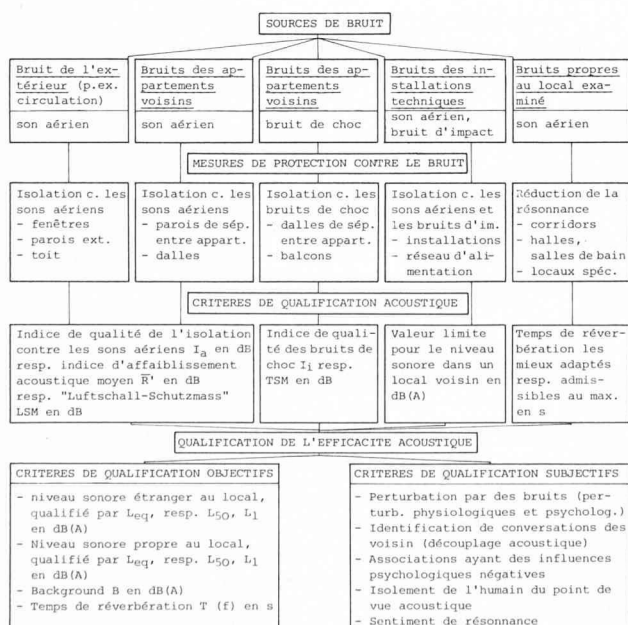


TABLEAU IV

FURRER, W., LAUBER, A., Raum- und Bauakustik, Lärmabwehr. Birkhäuser Basel. 1972.

WINKLER, U., Integrierte Bauphysik : Physik und Technik des Schalls. Bau- und Raumakustik. Univ. Fribourg, BPI. 1974.

WINKLER, U., Schallschutz als Teil der integrierten Bauphysik. Int. Mauerwerkskonferenz Essen, 1973, und Innenausbau 2/76, Iphofen.

#### 4.3. Conception de l'éclairage

Mise à profit de la lumière du jour (fig. 8)

La qualité fonctionnelle et la rentabilité d'un bâtiment exigent le dimensionnement le plus favorable des fenêtres en tenant compte de l'architecture, de la physique du bâtiment intégrée et de la relation prix/efficacité. La fenêtre avec les installations de protection solaire (stores extérieurs, verres antisolaire) doit assurer les fonctions suivantes :

- Eclairage naturel des locaux : lumière du jour, climat chromatique.
- Contacts avec le monde extérieur : temps, éclairage, ensoleillement.
- Protection thermique en hiver et en été, protection contre les intempéries.
- Protection solaire et contre l'éblouissement.
- Aération naturelle pour des locaux non climatisés.
- Protection acoustique selon la situation de bruit.

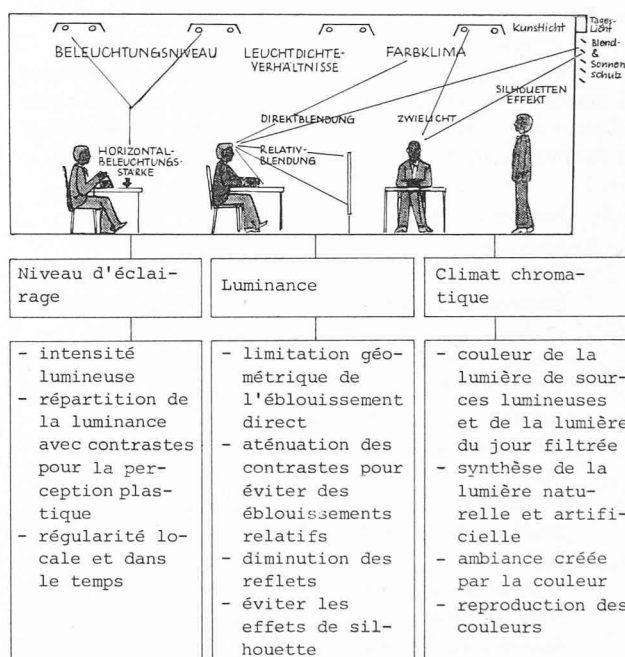


Fig. 8. — Les éléments de la conception de l'éclairage.

Bases :

SLG, Allgemeine Leitsätze für die Beleuchtung, SEV 4014. DIN 5034, Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht. Beiblätter 1, 2.

CIE, Int. rec. for the calculation of natural daylight. Paris. SLG, LTAG, LiTG, Handbuch für die Beleuchtung. Essen. 1975.

WINKLER, U., Integrierte Bauphysik : Physik und Technik des Lichts. Beleuchtungs- und Tageslichttechnik. Univ. Fribourg. BPI. 1976.

VERBAND SCHWEIZ. ROLLADEN UND STORENFABRIKEN, Beleuchtungstechnische Qualifikation von äusseren Lamellenstorenanlagen. 1973.

WINKLER, U., HALLER, B., Sonnen- und Blendschutzanlagen : Ergebnisse von Sonnenschutz, Licht- und Wärmemessungen. 1975.

GEIGER, W., WINKLER, U., Praktische Untersuchungen zur kalorimetrischen Bewertung von Sonnenschutzvorrichtungen. Schweiz. Bl. für Heizung und Lüftung. 4/1972.

## 5. Principes d'optimisation, fautes d'intégration

### 5.1 Principes

#### 1. *L'ensemble est plus important que la partie*

Cette parole est la base de la physique du bâtiment intégrée. Les normes et directives ont pour tâche de réaliser l'harmonisation des exigences à l'intérieur des domaines de la thermique, de l'acoustique, de la lumière et de l'espace. Malheureusement, la coordination des domaines entre eux représente actuellement une lacune. Cette tâche doit être assurée aujourd'hui, comme par le passé, par l'architecte et son intuition.

#### 2. *Recherche de la solution optimale et non maximale*

Pour pouvoir intégrer les exigences thermiques, acoustiques et celles concernant l'éclairage dans un concept général, il est nécessaire de se limiter sur tous les domaines aux exigences minimales nécessaires, suffisantes et justifiées.

- Le « nécessaire » résulte
  - des conditions extérieures (climat, bruit, lumière) et
  - du principe selon lequel le maillon le plus faible est déterminant pour le succès général.
- Le « suffisant » est défini par les éléments malheureusement encore trop peu connus
  - de l'intégration du bien-être (chaleur, son, lumière, espace) et
  - de la dynamique du bien-être.

#### 3. *Peser ce qui est subjectivement désirable et ce qui est objectivement justifié.*

Ce principe justifie la nécessité d'une mesure concernant la construction et les dépenses ; il englobe aussi bien la relation prix/efficacité que les dépenses de l'usager pour le fonctionnement et l'exploitation.

### 5.2 Questions constructives d'intégration

- Acoustique :
  - Une isolation exagérée de la façade rend les cloisons intérieures apparemment « sonores » (à la suite de la réduction des bruits de fond).
  - Une absorption accrue dans un local n'améliore pas l'isolation d'une cloison ; en apparence, il en résulte même une détérioration.
  - L'élément le plus faible d'une façade (fenêtre, par exemple) resp. d'une cloison (raccords) est déterminant pour l'isolation contre le son aérien ; une amélioration doit être entreprise au point le plus faible.
  - L'isolation améliorée contre les sons aériens (cloisons lourdes) ne doit pas être payée par une diffusion accrue du bruit d'impact (béton, maçonnerie).
  - Par un amortissement exagéré des bruits de climatisation, les influences de bruits étrangers (des installations ou du voisinage) sont accrues.
- Eclairage/acoustique : Dans un local où la lumière et la couleur contribuent à la disposition ergotrope de l'homme, l'acoustique doit également contribuer à ce but.
- Acoustique/climat : Une façade de protection contre le bruit fermée exige une climatisation irréprochable des locaux.
- Isolation/acoustique : La structure de la façade doit être conçue de telle façon que le meilleur facteur de protection solaire soit atteint aussi bien que des angles d'incidence rasant du bruit soient éliminés.
- Acoustique/éclairage : Des installations de protection contre le bruit doivent tenir compte de la géométrie d'isolation et de la lumière du jour diffuse.

- Absorption du son/isolation thermique : Des matières absorbantes doivent être placées sous des toits chauds ou sur des façades de telle façon qu'elles n'entraînent pas un déplacement du point de rosée, resp. qu'il ne soit pas nécessaire de prévoir un renforcement coûteux de l'isolation thermique extérieure.
- Absorption du son/isolation contre l'humidité : Choix d'un matériau pour la barrière de vapeur ou d'un système ne diminuant le moins possible le pouvoir d'absorption du son.
- Isolation contre les bruits de choc/isolation contre l'humidité : Choix d'une isolation contre les bruits de choc, resp. de revêtements de sol perméables à la vapeur (éviter des transports de vapeur incontrôlés).

## 6. Matériaux et systèmes de construction

Il est utile de faire un tour d'horizon et de considérer les matériaux et les systèmes de construction du point de vue de la physique du bâtiment intégrée ; cette considération n'est peut-être pas systématique du point de vue technologique.

### 6.1 *Les matériaux de construction classiques : Brique, plâtre, bois, ciment*

Lors du développement de matériaux de construction nouveaux, il faut avoir le courage de poser des questions techniques difficilement solubles :

*Pourquoi les hommes vivent-ils bien dans des bâtiments en briques avec des éléments de plâtre et de bois ?* S'agit-il là d'un phénomène physiologique, psychologique ou simplement d'une habitude ?

Je me suis efforcé de tirer parti de mes propres expériences et de la littérature pour répondre à cette question ; les connaissances sont peu importantes.

Si on admet que les exigences purement techniques (isolation acoustique, thermique) peuvent être atteintes avec une multitude de combinaisons judicieuses de matériaux de construction, on constate que les matériaux de construction classiques se distinguent par des qualités significatives qui sont encore difficiles à quantifier du point de vue technique.

#### *Brique :*

- Perméabilité aux molécules d'oxygène (?).
- Bonne capacité calorifique.
- Essais avec des lapins (la raison n'en est pas étudiée).

#### *Plâtre :*

- Accumulateur et égalisateur d'humidité.
- Surfaces de contact irréprochables du point de vue hygiénique et agréable du point de vue thermique (hiver : tempérées ; été : fraîches).
- Accumulateur de chaleur à condition d'une bonne disposition de l'isolation.

#### *Bois :*

- Distributeur d'ions.
- Surfaces de contact agréables du point de vue thermique.

#### *Béton :*

- Permet une construction compacte comme élément statique et de séparation.

La description des qualités significatives ainsi que l'expérience nous enseignent que les matériaux de construction classiques tels que la brique, le plâtre et le bois doivent être utilisés dans des proportions adéquates pour la conception d'un local.

Exemple : Du bois combiné avec du plâtre et de la brique est très confortable ; à long terme, on vit mal dans

des constructions uniquement en bois (« climat de baraque », air sec), dans des constructions uniquement en béton (probablement pas confortables du point de vue physiologique) et dans des constructions uniquement en verre (« climat de serre », surfaces froides/chaudes du verre). La physique du bâtiment intégrée a pour tâche de procéder à la combinaison judicieuse.

## 6.2 Matériaux pour l'isolation thermique et acoustique combinée

Les matières cellulaires dures à base organique (Polystyrène, Polyuréthane, etc.) ainsi que les matières cellulaires inorganiques (Foamglas, etc.) sont de bons isolants thermiques ; en même temps, on peut se servir de

- liège, Vermiculite, Perlite comme
  - isolant contre les bruits de choc
- panneaux en fibres ou en copeaux de bois (Perfecta, Durisol-Isolier, Perfacem, Heraklit) pour
  - l'absorption du son (acoustique des salles)
- matières en fibres minérales (fibres de verre, par exemple Vetroflex, panneaux en laine de pierre) pour
  - l'absorption du son (acoustique des salles)
  - l'isolation contre les bruits de choc et pour l'amélioration de
    - l'isolation contre les sons aériens de cloisons-sandwich

La composition des couches est déterminante pour l'utilisation intégrée des matériaux isolants. Le dimensionnement de cette composition incombe à la physique du bâtiment intégrée.

## 6.3 Matériaux de construction intégrés

A part les matériaux tels que la brique, le béton léger (Lecca), le béton au gaz (Ytong, Siporex), les panneaux pour toitures ou pour façades Durisol peuvent également être considérés comme éléments de construction intégrés, grâce à leurs qualités thermiques et acoustiques combinées. Ainsi, les caractéristiques physiques pour 20 cm de panneaux Durisol pour toitures ou pour façades, par exemple, sont les suivantes :

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Isolation thermique :               | $k = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$   |
| Isolation contre les sons aériens : | $I_a = 50 \text{ dB}$   |
| Absorption acoustique :             | $\bar{\alpha} = 0,6$  |
| Statique :                          | autoportant, grandes portées possibles  |
| Composition :                       | combinaison appropriée des matériaux de construction classiques bois et ciment. |

## 6.4 Eléments de construction transparents

Dans le domaine des fenêtres, nous connaissons des constructions intégrales par rapport à l'isolation thermique, la protection solaire, la transmission de la lumière et l'isolation acoustique. Le tableau V en donne un aperçu (extrait de : WINKLER, U., HALLER, B., Sonnen- und Blendschutzanlagen. BPI 1975) :

- Mes étudiants en physique, moins les architectes, sont à chaque reprise épris du principe des vitrages de protection solaire réfléchissants. La couche de réflexion appliquée à la face intérieure de la vitre extérieure entraîne
- une forte amélioration du facteur de protection solaire,
  - une forte amélioration de la valeur  $k$
  - une amélioration de la sélectivité (réflexion plus faible pour le spectre visible que pour l'infrarouge).

| Installation, fenêtre   | composition, épaisseurs de verre           | Valeur $k$             | Protection solaire     |                | Transmission de lumière | Indice de qualité de l'isolation contre les sons aér. $I_a$ |
|---|--|------------------------|------------------------|----------------|-------------------------|---|
|   |  |                        | $f$                    | $T_{01}$       |                         |   |
|   | mm   | $\text{W/m}^2\text{K}$ | (-)                    | °C             | %                       | dB  |
| Vitrage isolant clair, rempli d'air                                 | (4+12+4)<br>(6+15+6)                       | 3,1<br>3,0             | 0,8<br>0,75            | 35<br>34       | 72<br>70                | 25-30<br>32-38  |
| Stores extérieurs à lamelles, clairs, avec vitrage isolant (4+12+4) | Lamelles fermées<br>ouvertes 45°           | 2,5<br>3,1             | 0,13<br>0,15           | 27<br>31       | réglable entre 2 et 72% | 28-30<br>25-30  |
| Verre réfléchissant, p.ex. AURESIN, CUDO, STOPRAY                   | rempli d'air                               | 1,7-2,2                | 0,25-0,35              | 30-32          | 35-45                   | 28-33   |
| vitrage isolant (6+12+6) mm   | rempli de gaz                              | 1,3-1,5                | 0,25-0,35              | 30-32          | 35-45                   | 28-33   |
| Verres capillaires, p.ex. SERROLAR, SERROLIT                        | $d = 50 \text{ mm}$<br>$d = 27 \text{ mm}$ | 1,2<br>2               | 0,4 - 0,5<br>0,5 - 0,6 | 33-36<br>34-37 | lumière diffuse         | 35-38<br>30-33  |

TABLEAU V

## 6.5 Systèmes : Métaux, matières synthétiques, matériaux modernes pour panneaux

Des multitudes de matériaux traditionnels sont à la disposition du constructeur. L'art et la technique consistent dans le choix et la disposition judicieux des couches pour atteindre leur efficacité thermique, acoustique et celles concernant l'éclairage.

Les connaissances des lois physiques et la collaboration entre praticiens et scientifiques permettent de développer des systèmes, qui se jouent en apparence de la nature. Je voudrais citer comme exemple la cloison de construction légère (panneaux en carton-plâtre séparés d'une façon conséquente par un support en métal et une garniture avec un matelas en fibres minérales ; Gips-Union, Leu, Schneider) ; cette cloison d'une masse surfacique de 60-70 kg atteint un  $I_a = 55 \text{ dB}$  ; selon la loi des masses (cloison massive de 60-70  $\text{kg/m}^2$ ) il serait possible d'atteindre un  $I_a = 35 \text{ dB}$  au maximum.

La technique de construction métallique (aluminium, acier) a développé des éléments de façade intégrés de haute qualité, qui répondent aux exigences de la protection thermique, acoustique, solaire et contre l'incendie. Les façades de qualité des maisons de construction métallique suisses en général et romandes en particulier sont bien connues en Suisse et à l'étranger, grâce aux travaux de développement suivis depuis de longues années.

Des matières synthétiques, telles que

- Hypalon et autres produits d'étanchéité dans le système des toitures
- Butyl et autres barrières de vapeur
- Hostalit pour des cadres de fenêtres, par exemple dans le système Combidur/Kömmerling

se sont imposées dans la construction moderne à côté d'autres applications et d'autres produits.

Des matériaux pour panneaux résistants aux intempéries tels que Eternit, Duripanel, Aluminium, Acier chromé sont utilisés pour des systèmes de façade ventilés.

En outre, il ne faut pas oublier les systèmes de façades compactes (Lamitherm, Dämmitt), qui permettent une isolation thermique extérieure avec un enduit et une isolation thermique ultérieure de vieux bâtiments.

## Résumé

- Les conditions d'environnement d'une part et
- les connaissances des mécanismes sensoriels d'autre part représentent la base de la physique du bâtiment intégrée.

Sur cette base, des conceptions peuvent être développées quant à la protection thermique, solaire et acoustique et à l'exploitation de la lumière du jour ; s'en suivent les



exigences quantitatives concernant la physique, l'acoustique et l'éclairage.

*La limitation à des exigences minimales nécessaires et suffisantes dans tous les domaines partiels est la condition pour l'intégration.* Les expériences qui découlent de mes travaux étendus comme expert sont sans équivoque : Des mesures exagérées, non justifiables d'un côté peuvent conduire directement à un échec ou à des dégâts dans un autre domaine (faute d'intégration). Il faut donc se borner à la solution partielle minimale en tenant cependant compte des responsabilités et des frais pour atteindre la solution d'ensemble optimale. Le spécialiste doit justifier

la nécessité de chaque disposition technique dans le cadre de la physique du bâtiment intégrée. Ces justifications ne doivent pas se baser sur des hypothèses, mais sur des résultats de mesure.

La responsabilité du spécialiste de la physique du bâtiment consiste en la limitation aux mesures nécessaires et suffisantes, ceci fait cependant également partie des travaux de direction de l'architecte.

Adresse de l'auteur :

Ulrich Winkler, Dr, professeur, Université de Fribourg et  
Bauphysikalisches Institut AG  
Effingerstr. 60, 3008 Berne

## Divers

### Résultat de la consultation sur une conception globale d'une politique suisse en matière d'économie des forêts et du bois

L'avenir de la forêt et du bois est un thème qui préoccupe beaucoup les milieux intéressés, les experts et le Département fédéral de l'intérieur depuis 1971. A la suite d'un postulat déposé par M. P. Grünig, conseiller national, on a nommé alors une commission d'experts chargée d'élaborer une conception globale d'une politique suisse en matière d'économie des forêts et du bois. La commission, dirigée par le professeur H. Steinlin, a remis son rapport le 27 novembre 1975. Ce rapport, qui compte plusieurs centaines de pages, comprend un exposé soigneux de la situation, une analyse des structures, de même que de nombreuses propositions. En 1976, les cantons, les partis et les milieux de l'économie des forêts et du bois ont eu l'occasion d'examiner et d'apprécier les diagnostics et propositions des experts. Le résultat de cette consultation forme désormais la base d'une éventuelle révision partielle de la loi sur la police des forêts de 1902. Certaines propositions des experts peuvent être réalisées sans réviser la loi. Le « Forum pour le bois », un groupe de travail du Département fédéral de l'intérieur, les examine et en prépare la réalisation.

Les experts pour l'élaboration d'une conception globale ont montré qu'à part les mesures de police forestière, la recherche, la formation professionnelle, les problèmes relatifs aux constructions publiques, etc., pourraient contribuer largement à améliorer la situation de l'économie des forêts et du bois. Le « Forum pour le bois », nommé entre-temps par le Département fédéral de l'intérieur, s'occupera de questions relatives aux prescriptions de la police du feu, à l'enseignement sur les constructions en bois dans les écoles polytechniques fédérales, à la recherche sur le bois orientée vers la pratique, à l'utilisation du bois dans les constructions publiques, etc. Il est formé d'hommes politiques et de scientifiques venant des milieux de la forêt et du bois, ainsi que de représentants de l'administration.

20 gouvernements cantonaux, 6 partis politiques, 9 associations faitières, 13 associations de l'économie des forêts et du bois, de même que 11 institutions à but idéal ont participé à la procédure de consultation. A part ces prises de position officielles, on a reçu les réponses de 15 inspections cantonales des forêts et 38 autres avis.

Les milieux consultés ont, sans exception, vu d'un bon œil que la Confédération s'occupe de façon intensive du problème que pose une politique suisse en matière d'économie des forêts et du bois. Le rapport des experts a été, d'une manière générale, considéré comme un abrégé des connaissances acquises dans ce domaine, et approuvé.

Face à ce jugement positif, on relève toutefois quelques réserves :

- Les diagnostics ont été faits et les mesures proposées à un moment de forte expansion économique, qui les a en partie marqués.
- Dans plusieurs avis, on critique les tendances « éta- tiques » ou « centralisatrices » du rapport des experts.

Le diagnostic des experts est largement accepté, dans la mesure où il concerne des aspects biologiques et écologiques. Le danger que constituent des populations de gibier trop nombreuses, le pâturage en forêt, qui garde son importance, et le vieillissement exagéré de la forêt suisse, de même que le problème que pose la diminution de la capacité de rendement des forêts, sont considérés comme importants. Mais des réserves sont faites dès que l'on aborde la structure — quant à la grandeur — de la propriété forestière et des entreprises travaillant ou usinant le bois, en tant que partenaires de marché. On se demande si l'on doit permettre qu'une conception globale mette ces structures en question, ou bien si elle ne doit pas simplement servir de point de départ à des réflexions.

Il ressort des réponses à la consultation que l'économie des forêts et celle du bois devront assurer leur avenir en premier lieu par leurs propres efforts. Les instruments de la politique forestière appliqués jusqu'ici pour une pratique sévère de défrichements, de même que la desserte des forêts au moyen de routes, sont reconnus sans réserve, tout comme l'aide accordée jusqu'à présent à la formation professionnelle et à la recherche. Parmi les nouvelles propositions des experts, les mesures pour réduire les dégâts dus au gibier et les efforts en vue de la commercialisation du bois sont d'une manière générale accueillis de façon positive. La plupart des milieux recommandent une collaboration plus étroite entre l'économie des forêts et celle du bois ; cette coopération devra toutefois procéder de la libre volonté des intéressés.

La proposition de donner désormais à la Confédération la compétence de traiter toutes les demandes de défrichement a par contre été refusée. Les cantons veulent continuer à prendre eux-mêmes les décisions pour les défrichements d'une surface allant jusqu'à 3000 m<sup>2</sup> au maximum.

La commission a constaté que seules des forêts bien soignées peuvent assurer la protection des localités et le bien-être de l'homme. Des peuplements privés de soins et frappés de vieillissement sont exposés à de nombreux dangers, tels que chablis, attaques d'insectes et de champignons. Pour assurer la gestion des forêts, on a par conséquent réclamé une gestion rendue obligatoire par la loi pour les propriétaires forestiers. Lorsque cette charge ne pourrait être exigée du propriétaire forestier dans le cas particulier, celui-ci devrait pouvoir céder à la collectivité l'usufruit, voire la propriété de la parcelle qu'il possède.