Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 76 (1985)

Heft: 3

Artikel: Enseignement et recherche en matière de protection de l'environnement

Autor: Giovannoni, J.-M.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904551

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: 09.07.2025

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

Enseignement et recherche en matière de protection de l'environnement

J.-M. Giovannoni

La protection de l'environnement est une discipline qui revêt incontestablement un caractère multidisciplinaire. L'article présente un panorama général des activités d'enseignement et de recherche qui se déroulent en Suisse, assorti de quelques exemples pour fixer les idées. Ensuite, après quelques considérations sur l'analyse des impacts, trois cas particuliers se rapportant respectivement à l'enseignement, à la recherche et aux techniques de l'environnement sont brièvement esquissés.

Der Umweltschutz ist ein Wissensgebiet, das unbestreitbar einen multidisziplinären Charakter aufweist. Der Aufsatz vermittelt eine allgemeine Übersicht der sich in der Schweiz abspielenden Lehr- und Forschungstätigkeiten auf diesem Gebiet, ergänzt durch einige erläuternde Beispiele. Nach einigen Überlegungen zur Analyse der Wirkung von Umweltschutzmassnahmen werden schliesslich drei Beispiele kurz dargestellt, die sich auf die Ausbildung, die Forschung bzw. die Technik des Umweltschutzes beziehen.

Adresse de l'auteur

Jean-Michel Giovannoni, physicien diplômé, chargé de cours, Institut d'économie et aménagements énergétiques, EPFL, 1015 Lausanne.

1. Introduction

De tout temps, l'homme a été la source de perturbations et d'impacts sur l'environnement. Certains faits accomplis dans le passé ont encore des conséquences aujourd'hui. On peut citer par exemple les déboisements intensifs qui ont eu lieu en Afrique du Nord au temps des Romains. L'érosion aidant, les grandes forêts d'alors ne se sont jamais reconstituées. Aujourd'hui, en raison de la croissance démographique et industrielle d'après guerre, la protection de l'environnement fait partie du cortège des problèmes du monde, avec les questions de gestion des ressources naturelles et des énergies, ainsi qu'avec celles de la santé et de la malnutrition des trois quarts de la population du globe. Plus de dix ans après le fameux rapport du «Club de Rome», on admet, aujourd'hui, qu'il est primordial de préserver le bon fonctionnement de la machine «Biosphère». La protection de l'environnement dispose de bases juridiques, s'accomplit par des moyens techniques et, du point de vue scientifique, fait partie des programmes de recherche et d'enseignement.

2. Domaine de la recherche

Les recherches effectuées en Suisse ont été rassemblées dans un catalogue datant de 1980 par l'Association suisse pour la Recherche sur l'environnement [2]. Cette base de données, fruit d'un travail laborieux, est extrêmement précieuse pour savoir «qui fait quoi et où». Actuellement, une édition 1984 de ce catalogue est en cours.

Les institutions qui conduisent des recherches ou des études dans le domaine de l'environnement peuvent être classées dans les catégories suivantes:

a) Ecoles polytechniques et universités,
b) Instituts annexes de la Confédération (EMPA, EIR, EAWAG, etc.)
c) Offices de la Confédération (BUS, MZA),
d) Services cantonaux, communaux.
c) Milieux privés (bureaux d'ingénieurs, industries),
f) Fondations, associations,
g) Organisations internationales.

D'après le catalogue de la SAGUF, la moitié des projets environ (sur un total de 1462) se déroulaient dans les Hautes Ecoles et les Services de la

Liste des abréviations

BUS	Bundesamt für Umweltschutz
EAWAG	Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
EIR	Eidg. Institut für Reaktorforschung
EMPA	Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt
EPFL	Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
ETHZ	Eidg. Technische Hochschule Zürich
IDHEAP	Institut des hautes études en administration publique
IENER	Institut d'économie et aménagements énergétiques
MZA	Meteorologische Zentralanstalt
OFPE	Office fédéral de la protection de l'environnement
SAGUF	Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Umweltforschung

Exemples de recherches et d'études sur l'environnement [2] Tableau I

Thème	Nombre de projets	Exemple	Institutions
Général	59	Untersuchung Methodologischer Probleme der Zukunftforschung im ökonomischen Bereich	Zentrum für Zunkunftsforschung, St.Gallen
Social, culturel	57	Changement social dans un village montagnard suisse	Clinique psychiatrique, Uni. Lausanne
Economie	24	Sozio-Ökonomische Entwicklung und Ökologische Kapazitäten	Inst. Landwirtschaftliche Betriebslehre, ETHZ
Politique	11	Umweltschutzkonzept Schweiz	Büro für Umweltschutzfragen, Bern
Espace	73	Cartes de l'environnement et de sa dynamique	Inst. Géographie NE
Ressources	242	Der Einfluss der Witterung auf den Zuwachs des Waldes	Eidg. Anst. forstliches Versuchswesen, Birmensdorf
Energie	146	Economie de l'énergie, environnement et pertes	Inst. d'écon. et aménag. énerg. IENER, EPFL
Emissions, immissions	575	Schweizerisches Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL)	BUS, Bern
Biosphère	277	Vorkommen von Blei beim Feldhasen	Veterinär-bakteriol. Inst. Uni. Bern

Confédération. Du point de vue financier.

Il existe sûrement plusieurs façons de classer les sujets d'études et de recherches. On pourrait par exemple distinguer les projets selon qu'ils concernent l'air, l'eau, le sol, le système climatique, la biomasse, la communauté humaine. Dans son catalogue, la SAGUF a considéré 9 thèmes principaux qui se subdivisent encore en deux ou plusieurs classes.

Le tableau I présente pour chaque thème le nombre de projets répertoriés, ainsi qu'un projet donné à titre d'exemple. Le spectre des sujets est très large. On y trouve aussi bien des question touchant la croissance, la psycho-sociologie, l'économie, le droit, que la technique, la biologie, la médecine, la chimie et la physique. A noter tout de même que le nombre maximum de projets se trouve dans le thème «Emissions, immissions» qui traite de la pollution de l'air et des eaux, des déchets, des techniques, etc.

Pour avoir une information sur les projets actuellement en cours, il est nécessaire pour l'instant de dépouiller les rapports scientifiques des différentes institutions [3...7]. Le tableau II présente quelques exemples. Il convient de mentionner l'effort particulier fait dans le cadre du Programme national 14 «Cycle et pollution de l'air en Suisse» qui a débuté en 1983 et qui finance déjà 10 projets pour un montant de 2,8 millions de frs environ.

Quelques projets de recherches en cours Tableau II

Sujet	Institut
Geschichte des atmosphärischen CO_2-Gehalts	Physikalisches Inst. Universität Bern
Flechten als biologische Indikatoren der Luftverschmutzung in der Schweiz (Programme national 14)	Systematisch-geobotanisches Inst. Bern
Lufthaushalt über Ballungsgebieten	Hauptabt. Sicherheit, Umwelt EIR, Würenlingen
Laser-photoakustische Erfassung von Luftfremdstoffen (Prog. national 14)	Lab. für Festkörperphysik, ETHZ
Ozonforschung	Lab. Atmosphärenphysik, ETHZ
Cartographie de l'environnement et études d'impacts	Inst. Génie Environnement, EPFL
Pollution atmosphérique due à la consommation et transformation d'énergie (Programme national 14)	Inst. Aménagements Energétiques IENER, EPF Lausanne

3. Domaine de l'enseignement

Présenter une vue globale des enseignements est plus difficile car il n'existe pas de catalogue semblable à celui des recherches. On pourrait suggérer qu'un tel recueil des enseignements soit élaboré en complément de ceux traitant des recherches. L'effort supplémentaire ne devrait pas être disproportionné puisque recherche et enseignement vont fréquemment de pair.

Le tableau III rassemble quelques exemples d'enseignements donnés à Zurich, Genève et Lausanne. On y trouve des cours qui font partie des plans d'études de certaines sections telles que sciences naturelles, génie rural, génie civil. L'exposé des principes de base permet ainsi de former et de sensibiliser les futurs ingénieurs aux questions d'environnement. D'autres cours sont de type «postgrade» et dispensent une formation plus approfondie et plus complète sur les aspects scientifiques (modèles, calculs) et techniques (instrumentations, analyses). Ces cours postgrades se déroulent soit à plein temps soit à raison d'un jour par semaine pendant une année académique. Le nombre d'heures d'enseignement peut varier entre 300 et 460 heures sans compter encore les travaux pratiques, les séminaires, les examens, etc.

4. Analyse des impacts sur l'environnement

Pour illustrer un peu le thème de la protection de l'environnement, on peut s'arrêter un instant sur le problème de l'analyse des impacts. A cet égard, l'écologie dynamique[1]) [15; 16] propose une approche systémique et globale des phénomènes. Au premier abord, cette approche peut paraître un peu étrange par rapport aux exigences de spécialisation dans les milieux techniques. Si l'on se place du point de vue de Sirius, la planète Terre apparaît en fait comme une immense fourmilière,

[1]) Ecologie vient du grec «oikos» qui signifie maison et «logos», science. Littéralement, on peut traduire écologie par étude du ménage de la planète Terre [15].

Exemples d'enseignements touchant la protection de l'environnement Tableau III

Enseignement	Section, niveau	Organisation
Mensch, Technik, Umwelt, plusieurs cours	Elektrotechnik, 5., 7. Semesters, Interdiszipl. Ausbildung	ETHZ [8]
Gewässerschutz, Umweltökologie	Kulturtechnik, 6. Sem.	ETHZ [8]
Chemie und Umwelt	Naturwissenschaften, Diplomarbeit	ETHZ [8]
Klima und Umwelt	Naturwissenschaften, 6. Sem.	ETHZ [8]
Umweltphysikalische Teilrichtung, plusieurs cours	Naturwissenschaften, 4. Sem.	ETHZ [8]
Siedlungswasserbau und Gewässerschutz	Nachdiplomstudium	ETHZ [8]
Chimie analytique de l'environnement	Postgrade [9]	Inst. Chimie, Uni GE
La politique de l'environnement	Postgrade [10]	IDHEAP, Lausanne
Les dimensions politique, économique et technique de l'énergie	Postgrade [10]	IDHEAP, Lausanne
Protection de l'environnement	Génie rural, sem. 7 et 8 [11]	Inst. G. Env. EPFL
Ecologie des micropolluants	Génie rural, sem. 5	Inst. G. Env. EPFL
Programme protection de l'environnement	Postgrade [13]	Inst. G. Env. EPFL
Technologie et aménagements énergétiques III	Génie civil, sem. 8 [12]	IENER, EPFL
Programme Energie	Postgrade [14]	IENER, EPFL

ou comme un vaisseau spatial qui voyage dans l'univers. L'homme fait partie intégrante de l'écosystème et la survie à bord dépend de la bonne gestion des ressources naturelles. Le système «biosphère» peut être considéré schématiquement comme un ensemble de réservoirs (fig. 1) traversés par des flux d'énergie qui assurent la circulation cyclique des éléments (carbone, azote, hydrogène, eau, soufre, etc.). Il est dès lors aisément concevable qu'un polluant ne peut pas être considéré indépendamment du cycle biogéochimique auquel il appartient. L'enrichissement d'éléments radioactifs tout au long d'une chaîne alimentaire en représente un exemple. De plus, le système biosphère est aussi le siège de processus non linéaires et de rétroaction qui peuvent soit amplifier soit amortir les perturbations. Par exemple, si la température augmente au-dessus d'une couverture neigeuse, la fonte qui en résulte va s'accompagner d'une diminution de l'albedo (pouvoir de réflexion du sol), qui à son tour va permettre à la température d'augmenter davantage.

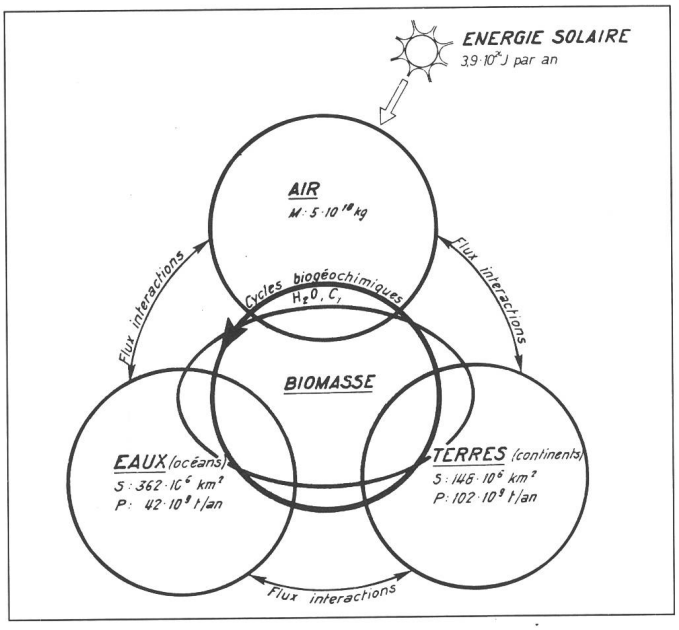

Fig. 1
Système Biosphère [16; 17]

M	masse
S	superficie
P	productivité de matière organique
RPA	rayonnement photosynthétique actif = $1{,}95 \cdot 10^{24}$ J par an
PA	productivité annuelle de carbone = $29{,}3 \cdot 10^{20}$ J ($7 \cdot 10^{10}$t)
PA/RPA	efficacité photosynthétique = 0,15%

L'analyse des impacts comporte plusieurs composantes (fig. 2). La définition des échelles du problème dans l'espace et dans le temps permet de choisir les méthodes et de fixer le degré de précision des résultats. Un problème de pollution de rivière ne s'étudie pas de la même façon qu'un problème de pollution océanique. La connaissance des mécanismes de l'écosystème permet de proposer des modèles (mathématiques, physiques, chimiques) qui indiqueront les effets à attendre. Une des grandes difficultés dans la maîtrise des pronostics vient du fait que les mécanismes en jeu dépassent l'échelle du laboratoire à laquelle l'homme est bien habitué. La technologie intervient au stade de la prévention. Très tôt l'électricité à joué un rôle important, puisqu'en 1910 Cottrel réalisa le premier électrofiltre. Ces installations donnent en général de très bons résultats dans l'épuration des fumées. Les études d'impacts sont déjà obligatoires dans certains pays et vont le devenir prochainement en Suisse. Il est certain que les efforts consentis dans l'enseignement, la recherche et le développement des techniques permettent de mieux soutenir ces études.

5. Un exemple d'enseignement

Le cours postgrade «Energie», organisé par l'IENER, en est à sa 6e session [14]. Il se déroule à raison d'un jour par semaine pendant une année académique et totalise environ 340 heures. Il contient six grands chapitres dont l'un, intitulé «Socio-économie et environnement», comporte les cours présentés au tableau IV. Les ensei-

Chapitre «Socio-économie et environnement» du cours postgrade «Energie» organisé à l'EPFL par l'Institut d'économie et aménagements énergétiques (IENER) Tableau IV

Energie, économie et société	15 h
Modèles macro-économiques	10 h
Energie et environnement	20 h
Calculs de la dispersion des rejets dans l'atmosphère	10 h
Cycle global du CO_2	8 h
Thermische Belastbarkeit der Gewässer	10 h
Action biologique des radiations	10 h

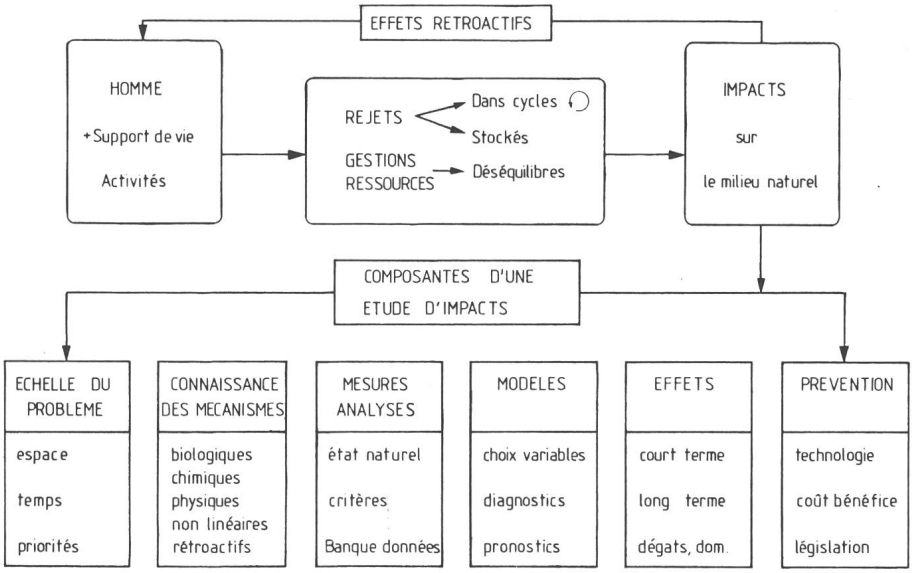

Fig. 2 Analyse des impacts, esquisse de la problématique

gnants proviennent de l'OFPE, de l'EIR, de l'Institut Batelle, de l'Université de Berne et de l'EPFL.

Dans le premier cours sont examinés par exemple les effets économiques des prix pétroliers, les théories de la limitation des ressources et les impacts socio-politiques de la crise énergétique.

Différents types de modèles sont décrits dans le second cours, et les résultats de simulation obtenus sont comparés entre eux.

Le cours «Energie et environnement» est introduit par des notions d'écologie et de stabilité d'écosystèmes. Les rejets consécutifs aux différents modes de transformation de l'énergie sont passés en revue. Des éléments de météorologie précèdent la question de la diffusion des polluants dans l'atmosphère, ainsi que celle de leurs effets sur l'homme et son milieu. Finalement, la législation, les normes ainsi que les méthodes de prévention sont abordées.

Le quatrième cours considère les différentes méthodes permettant de résoudre le système d'équations décrivant les mécanismes de diffusion - transport dans l'atmosphère. Le cas des panaches issus des tours de refroidissement est traité en partant de modèles simples (empiriques, unidimensionnels) jusqu'au système complet d'échelle régionale.

Le cours «Cycle global du CO_2» aborde la question du pronostic de la concentration future de CO_2 dans l'atmosphère et des influences possibles sur le climat. Les conséquences pour la société sont ensuite examinées, de même que les mesures de prévention.

Le sixième cours présente les conséquences physico-chimiques, biologiques et écologiques des rejets thermiques provenant des réfrigérants à eau. Les expériences effectuées jusqu'à aujourd'hui sont décrites et les bases légales sont examinées.

Le dernier cours traite des facteurs qui règlent l'action macroscopique des radiations sur le corps. L'effet des doses massives et faibles ainsi que les systèmes enzymatiques de réparation sont discutés. Enfin les concepts fondamentaux de la radioprotection sont exposés.

Le chapitre «Socio-économie et environnement» constitue un peu moins du quart du programme total.

6. Un exemple de recherche

Grâce à l'appui du Fonds national de la recherche scientifique, un projet intitulé «Modélisation des impacts des perturbations thermiques dans les basses couches de l'atmoshpère» a été conduit en 1982/83 à l'IENER (groupe aéraulique) [18]. Ce projet s'est plus spécialement centré sur l'effet d'îlot de chaleur urbain. Par certaines conditions météorologiques, les rejets thermiques dus à la présence d'une ville donnent lieu à des conditions de ventilation de type «cellules» qui peuvent entraîner une recirculation des polluants.

Tout d'abord, le phénomène convectif de base a été étudié en laboratoire (modélisation physique). Une plaque chauffante dans un milieu stratifié verticalement développe des cellules convectives stationnaires ou oscillantes (fig. 3). La configuration de l'écoulement observé dépend aussi de la taille de l'îlot. La formation de telles cellules en fonction de l'écoulement régional et de la topographie a été étudiée sur maquettes pour les villes de Bâle, Bienne et Fribourg. Dans certains cas, ces facteurs peuvent venir renforcer un effet d'accumulation des polluants.

Parallèlement, un code de calcul résolvant les équations du fluide thermique par la méthode des éléments finis a été établi. Après plusieurs tests, les résultats d'une simulation numérique d'îlot de chaleur en laboratoire ont été comparés aux mesures expérimentales. Compte tenu de la brève durée du projet, certains résultats sont encore de nature préliminaire. Conformément aux objectifs, cette recherche a permis le développement de techniques de modélisations expérimentales et numériques permettant d'analyser les impacts des rejets atmosphériques.

7. Un exemple de développement technique

L'étude citée ici a été financée par le Fonds national ainsi que par le laboratoire de thermique appliquée de l'EPFL, la Ville de Genève, la Ville de Lausanne et un bureau d'ingénieurs de Lausanne [19]. Le projet, intitulé «Rendement de chaufferies à mazout», avait pour but d'estimer les économies de mazout réalisables suite à différentes améliorations techniques. Au niveau national, l'économie pourrait varier de 2 à 12% selon l'amélioration considérée. Une telle économie s'avérerait du même coup bénéfique pour la protection de l'environnement. En effet, il en résulterait ainsi une baisse des rejets de SO_2 dans l'atmosphère, rejets qui s'effectuent près du sol et

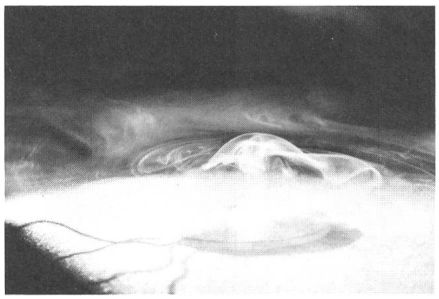

Fig. 3 Effet d'îlot de chaleur en laboratoire dans un air stratifié verticalement (dense en bas, léger en haut)

Les cellules de convection thermiques produites par la plaque chauffée sont visualisées à l'aide d'un traceur (fumée).

participent ainsi activement à la formation des dômes de polluants urbains.

8. Conclusions

Les problèmes de la protection de l'environnement font partie des programmes d'enseignement et de recherche en Suisse. Ce sont surtout les cours postgrades qui offrent la possibilité d'obtenir une formation à la fois approfondie et élargie. Il est réjouissant de constater que le spectre des sujets de recherches est relativement large, ce qui est révélateur du caractère multidisciplinaire des sciences de l'environnement.

Compte tenu des contraintes économiques actuelles, on peut se poser la question de savoir si les moyens engagés sont suffisants ou non. Sans vouloir répondre ici à cette question, on peut constater combien il est parfois difficile de maîtriser ces problèmes. Les atteintes subies par les forêts en sont un exemple. A l'heure actuelle, il n'est pas possible de fournir un tableau des facteurs responsables qui soit admis par tous. Et c'est une analyse indiscutable dont ont besoin les autorités politiques pour pouvoir prendre des mesures à la fois curatives et préventives. On ne perd donc rien à investir de l'énergie grise ainsi que des moyens techniques et financiers dans le domaine de l'environnement, en vue de mieux satisfaire aux exigences de la protection du milieu naturel.

Bibliographie

[1] *D.L. Meadows:* Die Grenzen des Wachstums. Stuttgart, Deutsche Verlagsanstalt, 1972.

[2a] Umweltforschung in der Schweiz. Band 4a: Einleitung und Verzeichnis zum Bestandeskatalog. Herausgegeben von SAGUF (Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Umweltforschung). Bern, Bundesamt für Umweltschutz, 1980.

[2b] Umweltforschung in der Schweiz 1978/1979. Band 5: Bestandeskatalog. Herausgegeben von SAGUF (Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für Umweltforschung). Bern, Bundesamt für Umweltschutz, 1980.

[3] Rapport annuel 1983 du Fonds national suisse de la recherche scientifique. Berne, 1984.

[4] Rapport scientifique 1983 de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.

[5] EIR Jahresbericht 1983. Würenlingen, Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung, 1984.

[6] Schweizerische Kommission für Klima und Atmosphärenforschung, Forschungsberichte. Bern, Schweizerische Naturforschende Gesellschaft, 1984.

[7] Forschung 1980–82. Berichte der Institute. Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule.

[8] ETH Zürich, Programm und Stundenplan. Sommersemester 1984 / Wintersemester 1984/85. Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule, 1984.

[9] Programme de chimie analytique de l'environnement. Genève, Université de Genève, Groupe de Chimie Analytique.

[10] IDHEAP, Cours de perfectionnement en matière de politique environnementale, énergétique, régionale. Lausanne, Institut des Hautes Etudes en Administration Publique, 1984.

[11] EPFL, livret des cours de la section génie rural et géomètre 1982/83. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1982.

[12] *A. Gardel:* Energie, économie et prospective. Paris. e.a., Pergamon Press, 1979.

[13] EPFL, Institut génie de l'environnement. Programme de 3e cycle en protection de l'environnement 1984/85. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1984.

[14] EPFL, Institut d'économie et aménagements énergétiques. Cours postgrade sur l'énergie 1983/84. Lausanne, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 1983.

[15] *E.P. Odum:* Ecologie. Paris, Editions Doin, 1976.

[16] *P. Duvigneau:* La synthèse écologique. Paris, Editions Doin, 1974.

[17] *I.M. Campbell:* Energy and the atmosphere. A physical-chemical approach. New York, John Wiley, 1979.

[18] EPFL, Institut d'économie et aménagements énergétiques: Modélisation des impacts des perturbations thermiques dans les basses couches de l'atmosphère. Rapport final remis au Fonds national suisse de la recherche scientifique, 1984.

[19] Laboratoire de thermique de l'EPFL, Ville de Genève, Services industriels de Lausanne, Bonnard & Gardel ing.-conseils SA Lausanne: Rendement réel de chaufferies d'immeubles locatifs et de villas avec chaudières traditionnelles. Rapport final pour le Fonds national suisse de la recherche scientifique, 1982.