

Zeitschrift: Archives des sciences et compte rendu des séances de la Société
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 54 (2001)
Heft: 3

Artikel: Enveloppes de viabilité de la Roumanie : une approche globale du système
Autor: Priceputu, Ana Maria / Degli Agosti, Robert / Greppin, Hubert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-740523>

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: 03.05.2026

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

Archs Sci. Genève	Vol. 54	Fasc. 3	pp. 171-204	Décembre 2001
-------------------	---------	---------	-------------	---------------

ENVELOPPES DE VIABILITÉ DE LA ROUMANIE: UNE APPROCHE GLOBALE DU SYSTÈME

PAR

Ana Maria PRICEPUTU^{1,3}, Robert DEGLI AGOSTI^{1,2} & Hubert GREPPIN^{1,*}

(Ms reçu le 12.11.2001, accepté le 28.12.2001)

ABSTRACT

Viability Envelopes of Romania. - A general and heuristic methodology for a sustainable development estimation is presented. An application is made concerning the interaction in Romania of population with environment and society, surrounded by physical, chemical and biological extra-cultural envelopes of viability and sustainability (climate: temperature, water, atmospheric composition; biosphere; forests, agriculture, etc.). A comparison with other lands is set out.

Key-words: Viability, Sustainable development, environment, Romania.

1. INTRODUCTION

De nombreuses approches scientifiques ont été ou sont actuellement proposées pour aborder la question du développement durable, suite à la Conférence de Rio en juin 1992 (AYRES & SIMMONIS, 1995; BROWN *et al.*, 1997; BÜRGENMEIER, 1994; I.P.C.C., 1996; NORDHAUS, 1994; ODUM, 1994, 1996; POLUNIN & BURNETT, 1990; RAFFESTIN, 1995; REPETTO, 1994; SCHELLNHUBER & WENZEL, 1998; VERNADSKI, 1926; WACKERNAGEL & REES, 1996; W.B.G.U., 1995). La perspective hautement probable d'un changement climatique généralisé, accentue encore davantage la recherche dans ce domaine (BENISTON & INNES, 1998; BERGER, 1992; CARRARO & HAURIE, 1996; DALE, 1997; FIELD *et al.*, 1992; FLÜCKIGER & RIEDER, 1997; FRAGNIÈRE & HAURIE, 1996; LAEGE & SCHAUMANN, 1998; PIMENTEL *et al.*, 1994; RAMBLER *et al.*, 1989; REILLY & SCHIMMELPFENNIG, 1999; ROSENZWEIG & PARRY, 1994; SCHIMMELPFENNIG, 1995; SHUGART, 1998; TSUR & ZEMEL, 1996). Pour notre part, nous avons déjà eu l'occasion de présenter le concept des enveloppes de viabilité préalables au développement durable et les procédures à utiliser pour cette estimation heuristique (GREPPIN, 1971, 1978, 1988, 1993; GREPPIN *et al.*, 1998^{a b}, 2000). Nous examinerons ici le cas de la Roumanie, pays en voie de développement (PRICEPUTU, 2001).

2. MATÉRIEL

Les données statistiques utilisées proviennent de sources officielles nationales roumaines (Comisia Nationala de Statistica, <http://www.cns.ro>, 2001; I.N.S.S.E., Annuaire

¹ Laboratoire de Biochimie et Physiologie végétale, place de l'Université 3, CH-1211 Genève 4.

² Centre Universitaire d'Ecologie Humaine et des Sciences de l'Environnement, 102 Bd. Carl-Vogt, CH-1211 Genève 4.

³ Logilab, HEC, Université de Genève, 102 Bd. Carl-Vogt, CH-1211 Genève 4.

* Auteur à qui la correspondance doit être adressée.

statistique de la Roumanie, <http://www.insse.ro>, 2001) et d'ouvrages scientifiques (ANTONESCU *et al.*, 1969; MANDRUT, 1993; DANAITA, 1997; IELENICZ, 2000; M.A.P.P.M., Starea Mediului, <http://www.mappm.ro>, 2001). Ces informations sont complétées par d'autres statistiques internationales et divers ouvrages (WWF, 1998; OCDE, 1999; WRI, 1996-97, 1998-99; PNUD, 1999; GREPPIN *et al.*, 1998, 2000; World Bank, World Development Report 1995, <http://www.worldbank.org/data>, 2001). Des calculs et des estimations sont faits par le biais des équations de la chimie et de la biologie fonctionnelle, à partir d'informations issues d'atlas (KOTLYAKOV *et al.*, 1999) ou d'autres livres (LIETH, 1978; BUDYKO, 1986; SCHLISSINGER, 1991; ÖREMLAND, 1993; RAMADE, 1987, 1989). Les formules utilisées sont mentionnées en annexe. Des corrélations sont établies avec divers paramètres physiques, chimiques, biologiques et socio-économiques (énergie, oxygène, gaz carbonique, eau, biomasse, rendement et production agricole, démographie, PNB, etc.).

Les graphiques ont été élaborés à l'aide de Sigmaplot (SPSS Inc.), Excel et Powerpoint (Microsoft Corp.).

Les cartes ont été réalisées à l'aide du logiciel ArcView G.I.S. (E.S.R.I. Inc.) de la manière suivante :

- carte de base (découpage administratif du territoire): utilisation d'une base de données E.S.R.I. (Digital Chart of the World for ADOL) et transformations des objets spatiaux en polygones ;
- carte de la végétation et des types d'occupation du sol: ArcAtlas Our Earth for ADOL (ArcData Online);
- carte du relief: numérisation des points d'altitude (source: <http://www.calle.com>) en fonction des coordonnées géographiques (latitude, longitude) et interpolation IDW (Inverse Distance Weighted);
- carte de la distribution des précipitations moyennes annuelles: estimation à partir de la grille d'altitude suivant l'équation de corrélation: Précipitations = 0.3229 x Altitude + 511.64, $R^2 = 0.8368$ (voir aussi PRICEPUTU 2001).

La base de données sur les ressources forestières et leur exploitation, les terres agricoles, la population et la pollution atmosphérique a été établie à partir des données statistiques (Rapport Annuel de l'Inspectorat Forestier d'Etat 2000 - document officiel non publié; Annuaire statistique de la Roumanie, ed. 2000).

En général, les données statistiques directement transcrites de la littérature sont reproduites en italiques.

3. LE PAYSAGE ROUMAIN

3.1. Caractéristiques générales

Le territoire de la Roumanie a une surface de 238391 km² (Tab. 1). Il est situé au sud-est de l'Europe Centrale, entre 43°37'07'' et 48°15'06'' parallèle au nord de l'équateur et 20°15'44'' et 29°41'24'' méridien à l'est de Greenwich. La population était de 22,8 millions habitants en 1992 et de 22,5 millions habitants en 1999. La moyenne des

TABLEAU I.
Caractéristiques générales de la Roumanie

Roumanie: $2,38391 \cdot 10^5 \text{ km}^2$; $\sim 1,5\%$ surface mondiale
 Température moyenne annuelle $8,3^\circ\text{C}$
 Soleil : $5,9 \cdot 10^{19} \text{ J/an}$ Pluie: $0,16 \cdot 10^{12} \text{ t/an}$
 $22,5 \cdot 10^6$ habitants $94,3 \text{ H/km}^2$ $3,9\%$ de la population mondiale (1995)
 P.N.B. $31,8 \cdot 10^9 \text{ \$}$ (1997); $1410 \text{ \$/H}$; I.D.H. $0,752$ (1997)

1. Terre agricole cultivée	$9,3414 \cdot 10^4 \text{ km}^2$ (39,1%)
2. Prés et pâturages	$4,8998 \cdot 10^4 \text{ km}^2$ (20,5%)
3. Forêts	$6,3425 \cdot 10^4 \text{ km}^2$ (26,6%)
<i>conifères</i>	$1,8612 \cdot 10^4 \text{ km}^2$ (7,8%)
- épicéa	5,9%
- sapin	1,2%
- pin	0,4%
- autres espèces	0,3%
<i>feuillus</i>	$4,3448 \cdot 10^4 \text{ km}^2$ (18,2%)
- hêtre	4,7%
- chêne	8,0%
- acacia	1,0%
- tilleul	1,4%
- d'autres espèces	2,6%
<i>forêts de protection</i>	0,6%
4. Autres formations végétales	5%
5. Divers	8,8%

températures et des précipitations durant la période 1901-1990 est présentée dans les figures 1 a-f (diagrammes ombrothermiques).

On observe une faible diminution de la population, entraînée par le contexte actuel de la vie sociale et politique roumaine et par la possibilité d'émigrer (Tab. 2).

Sous l'ancien régime politique (jusqu'à 1989), les caractéristiques démographiques ont conservé une certaine originalité au sein de l'Europe de l'Est, avec une forte natalité et une mortalité proche de 13‰. Depuis 1990, la natalité a chuté, tandis que la mortalité infantile reste très marquée, signe du faible niveau de vie et des lacunes dans l'encadrement sanitaire. Les dynamiques régionales sont contrastées: la partie occidentale est en déficit démographique, la partie orientale en excès.

Les frontières de l'Etat ont une longueur totale de 3149,9 km, partagées avec la Bulgarie au sud, la République de Moldavie à l'est, l'Ukraine au nord, la Yougoslavie et la Hongrie à l'ouest. Le sud-est du pays est limité par la Mer Noire.

TABLEAU II.

Dynamique de la population et densité entre 1930-1999 (INSSE, 2001)

Année	1930	1948	1956	1966	1977	1992	1999
<i>Population</i> <i>10⁶ H</i>	14,28	15,87	17,48	19,10	21,55	22,81	22,50
<i>Densité</i> <i>H/km²</i>	59,9	66,6	73,4	80,1	90,4	95,7	94,3

3.2. Relief et climat

La Roumanie se distingue par l'énorme variété des formes du relief qui ont une influence évidente sur le climat tempéré qui caractérise ce pays (MANDRUT, 1993).

Les Carpates constituent une prolongation plus basse des Alpes et font partie du groupe des montagnes jeunes de l'Europe (formées par des plissements répétés à la fin du mésozoïque et dans l'âge néozoïque). Elles se caractérisent par une ligne sinueuse et par la grande variété des dépressions et vallées qui offrent des espaces favorables aux habitants. Un regard général sur les Carpates met en évidence une succession des portions hautes, qui dépassent 2000 m d'altitude et des secteurs plus bas qui se maintiennent au-dessous de 1000-1200 m. Spécifique pour les Carpates roumaines est la vaste superficie dépressionnaire - la dépression de la Transylvanie - unique dans toute la chaîne des montagnes jeunes de l'Europe.

Sur le territoire roumain on distingue trois divisions: les Carpates Orientales, plus hautes dans leur partie nordique et plus basses dans le secteur de sud; les Carpates Méridionales, ayant des altitudes qui dépassent 2000 m, d'où le nom 'les Alpes de la Transylvanie'; les Carpates Occidentales, très basses, qui finissent la couronne carpatique autour de la Transylvanie. La différenciation entre ces trois secteurs est fondée non seulement sur leur position et leur altitude moyenne, mais aussi sur des différences de structure géologique.

Les Carpates Orientales se distinguent par leur grand développement en largeur (130-140 km), mais elles manquent de massivité à cause du grand nombre de dépressions et vallées qui les croisent. Du point de vue de l'altitude, elles occupent une place intermédiaire dans la chaîne montagneuse roumaine. Elles dépassent 2000 m seulement au nord (Rodna-Calimani) tandis qu'au sud elles atteignent à peine 1600-1700 m. Les Carpates Orientales présentent un parallélisme accentué des sommets. Une bande centrale de schistes cristallins aligne les altitudes les plus grandes. Dans la partie occidentale, il y a des monts volcaniques avec des cratères bien évidents, tandis qu'à l'est il y a des montagnes plus basses, formées par des roches sédimentaires.

Les Carpates Méridionales constituent le secteur le plus haut ayant aussi une remarquable massivité. Cela s'explique par leur structure géologique: des schistes cristallins avec des intrusions granitiques et des calcaires anciens qui introduisent une grande variété dans ce paysage. En grandes lignes, les Carpates Méridionales dépassent souvent 2500 m

d'altitude (les plus hauts sommets sont le Moldoveanu 2544 m et le Negoiu 2535 m). Sur les plus hautes cimes on peut trouver fréquemment des traces des glaciers quaternaires et des lacs glaciers d'une grande attraction touristique.

Les Carpates Occidentales ont une altitude plus réduite (la plupart moins de 1000 m). Leur caractéristique principale est la discontinuité entre les différents groupes de montagnes, séparés par de larges couloirs et dépressions qui les pénètrent comme des prolongations collinaires du côté de l'ouest. La grande diversité des roches, éruptives et sédimentaires (le plus souvent des calcaires) qui interpénètrent les schistes cristallins, est spécifique pour ce secteur des Carpates, ayant des implications directes sur l'énorme variété du relief.

Le climat des Carpates est humide et froid, avec une forte influence continentale. La température et la quantité de précipitations changent en fonction de l'altitude. Entre 800 et 1700 m d'altitude la température moyenne est de 2 à 4° C et la quantité des précipitations de 800 à 1200 mm/an. Le climat des sommets alpins (1700-2544 m) se caractérise par une température annuelle de 0,5° C et même -2,5° C dans le secteur le plus haut; les précipitations annuelles: 1400 mm et même plus dans certaines régions.

La Dépression de la Transylvanie. Dans l'intérieur de l'arc carpatique, il y a eu un lent affaissement jusqu'à 4500 m de profondeur, provoqué par le processus de formation des Carpates. On peut y distinguer 2 secteurs différents: une région de dépressions et de collines et une autre zone de plateau. L'altitude moyenne dans cet espace est de 500-600 m. La température moyenne annuelle est de 6 à 10° C; les précipitations tombent en quantités plus réduites, mais tout de même suffisantes pour le développement de la végétation forestière (500-700 mm/an).

Les Collines de l'Ouest et la Plaine de l'Ouest. A la limite ouest des Carpates Occidentales, il y a une bordure de collines, d'une largeur variable, interrompue parfois par des régions de plaine. La majorité des collines sont constituées par des sédiments récents. L'altitude maximale est de 300 m, ce qui leur confère une bonne utilisation agricole.

La Plaine de L'Ouest est une bande étroite de 20-60 km où l'on peut distinguer 2 parties principales: l'une dont l'altitude dépasse un peu 100 m, couverte avec du lœss et protégée des inondations, et l'autre plus basse (80-90 m) avec une nappe phréatique très près de la surface, ce qui peut provoquer la formation de marécages et de terrains salins. Le climat a des faibles influences océaniques avec des précipitations assez riches (540-700 mm/an) qui permettent une agriculture intensive dans cette région. Les sols sont riches en humus, d'une grande fertilité (tchernoziom).

Les Carpates Inférieures (Les Subcarpates) constituent un secteur de transition entre les montagnes et la plaine, en se présentant comme une bande marginale des Carpates. Ils se caractérisent par la même structure géologique, par la multitude des dépressions qui les traversent et des altitudes entre 700 et 1000 m. La température moyenne annuelle est de 6 à 7° C, les précipitations 700 mm/an.

Le Plateau de la Moldavie, situé à l'est du pays, s'est formé sur un fondement différent: la moitié du nord sur la Plate-forme Est européenne, tandis qu'au sud sur une zone d'affaissement. Il est couvert par des sédiments néogènes et présente des aspects diffé-

renciés en trois grandes divisions: le plateau de Suceava 500-600 m d'altitude, caractérisé par un climat assez froid et humide; la plaine de la Moldavie ayant des altitudes plus basses (200 m) et des sols d'une grande fertilité (tchernoziom), représente une zone agricole très importante; le Plateau du Barlad ayant une altitude moyenne de 400 m et des importantes ressources forestières.

La Plaine Roumaine, située au sud du pays, a 300 m d'altitude dans sa partie nordique et 10-20 m au sud, se caractérise par des vallées larges et interfluviales lisses. Dans sa partie ouest, il y a des dunes de sable, fixées par des cultures agricoles, tandis que dans la partie est, on peut trouver des petits lacs salés qui se sont formés par la montée des sels du sol, provoquée par l'évaporation des eaux souterraines, pendant les périodes chaudes et sèches. Ayant des sols très fertiles, un climat favorable (10 à 11°C, 500 à 600 mm/an de pluie) et des grands systèmes d'irrigation dans les zones les plus sèches, la Plaine Roumaine constitue la région agricole principale du pays, ayant aussi d'importantes ressources en pétrole et gaz naturel dans son sous-sol.

La Dobroudja, située au sud-est de la Roumanie, est une région particulière dans le paysage roumain. Le relief est varié, avec des massifs montagneux formés par des plissements hercyniens, ayant actuellement un grand degré d'érosion et des altitudes jusqu'à 300 m et des plateaux qui touchent à peine 200 m. Le climat sec (précipitations moins de 400 mm/an, température 10 à 11°C) explique la présence de la végétation xérophile.

Le Delta du Danube occupe une surface de 4340 km² et constitue la partie la plus basse du territoire roumain. La terre représente seulement 13%; la majorité de sa surface est couverte avec des eaux permanentes, des lacs, des marécages, des petits ruisseaux. Les principales ressources sont la faune piscicole et le roseau utilisé pour la fabrication de la cellulose. Les forêts occupent une superficie assez réduite et les terrains agricoles sont aussi limités. Le Delta du Danube est déclaré réserve de la biosphère, ayant un paysage exotique, unique dans tout le continent européen, avec une très grande variété d'espèces d'oiseaux (280 dans cet espace, 1200 espèces végétales, 90 espèces de poissons). Cent quatre-vingt cinq espèces sont strictement protégées par la Convention de Berne.

3.3. Végétation

L'élément le plus ancien de la végétation actuelle est l'épicéa, présent sur ce territoire depuis la dernière glaciation. Dans la période de réchauffement postglaciaire (holocène) les feuillus commencent à pénétrer du côté du sud et l'épicéa est monté à des altitudes plus élevées. Le hêtre, aujourd'hui très commun dans les forêts roumaines, est venu de l'ouest de l'Europe plus tard, pendant l'holocène supérieur; et encore plus tard, la steppe s'est avancée de l'est du continent. Ainsi, dans son état actuel, la végétation de la Roumanie est relativement récente (Figs. 2 et 3).

Les principales zones végétales sont (ANTONESCU *et al.*, 1969) :

1. Pâturages alpins et subalpins (plus de 1700 m d'altitude)
2. Forêts de conifères 1500-1700 m
3. Forêts de hêtres 1200-1500 m
4. Forêts de chênes 500-1200 m

5. Steppe arborée 300-500 m

6. Steppe jusqu'à 300 m

L'étage alpin est constitué par des buissons de *Juniperus communis*, *Pinus mugo* ssp. *nana*, *Rhododendron myrtifolium*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea* et des pâturages dont les espèces les plus représentatives sont les graminées: *Festuca rubra*, *Nardus stricta*, *Agrostis tenuis*. Dans certains massifs (Rodna, Retezat), on peut trouver *Pinus cembra*, espèce relique qui date de l'âge glaciaire.

Une série de plantes caractéristiques pour la végétation des Alpes peut être observée ici aussi: *Pulsatilla pratensis alpina*, *Bartsia alpina*, *Campanula*, *Gentiana*. Plantes endémiques (116 espèces): *Dianthus callizonus* (seulement dans les montagnes Piatra Craiului), *Nigritella nigra*, *Nigritella rubra* (Retezat), *Dryas octopetala* (Retezat), *Syringa josikea* (Apuseni).

Forêts de conifères. Les plus répandues sur les versants carpatiques sont les forêts d'épicéa (*Picea abies*) en association avec *Pinus silvestris*, *Abies alba*, *Larix decidua*, *Taxus baccata*. Le sous-bois est formé par des conifères jeunes et d'espèces de *Ledum*, *Empetrum*, *Vaccinium*. La couche herbacée est très peu développée et formée en majorité par des plantes ombrophiles: mousses, lichens, fougères et quelques espèces de spermatophytes. A la limite inférieure (vers 1500 m) on trouve des associations végétales mixtes (conifères - feuillus) contenant une grande variété d'espèces caractéristiques de ces deux étages de végétation.

Forêts de hêtres. Les forêts sont mixtes, avec le sapin et l'épicéa dans les zones plus hautes et avec *Quercus robur*, *Carpinus betulus*, *Acer platanoides* à des altitudes moyennes. Le sous-bois présente une composition assez irrégulière: *Corylus avelana*, *Evonymus europaeus*, *Evonymus verrucosa*, *Padus racemosa*, *Rubus idaeus*. Les arbustes s'y retrouvent dans une proportion réduite, plus représentés dans la lisière de la forêt et dans les clairières. La couche herbacée est formée particulièrement par des espèces de printemps qui se développent avant la formation du feuillage des arbres et des arbustes. Pour les plantes annuelles les conditions ne sont pas favorables à cause de la faible illumination. La couche des mousses de sol manque en totalité, étant étouffée par les feuilles qui tombent. Ainsi, les mousses peuvent se développer seulement sur des supports qui se lèvent au-dessus du sol.

Au début du printemps on y trouve une série d'espèces qui préfèrent une quantité plus grande de lumière: *Anemone ranunculoides*, *Anemone nemorosa*, *Scilla bifolia*, *Galanthus nivalis*, *Corydalis cava*, *Viola odorata*. Des espèces herbacées comme *Asperula odorata*, *Asarum europeum*, *Pulmonaria officinalis*, sont très communes dans ce type de forêt.

Forêts de chênes. Elles se situent à des altitudes plus basses, 500-1200 m, formées en principe par *Quercus robur* et *Quercus pedunculifolia*. Dans quelques régions au sud-est du pays on découvre des forêts de chênes où prédominent les espèces thermophiles *Quercus cerris*, *Quercus frainetto*, *Q. dalechampii*, *Q. polycarpa*, *Fagus orientalis*, *Tilia argentata*. Ce dernier type de forêt est retrouvé particulièrement en Dobroudja, où les conditions climatiques (principalement les conditions de température) permettent son développement.

Forêts d'acacias (*Robinia pseudacacia*), dispersées en quelques îles restreintes au sud-est du pays.

Forêts de châtaigniers (*Castanea sativa*) dans une région limitée de la Dépression de la Transylvanie, Baia Mare.

La steppe arborée constitue une formation végétale de transition entre la forêt et la steppe herbacée. Les espèces arboricoles y trouvés sont: *Salix*, *Populus*, *Betula pendula*, *Robinia pseudacacia*, plusieurs espèces de *Quercus*. La couche herbacée est formée par des espèces caractéristiques de la steppe.

La végétation de steppe est composée uniquement par des espèces herbacées et parfois arbustives, parfaitement adaptés aux conditions d'environnement: déficit d'eau, températures augmentées, périodes longues de sécheresse.

Les buissons dispersés parmi les herbes sont formés par *Artemisia odorata*, *Prunus spinosa*, *Rosa canina*. La plupart de la végétation herbacée est représentée par des graminées: *Festuca valesiaca*, *Festuca pratensis*, *Stipa capillata*, *Stipa tirsia*, *Stipa pennata*, *Andropogon ischaemum*. Parmi les composées, on y retrouve *Centaurea orientalis* et *Achillea coarctata*.

Au long des rivières, du Danube et dans le delta il y a une végétation spécifique, conditionnée par l'humidité persistante, avec de roseau, jonc et parfois des groupes de saules et peupliers.

Près du littoral de la Mer Noire, il y a quelques superficies avec des sols salins où se développe une végétation particulière, adaptée à l'aridité excessive et à la concentration augmentée de sel: *Salicornia herbacea*, *Aster tripolium*, *Statice gmelini*, *Sueda maritima*, *Scirpus maritimus*.

4. RESSOURCES FORESTIÈRES

Autrefois, les forêts étaient considérées par les gouvernements comme de simples réserves de bois, à accroître, entretenir ou convertir pour améliorer le niveau de vie. La production de recettes et de devises dans ce secteur était le fait de ministères centralisés et faisait l'objet de politiques sectorielles. Aujourd'hui, les gouvernements reconnaissent que les sources de bois échappent au domaine forestier traditionnel et que les forêts offrent des avantages et fournissent des services qui vont au-delà de la seule production de bois (maintien de l'équilibre écologique d'une région, influence bénéfique sur la santé et sur l'état de bien-être de l'homme). Avec ce concept élargi, des stratégies et des politiques nouvelles, visant à intégrer la foresterie dans les efforts de développement durable et à concilier le plus possible les besoins économiques et écologiques, ont été développées. Les forêts doivent occuper ainsi une place de premier plan dans le débat de politique nationale sur la restructuration du système économique et sur la façon dont cette restructuration peut se faire, en accord avec les intérêts nationaux au niveau local et avec les obligations internationales. Les conditions économiques, politiques, sociales et culturelles variant tellement d'une région à l'autre ont une influence indiscutable sur le système de gestion des ressources forestières.

La surface forestière de la Roumanie occupait 62402 km² en 1996, 62699 km² en 1997 et actuellement 63425 km² (26,6% du territoire roumain); les forêts étant surtout concentrées dans la région montagneuse des Carpates et dans les collines les plus proches des montagnes (Fig. 4). Les neuf dixièmes des forêts sont disponibles pour l'approvisionnement en bois; une proportion encore plus grande est classée comme forêt semi-naturelle, alors qu'il n'y a que de petites surfaces de forêts non perturbées par l'homme. Les espèces feuillues - principalement le hêtre et le chêne - représentent les trois cinquièmes du volume du bois sur pied. Dans la structure des âges, les peuplements d'âge moyen dominant.

Les conifères occupent 29,3% de la superficie forestière totale, tandis que le feuillus 68,5%. Toutefois les résineux représentent 40,2% du volume total en bois mis dans le circuit économique. Le reboisement en conifères est de seulement 35,6% de la surface totale reboisée. Dans la région de Vrancea (les Carpates Orientales) on a pratiqué des coupes définitives, ce qui a eu des conséquences tragiques sur certains versants montagneux (érosion du terrain, perte des qualités des sols, etc.), le reboisement étant difficile à réaliser. Les coupes effectuées en 1997 ont affecté une surface de 46678 ha (14,5 10⁶ m³) dont 85% de futaie et 10,1% de taillis. Le reste est représenté par des coupes de régénération, d'hygiène et accidentelles.

Les forêts roumaines fournissent suffisamment de matières premières pour alimenter l'industrie intérieure et pour exporter. Alors que plus de la moitié de la production de sciages de conifères est exportée, les sciages de feuillus sont retransformés en produits à plus grande valeur ajoutée, tels que parquets, panneaux massifs et meubles. Des investissements substantiels dans la construction et la modernisation de manufactures de panneaux de fibres mi-durs et de panneaux d'agglomérés mèneront bientôt à une augmentation sensible de la production. La production de papiers n'est pas suffisante pour satisfaire la demande intérieure de papiers graphiques (Fig. 5). En Roumanie, la consommation par habitant est relativement faible par rapport à la moyenne européenne.

Les produits forestiers non ligneux ont une valeur relativement élevée en Roumanie, pays qui compte parmi les plus gros producteurs européens de noix et de plantes médicinales. Les fruits et les baies, les champignons et le miel sont aussi récoltés à des fins commerciales. Les forêts roumaines sont de plus en plus utilisées pour la chasse, la pêche et l'écotourisme, ce qui a augmenté d'une manière importante la pression anthropique sur ce genre d'écosystème.

Jusqu'en 1991, tout le fond forestier national était la propriété de l'état. Après cette date, on a changé par des mesures législatives le régime des forêts, ce qui a entraîné aussi des modifications des plans d'aménagement et de gestion. Cette action a eu lieu en deux étapes, la mise en œuvre de la loi étant assez difficile à réaliser. En 1999 les forêts privées représentaient 5,41% de la surface forestière totale.

En 1992, on a accepté un volume total d'exploitation forestière de 16,5 10⁶ m³ dont 94,5% de coupes effectuées dans les forêts propriétés de l'État et 3,6 % de coupes affectant les forêts privées. Par la décision du gouvernement roumain no 1003/26.10.2000 on a établi pour l'année 2001 un volume maximal d'exploitation forestière de 17 10⁶ m³ dont

67% de forêts en propriétés publiques, 11,8% en forêts municipales et 21,2% en forêts privées, suite à l'accroissement de la superficie occupée par les terrains forestiers privés.

En ce qui concerne le reboisement, les surfaces qui y sont destinées ont diminué progressivement de 1994 (14744 ha), jusqu'à 1997 (10641 ha) et on observe une action plus intensive en ce qui concerne le boisement des feuillus (9954 ha en 1994) face aux conifères (4553 ha en 1994).

L'autorité centrale chargée du développement durable du fond forestier national est le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Forêts, dont les attributions principales sont:

- l'élaboration de la stratégie de gestion et d'exploitation rationnelle des ressources forestières nationales;
- l'élaboration des règlements, instructions et normes techniques spécifiques pour la gestion durable du fond forestier national;
- il propose le volume maximal de bois exploitable annuellement;
- il maintient les terrains ayant une destination forestière;
- il coordonne les actions de reboisements et la création des forêts de protection;
- il organise le système de monitoring de l'état de santé des forêts et prend des mesures pour la reconstruction forestière;
- il contrôle le mode d'exploitation, de valorisation et de commercialisation des produits forestiers;
- il organise et contrôle le mode de gestion du fond cynégétique;
- il suit l'évolution de l'état du fond forestier national.

L'Inspectorat Forestier d'Etat est une division du ministère qui s'occupe directement de la gestion des forêts en centralisant les informations reçues des 16 inspectorats territoriaux de régime forestier et cynégétique.

5. LE DÉVELOPPEMENT DURABLE

La définition du développement durable (WCED, 1987; KISS & DOUMBE-BILLE, 1993; CORCELLE, 1993; CI RIO, 1995) met essentiellement l'accent sur la voie assurant le progrès économique, politique et social, de manière équitable pour chaque nation et groupe de population, sans toutefois compromettre les besoins des générations suivantes. Il s'agit d'assurer une haute qualité de vie humaine à travers des codes culturels liant une triple compatibilité: économique et financière, sociale et politique, biologique et écologique insérée dans la logique générale du fonctionnement et des propriétés de la planète Terre. Cela correspond en fait en un management éthique du management technico-économique. De l'existence actuelle d'un éventail de variabilité culturelle résulte la possibilité de concevoir plusieurs types de développement durable (projets de société) s'enracinant dans les enveloppes physiques, chimiques et biologiques de viabilité planétaire, régionale et locale (GREPPIN, 1971, 1978, 1988, 1993; GREPPIN *et al.*, 1998, 2000).

Ce fondement primaire aux choix culturels correspond aux paramètres suivants: énergie, température, surface, eau douce, biomasse, nourriture, photosynthèse, cycles bio-

géochimiques et capacité de charge, biodiversité. Des logiques sous-jacentes à ces facteurs résultent, pour l'activité propre aux civilisations humaines, un hyperespace de contraintes, enveloppes obligeant, à long terme, à entrer dans un équilibre dynamique stable, tant pour la démographie globale que sur la production de chaleur hors de l'équilibre planétaire naturel; les autres aspects pouvant trouver une solution technico-économique et culturelle.

A. DÉMOGRAPHIE

La démographie, toute chose étant égale par ailleurs, est un important facteur d'impact et d'interaction avec l'environnement naturel ou transformé par l'activité humaine. La campagne est moins peuplée que l'ensemble des villes et la distribution varie de district à district (densité; cf. Fig. 6). Le tableau 3 permet de situer la Roumanie par rapport à d'autres pays. Le peuplement de celle-ci, étendu à l'ensemble du monde correspondrait à une population de 14 milliards d'habitant(e)s, la plupart des pays de l'Europe étant relativement très peuplés, contrairement aux USA et la Russie. Cette quantité est dans les limites probables, avant l'équilibre dynamique planétaire, entre 10 et 30 milliards de personnes (GREPPIN, 1993; GREPPIN *et al.*, 2000). La transition actuelle vers un régime politique et économique différents et les difficultés inhérentes à une telle situation, font que la population va encore diminuer, avant de se stabiliser, ménageant ainsi un important potentiel démographique pour un développement futur renouvelable.

B. ÉNERGIE, CO₂, O₂

Une corrélation positive (cf. Tabs. 4 et 5, Fig. 7), existe entre la consommation d'énergie et d'oxygène per capita et la valeur du PNB/H (GREPPIN *et al.*, 2000). La Roumanie, dont le sous-sol en mer Noire recèle d'importantes réserves en pétrole et gaz, importe la majeure partie de son carburant (70%). Le taux d'amplification du PNB par rapport à l'énergie (\$/GJ/H/an) est faible, de même que la consommation d'électricité (industrialisation). Dans l'hypothèse d'un traitement équitable des nations (Conférence de Rio) et d'une réduction de moitié environ de la production de CO₂ issu des carburants, il est possible de répartir le potentiel énergétique à disposition (renouvelable, non-renouvelable à effet de serre, non-renouvelable mais quasiment illimité à effet thermique). On constate (Tab. 4) qu'il y a suffisamment d'énergie à disposition, pour autant que la part du renouvelable devienne majoritaire.

L'extension à l'ensemble du monde (Tab. 5) des émissions locales en CO₂ illustre à l'évidence la nécessité de réduire la consommation des carburants fossiles, puisque le niveau des USA ou de certains états du Golfe mènerait à quintupler, voir décupler la concentration actuelle dans l'atmosphère. Un équilibre à 30% du monde actuel demanderait une réorientation importante de la politique énergétique. Le changement climatique en devenir forcera d'entrer dans cette voie. L'adaptation, suite à des accords internationaux, se complique non seulement par le fait que la contribution à la pollution en CO₂ de chaque État est différente, tant en quantité absolue que per capita, mais aussi par le fait

que l'effet global sur le climat de l'ensemble des nations (situation géographique) est différent, de même que la capacité de celles-ci à s'adapter.

Si la concentration atmosphérique en CO_2 augmente régulièrement, celle en oxygène diminue de manière imperceptible en raison de la masse énorme du pool. La respiration humaine (0,3 t/H/an, au repos; 5 t/H/an pour des activités intenses. Valeur choisie: 1,5 t/H/an) est compensée écologiquement par l'oxygène photosynthétique, résidu produit lors de la synthèse des aliments. Une part non-négligeable de la production photosynthétique terrestre en oxygène est consommée pour oxyder les carburants et donc soustraite au potentiel écologique pour les hétérotrophes qui ont tendance à être éliminés par l'activité humaine. Beaucoup de pays sont déficitaires dans l'équilibre photosynthèse - respiration et sont donc importateurs de ce gaz, situation qui ne pourrait être étendue à l'ensemble de la planète, la consommation totale devenant plus grande que la production globale annuelle (Tab. 6, Fig. 8). Même une prise, dans chaque pays, de 30% de la photosynthèse locale, serait dans beaucoup de cas insuffisante pour empêcher d'être déficitaire, en raison de la forte consommation pour la combustion des énergies fossiles. Le pool atmosphérique en CO_2 étant beaucoup plus faible (~ 500 fois plus faible) que celui en O_2 , et en raison de l'augmentation significative de l'effet de serre (élévation de la température du globe de $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$, durant le 20^e siècle), on comprend mieux l'urgence d'une action concertée, si l'on veut encore entrer rapidement dans un développement réellement durable: ceci concerne aussi bien les pays développés que les autres.

C. NOURRITURE

L'agriculture roumaine (Tab. 7, Fig. 9), longtemps négligée au profit de l'industrie, est très variée (céréales, légumes, cultures industrielles, vignobles), mais avec des rendements parmi les plus bas d'Europe. La production énergétique en ce domaine de même que l'apport calorique journalier étaient suffisants ($5,4 \cdot 10^3$ kcal/J/H; $2,9 \cdot 10^3$ kcal/J/H). Avec la décroissance de la population et les difficultés économiques (forte inflation, haut niveau d'endettement, faible investissement, etc.), ce secteur est en décroissance, tant pour la production de nourriture végétale qu'animale, alors même que le potentiel agricole est énorme; au vu de l'importance de la qualité des surfaces à disposition, des capacités modernes de production et de rendement, une population 2 à 3 fois plus nombreuse pourrait être nourrie normalement.

D. BIOMASSE. EAU DOUCE

La masse végétale sèche dépend de nombreux facteurs: surface, nature du sol, régime des pluies, température, énergie solaire, la disponibilité en eau exerçant un contrôle des plus importants avec celui de la pression humaine. Cette dernière est responsable de la disparition d'environ 40% de la biomasse végétale qui existerait en son absence sur la planète. Le tableau 8 présente une estimation de la relation entre la Roumanie et d'autres pays avec la biosphère végétale locale, mesurant ainsi l'impact global sur l'environnement, la Russie étant privilégiée dans cette optique. La production primaire définit les poten-

tialités d'investissement vers les hétérotrophes, de même que la quantité annuelle d'oxygène à disposition pour la respiration autochtone. Ne pouvant pas tout utiliser ce flux à des fins humaines, une part devant être réservée pour les animaux, champignons, protozoaires et bactéries, nécessaires au fonctionnement et au recyclage de l'écosphère, il en résulte une limitation démographique absolue pour l'espèce humaine.

La quantité d'eau douce terrestre est aussi limitée et le tableau 9 et la figure 10 montrent l'importance de cet emploi par rapport au flux de surface. La Roumanie utilisant, comme la Bulgarie, beaucoup d'eau pour une agriculture à faible rendement. L'estimation de la production primaire par deux approches différentes (Tabs. 8 et 9; atlas des formations végétales; atlas de la pluie) donne une image de l'imprécision introduite.

E. VIABILITÉ - SOUTENABILITÉ

La plupart des paramètres présentés jusqu'ici sont tributaires des propriétés et du fonctionnement de la planète et de la biosphère; ils déterminent des enveloppes physiques, chimiques et biologiques hors desquelles il n'y a pas viabilité de la présence et de l'entreprise humaine, enveloppes dans lesquelles, bon gré mal gré, les nations devront s'intégrer de manière coopérative afin d'assurer le maximum de liberté individuelle et de diversité culturelle; la viabilité étant assurée, diverses soutenabilités sont possibles, tributaires du génie et de la spécificité humaine. Or actuellement, étant donnée la marge existant encore, par rapport aux enveloppes de contraintes, peu est fait dans la connexion de l'économie mondiale et locale avec la logique planétaire et écologique (internalisation des externalités). Le tableau 10 offre quelques indicateurs du développement humain. L'espérance de vie des populations a augmenté au cours du temps et aussi en fonction du PNB ou PIB. Toutefois, depuis un certain temps, dans les pays développés, on observe une tendance asymptotique, alors que le produit national continue d'augmenter; la viabilité de la population ayant été maximisée puisque la durée de vie n'augmente plus, diverses soutenabilités et cultures peuvent s'exprimer par une utilisation différente du surplus économique dégagé, hors du point de rencontre entre la viabilité et la croissance du produit national.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les responsables du NCCR-Climat, dont le Professeur Alain Haurie à Genève. Ce programme de recherche soutiendra la continuation de nos travaux à l'interface Biosphère - Energie - Société. Les auteurs remercient également la Société Académique et la S.P.H.N. de leur support financier pour la publication du manuscrit.

TABLEAU III.

Conditions de l'équilibre dynamique démographique (Monde: 10 milliards à 30 milliards d'habitants), Surface SU: $1.49 \cdot 10^8 \text{ km}^2$.
Population: données 1995. En fait 25 à 30% de la surface n'est pas utilisable (déserts chauds ou froids, altitude).

Pays	Population $10^9 \text{ H}^{(1)}$	Surface $10^6 \text{ km}^2^{(1)}$	% SU	Densité $\text{H}/\text{km}^2^{(1)}$	Monde au niveau de chaque pays	$10 \cdot 10^9 \text{ H}$	Limite $30 \cdot 10^9 \text{ H}$
Chine	1.221	9.596	6.4	127.2	$1.8 \cdot 10^{10}$	0.64	1.92
USA	0.263	9.373	6.3	28.0	$4.1 \cdot 10^9$	0.63	1.89
Russie	0.147	17.075	11.4	8.6	$1.2 \cdot 10^9$	1.14	3.42
Japon	0.125	0.372	0.25	336.0	$5 \cdot 10^{10}$	0.025	0.075
Allemagne	0.081	0.356	0.23	226.8	$3.3 \cdot 10^{10}$	0.02	0.071
France	0.057	0.549	0.36	103.8	$1.5 \cdot 10^{10}$	0.036	0.11
Italie	0.057	0.301	0.20	189.3	$2.8 \cdot 10^{10}$	0.036	0.11
Ukraine	0.055	0.603	0.40	84.5	$1.2 \cdot 10^{10}$	0.04	0.12
Roumanie	0.022	0.238	0.15	95.7	$1.4 \cdot 10^{10}$	0.015	0.047
Bulgarie	0.008	0.110	0.07	79.06	$1.17 \cdot 10^{10}$	0.007	0.02
Suisse	0.007	0.041	0.003	170.7	$2.5 \cdot 10^{10}$	0.003	0.009
Monde	$5.737 \cdot 10^9$	$1.49 \cdot 10^8$	100	38.5		(67.1 H/km²)	(201.3 H/km²)

⁽¹⁾ W.R.I., U.N.E.P., U.N.D.P., WORLD BANK. 1998-1999. *World Resources, a guide to the global environment*. Oxford Univ. Press, New York.

TABLEAU IV.

Équilibre dynamique thermique (réduction 50% des carburants). Nature et répartition par pays de la production (Prod.) et consommation (Cons.) d'énergie (En.) renouvelable, fossile, nucléaire (fusion): au prorata des surfaces pour une population stationnaire (10^{10} - 30^{10} H).

<i>Espace</i>	<i>P.N.B. \$ 10¹²</i>	<i>P.N.B./H/an \$ 10⁴</i>	<i>Prod. En. 10²⁰ GJ/H</i>	<i>Prod. En. 10²⁰ GJ/H</i>	<i>Cons. En. 10²⁰ J/an</i>	<i>Cons. En. GJ/H</i>	<i>Cons. \$/GJ/H/an</i>	<i>Cons. En. électrique GJ/H</i>	<i>En ren. J/an</i>	<i>Equilibre dynamique thermique En. effet serre J/an</i>	<i>Nucléaire fusion (effet thermique) J/an</i>
Monde	23.1	0.402	3.5	61	3.5	61	68.1	7.2144	2.5 10²³	1.7 10²⁰	1.2 10²¹
Chine	0.510	0.042	0.38	31	0.29	25	16.8	2.3796	1.60 10 ²²	1.08 10 ¹⁹	7.68 10 ¹⁹
USA	6.245	2.423	0.69	262	0.82	317	76.4	41.3568	1.57 10 ²²	1.07 10 ¹⁹	7.56 10 ¹⁹
Russie	0.330	0.220	0.54	367	0.38	203	10.8	15.0264	2.85 10 ²²	1.93 10 ¹⁹	1.35 10 ²⁰
Japon	4.196	3.364	0.031	25	0.18	141	238.5	24.9732	6.25 10 ²⁰	4.25 10 ¹⁷	3.00 10 ¹⁸
Allemagne	2.038	2.510	0.062	77	0.14	170	147.6	19.8972	6.00 10 ²⁰	4.08 10 ¹⁷	2.88 10 ¹⁸
France	1.254	2.174	0.043	75	0.098	159	136.7	21.3192	9.25 10 ²⁰	6.29 10 ¹⁷	4.44 10 ¹⁸
Italie	0.997	1.760	0.011	19	0.066	118	149.1	14.994	5.25 10 ²⁰	3.57 10 ¹⁷	2.52 10 ¹⁸
Ukraine	0.082	0.156	0.048	87	0.10	156	10.0	10.026	1.00 10 ²¹	6.80 10 ¹⁷	4.80 10 ¹⁸
Roumanie	0.031	0.141	0.0080	36	0.027	121	11.7	5.7708	3.75 10 ²⁰	2.55 10 ¹⁷	1.80 10 ¹⁸
Bulgarie	0.013	0.145	0.0035	44	0.009	112	12.9	12.294	3.00 10 ²⁰	2.00 10 ¹⁷	1.40 10 ¹⁸
Suisse	0.233	3.340	0.0033	47	0.010	139	240.2	24.8976	7.50 10 ²⁰	5.10 10 ¹⁶	3.60 10 ¹⁷

(²) P.N.U.D. 1999. *Rapport mondial sur le développement humain*. Economica, Paris.

TABLEAU V.

Émission de CO₂ par l'emploi des carburants, en majorité fossiles. Extension théorique à l'ensemble du monde du taux d'émission de chaque pays considéré. Consommation (Cons.) O₂ (respiration et carburants – valeur totale et pourcentage).

Pays	Emission CO ₂ Carburants 10 ¹⁰ t CO ₂ /an (2)	t CO ₂ /H/an (*)	Monde au niveau de chaque pays t CO ₂ /an	Equilibre à -30% du monde (2.807 t CO ₂ /H/an) % (*)	Carburant 10 ¹⁰ t O ₂ /an	Respiration 10 ¹⁰ t O ₂ /an	Cons. tot. O ₂ t O ₂ /H/an	% carburant sur cons. totale
Chine	0.31977	2.62	1.50 10 ¹⁰	+7.2	0.3645	0.1831	4.48	66.56
USA	0.5219	19.84	1.13 10 ¹¹	-85.85	0.5949	0.0394	24.12	93.79
Russie	0.1819	12.4	7.9 10 ¹⁰	-77.31	0.2073	0.0205	15.49	91.00
Japon	0.1164	9.31	5.30 10 ¹⁰	-69.85	0.1327	0.0187	12.11	87.65
Allemagne	0.0859	10.6	6.00 10 ¹⁰	-73.52	0.0979	0.0121	13.58	89.00
France	0.0360	6.31	3.50 10 ¹⁰	-55.55	0.0410	0.0085	8.68	82.83
Italie	0.0425	7.45	4.20 10 ¹⁰	-62.34	0.0484	0.0085	9.98	85.06
Ukraine	0.0438	7.96	4.80 10 ¹⁰	-64.74	0.0499	0.0082	10.56	85.88
Roumanie	0.0131	5.95	3.33 10 ¹⁰	-52.85	0.0149	0.0033	8.27	81.87
Bulgarie	0.0054	6.75	3.44 10 ¹⁰	-58.41	0.0061	0.0012	9.12	83.56
Suisse	0.0049	7.01	3.30 10 ¹⁰	-59.89	0.0056	0.0010	9.43	84.85
Monde	2.301	4.01		-30%	2.623	0.8605	6	75.29

(2) P.N.U.D. 1999. *Rapport mondial sur le développement humain*. Economica, Paris.

(*) Equilibre à -30% du monde calculé à partir de la quantité d'émission de CO₂ en t/H/an (correspondant à un taux moyen de 2.807 t CO₂/H/an au niveau mondial).

TABLEAU VI.

Consommation totale (Cons. tot.) d'oxygène (t/an et t/H/an). Estimation de la photosynthèse. Valeur de la consommation de 30% de la photosynthèse locale et calcul de la marge restante.

Pays	Population 10^9 H (¹)	Cons. tot. O_2 10^{10} t/an	Cons. tot. O_2 t O_2 /H/an (*)	Photosynthèse 10^{10} t O_2 /an	Photosynthèse (estimation) t O_2 /H/an	Cons. 30% photosynthèse t O_2 /H/an	Marge positive ou négative t O_2 /H/an (*)
Monde	5.737	3.4422	6.0	19.6	34.1	10.23	+4.23
Chine	1.221	0.5470	4.48	0.85	6.9	2.07	-2.41
USA	0.263	0.6343	24.12	0.98	37.2	11.16	-12.96
Russie	0.147	0.2277	15.49	1.37	93.2	27.96	+12.47
Japon	0.125	0.1513	12.11	0.077	6.1	1.83	-10.28
Allemagne	0.081	0.1099	13.58	0.045	5.5	1.65	-11.93
France	0.057	0.0494	8.68	0.077	13.5	4.05	-4.63
Italie	0.057	0.0568	9.98	0.041	7.2	2.16	-7.82
Ukraine	0.055	0.0580	10.56	0.062	11.2	3.36	-7.20
Roumanie	0.022	0.0182	8.27	0.022	10.0	3.00	-5.27
Bulgarie	0.008	0.0073	9.12	0.013	16.2	4.86	-4.26
Suisse	0.007	0.0066	9.43	0.0054	7.7	2.31	-7.12

(¹) W.R.I., U.N.E.P., U.N.D.P., WORLD BANK. 1998-1999. *World Resources, a guide to the global environment*. Oxford Univ. Press, New York.

(*) Marge restante (positive ou négative) de la consommation du 30% de la photosynthèse par rapport à la consommation totale d' O_2

TABLEAU VII.

Occupation du territoire: surface cultivée (cult.) et forestière (% S.u. et m²/H). Production (Prod.) (t/an ; kcal/j/H) et rendement (t/km²) en équivalents (eq.) céréales. Monde: surface habitable ~ 75% S.u. = 1.12 10⁸ km²; densité = 51.2 H/km²

Pays	S.u. 10 ⁶ km ² (¹)	Surface cult. % S.u. (¹)	Terre agricole m ² /H (¹)	Prod. eq. céréales 10 ⁸ t/an (³)	Rendement céréales t/km ² (³)	10 ³ kcal/J/H	Forêts % S.u. (¹)	Forêts m ² /H (¹)
Chine	9.596	10	785.9	4.36	448.2	3.326	14	1100.0
USA	9.373	21	7483.2	1.82	509.2	6.446	33	11760.6
Russie	17.075	8	9292.5	0.69	161.2	4.372	36	41816.3
Japon	0.372	13	386.4	0.39	558.8	2.906	66	1964.0
Allemagne	0.356	36	1581.4	0.36	558.8	4.140	30	1318.5
France	0.549	35	3370.1	0.28	651.7	4.576	24	2310.5
Italie	0.301	40	2112.2	0.27	473.9	4.413	22	1161.4
Ukraine	0.603	57	6249.0	0.23	295.8	3.910	16	1752.7
Roumanie	0.238	39	4151.7	0.13	276.2	5.389	27	2818.8
Bulgarie	0.110	39	4832.9	0.04	244.9	4.182	36	4523.1
Suisse	0.041	25	1457.1	0.028	611.2	3.726	28	1628.5
Monde	149	9.7	2523.0	18.15	279.1	2.946	23	5944

+ pâturages: 32.2% + pâturages: 8383 m²/H

(¹) W.R.I., U.N.E.P., U.N.D.P., WORLD BANK. 1998-1999. *World Resources, a guide to the global environment*. Oxford Univ. Press, New York.

(³) W.W.F. 1998. *Rapport, Planète Vivante*. Gland.

TABLEAU VIII.

Estimation de la biomasse végétale continentale (cont.) et production primaire. Pluie continentale potentielle. Pop.: population; m. s.: matière sèche.

Pays	Pop 10^9 H (¹)	Surface 10^6 km ² (¹)	Biomasse végétale cont. m.s. 10^{10} t	Biomasse t/H m.s. 10^9 t/an	Production primaire cont.	Production t/H/an	Pluie cont. 10^{12} t/an.	Pluie 10^3 t/H/an
Monde	5.737	149	270	367	1.63 10^{11}	28.4	110	19.2
Chine	1.221	9.596	12.6	103.0	7.1	5.8	6.8	5.6
USA	0.263	9.373	11.5	437.2	8.2	31.2	6.0	22.8
Russie	0.147	17.075	22.8	1550.0	11.4	77.5	9.5	64.6
Japon	0.125	0.372	2.1	168.0	0.64	5.1	0.8	6.4
Allemagne	0.081	0.356	1.1	136.5	0.38	4.7	0.4	4.9
France	0.057	0.549	0.6	105.2	0.64	11.2	0.5	8.8
Italie	0.057	0.301	0.4	70.1	0.34	5.9	0.3	5.5
Ukraine	0.055	0.603	0.7	127.2	0.52	9.4	0.6	10.9
Roumanie	0.022	0.238	0.2	90.9	0.18	8.2	0.098	4.5
Bulgarie	0.008	0.110	0.1	125.0	0.11	12.29	0.08	9.8
Suisse	0.007	0.041	0.05	71.4	0.045	5.7	0.06	8.6

(¹) W.R.I., U.N.E.P., U.N.D.P., WORLD BANK. 1998-1999. *World Resources, a guide to the global environment*. Oxford Univ. Press, New York.

TABLEAU IX.

Surface agricole (surf. cult.) et forestière (surf. forêts) par pays. Flux total d'eau (run-off) et utilisation agricole (% agr.), industrielle (% indus.) et totale. Estimation (Estim.) de la production (pot.) potentielle (pot.) de la biomasse végétale à partir du flux total d'eau (~700 t d'eau pour 1 t matière sèche). Pluie non comptée.

Pays	Pop. 10^9 H (¹)	Surface 10^6 km ² (¹)	Surf. cult. 10^6 km ² (¹)	Surf. forêts 10^6 km ² (¹)	Utilisation de l'eau (^{1,4}) 10^{12} t/an t/an/km ² (a)	Flux total d'eau (^{1,4}) 10^{12} t/an t/an/km ² (b)	a/b (%)	% agr. (^{1,4})	% indus. (^{1,4})	Estim. prod. primaire pot. 10^8 t/an	Estim. prod. primaire pot. 10^8 t/an				
Monde	5.737	149	14.475	34.1020	5.5	0.2479	644	41.0220	2.753	7176	9	2	6.10	586.03	10.21
Chine	1.221	9.596	0.9596	1.3434	0.50432	0.5255	413	2.8000	2.917	2292	18	15.6	1.30	40	3.27
USA	0.263	9.373	1.9681	3.0930	0.49226	0.5251	1870	2.4780	2.643	9478	19	7.60	8.70	35.4	13.46
Russie	0.147	17.075	1.3660	6.1470	0.11642	0.0681	792	4.9800	2.916	30599	3	0.50	1.50	71.14	48.39
Japon	0.125	0.372	0.0483	0.2455	0.09195	2.4717	735	0.5470	14.704	4373	17	8.50	5.60	7.81	6.24
Allemagne	0.081	0.356	0.1281	0.1068	0.04730	1.3286	580	0.1710	4.803	2096	28	5.40	20.0	2.44	3.01
France	0.057	0.549	0.1921	0.1317	0.03857	0.7025	665	0.1980	3.606	3415	19	2.80	13.1	2.82	4.94
Italie	0.057	0.301	0.1204	0.0662	0.05636	1.8724	986	0.1670	5.548	2920	34	19.0	8.90	2.38	4.17
Ukraine	0.055	0.603	0.3437	0.0964	0.03462	0.5741	674	0.2310	3.830	4496	15	4.50	8.10	3.3	6.00
Roumanie	0.022	0.238	0.0934	0.0634	0.02517	1.0558	1118	0.0360	1.512	1639	68	59.0	33.0	0.51	2.31
Bulgarie	0.008	0.110	0.0432	0.0404	0.01358	1.2244	1697	0.0205	1.863	2562	66	22.0	76.0	0.29	3.62
Suisse	0.007	0.041	0.0102	0.0114	0.00119	0.2804	160	0.0595	12.195	6943	2	0.09	1.70	0.85	12.14

(¹) W.R.I., U.N.E.P., U.N.D.P., WORLD BANK. 1998-1999. *World Resources, a guide to the global environment*. Oxford Univ. Press, New York.

(⁴) W.R.I., U.N.E.P., U.N.D.P., WORLD BANK. 1996-1997. *World Resources, a guide to the global environment*. Oxford Univ. Press, New York.

TABLEAU X.

Indicateurs du développement humain (Rapport mondial sur le développement humain, UNEP, 1999). Pop.: population. Ense.: Enseignement.
Taux d'alphabét. des adultes: Taux d'alphabétisation des adultes. Pop. urb.: population urbaine.

Pays	Pop. 10 ⁹ H 1995	Apport calorique Kcal/H	Protéine g/j/H	Espérance de vie à la naissance 1997	Médecins pour 10 ⁵ H 1993	Infirmiers pour 10 ⁵ H 1993	Ense. % du PNB	Ense. % dépense publ. des adultes %	Taux d'alphabét. des adultes %	IDH 1997	Rapport entre 20% les plus riches et 20% les plus pauvres	Pop. urb. 1997 % du total	Pop. urb. 2015 % du total
Monde	5.737	2751	73.5	66.7	122	241	4.8	12.7	78	0.708		46.1	54.4
Chine	1.221	2844	76	69.8	115	88	2.3	11.9	82.9	0.701	7.1	31.9	45.9
USA	0.263	3642	111.4	76.7	245	878	5.4	14.4	99	0.927	8.9	76.6	81.0
Russie	0.147	2704	85.9	66.6	380	659	4.1	9.6	99	0.747	14.5	76.6	82.0
Japon	0.125	2905	96.7	80	177	641	3.6	9.9	99	0.924	4.3	78.4	82.0
Allemagne	0.081	3330	95.1	77.2	319		4.8	9.5	88	0.906	5.8	81.2	86.9
France	0.057	3551	114.5	78.1	280	392	6.1	11.1	92	0.918	7.5	73	75
Italie	0.057	3504	109.2	78.2			4.7	9.0	82	0.900	8.8	65.6	66.7
Ukraine	0.055	2753	80.3	68.8	429	1211	7.2		99	0.721	3.7	71.1	78.0
Roumanie	0.022	2943	91.1	69.9	176	430	3.6	10.5	97.8	0.752	3.8	56.8	65.4
Bulgarie	0.008	2756	81.0	71.1	333	652	3.3	7.0	98.2	0.758	4.7	69.0	75.4
Suisse	0.007	3280	88.5	78.6	301		5.3	14.7	79	0.914	8.6	55.7	61.6

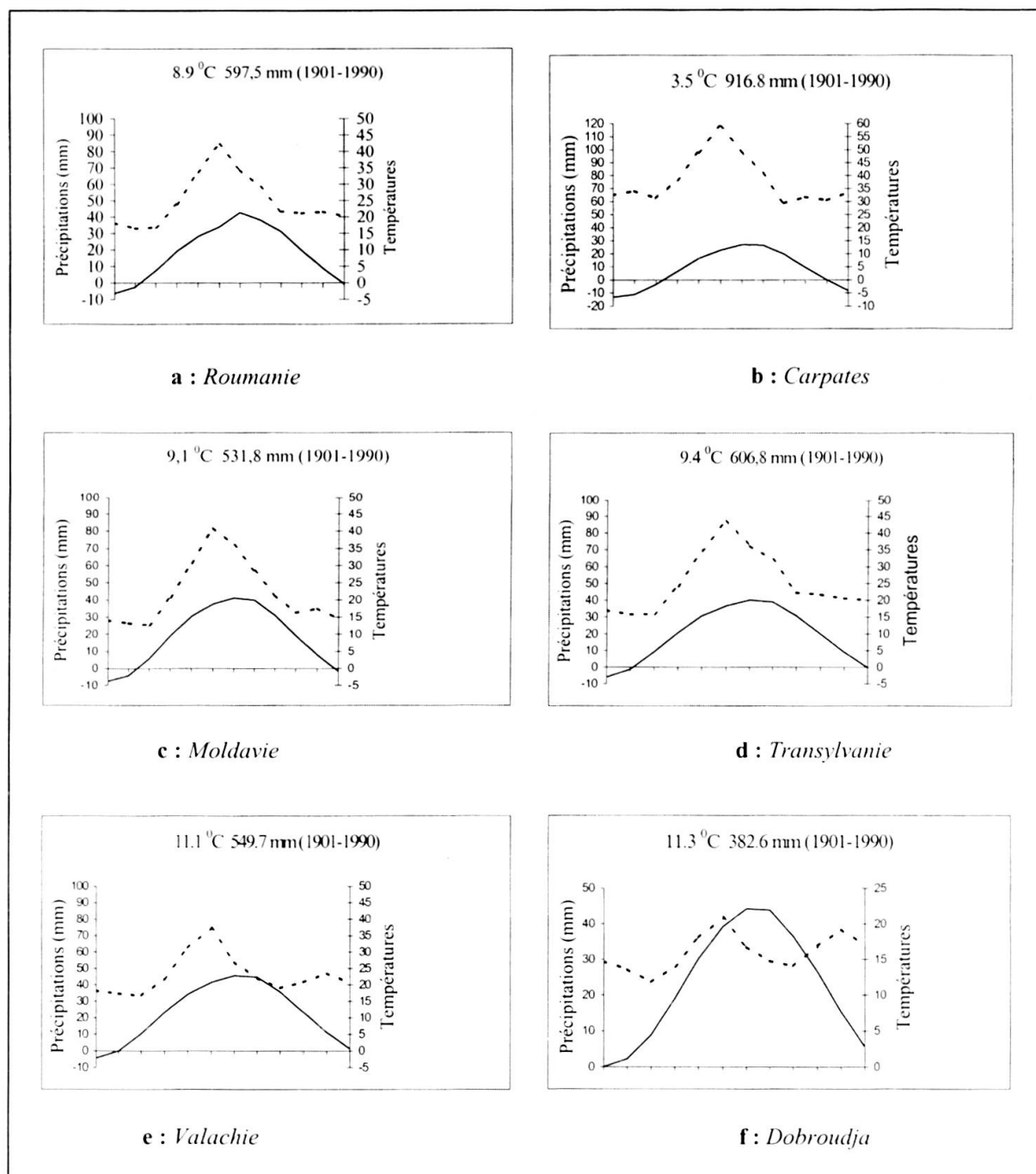


FIG. 1 a-f.

Roumanie - diagrammes ombrothermiques (Source des données: INSSE, 2001). Les moyennes des précipitations et températures annuelles sont indiquées au-dessus des figures. En abscisse, les mois de l'année à partir de janvier. En trait plein: température; pointillé: précipitations.

Types d'utilisation des sols

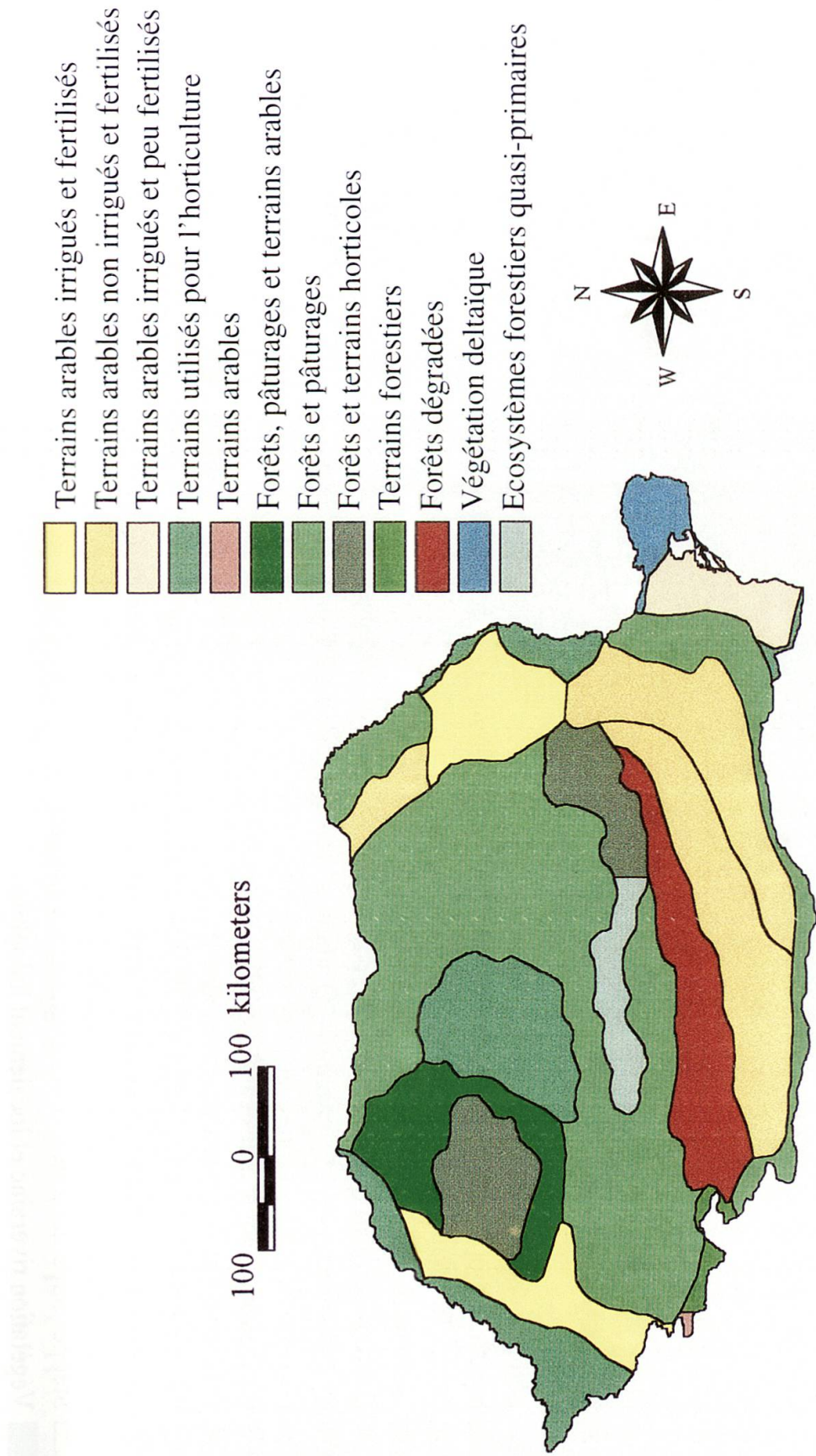


FIG. 2.
Carte des types d'occupation des sols (ArcAtlas Our Earth for ADOL, <http://www.esri.com>).

Principales associations végétales

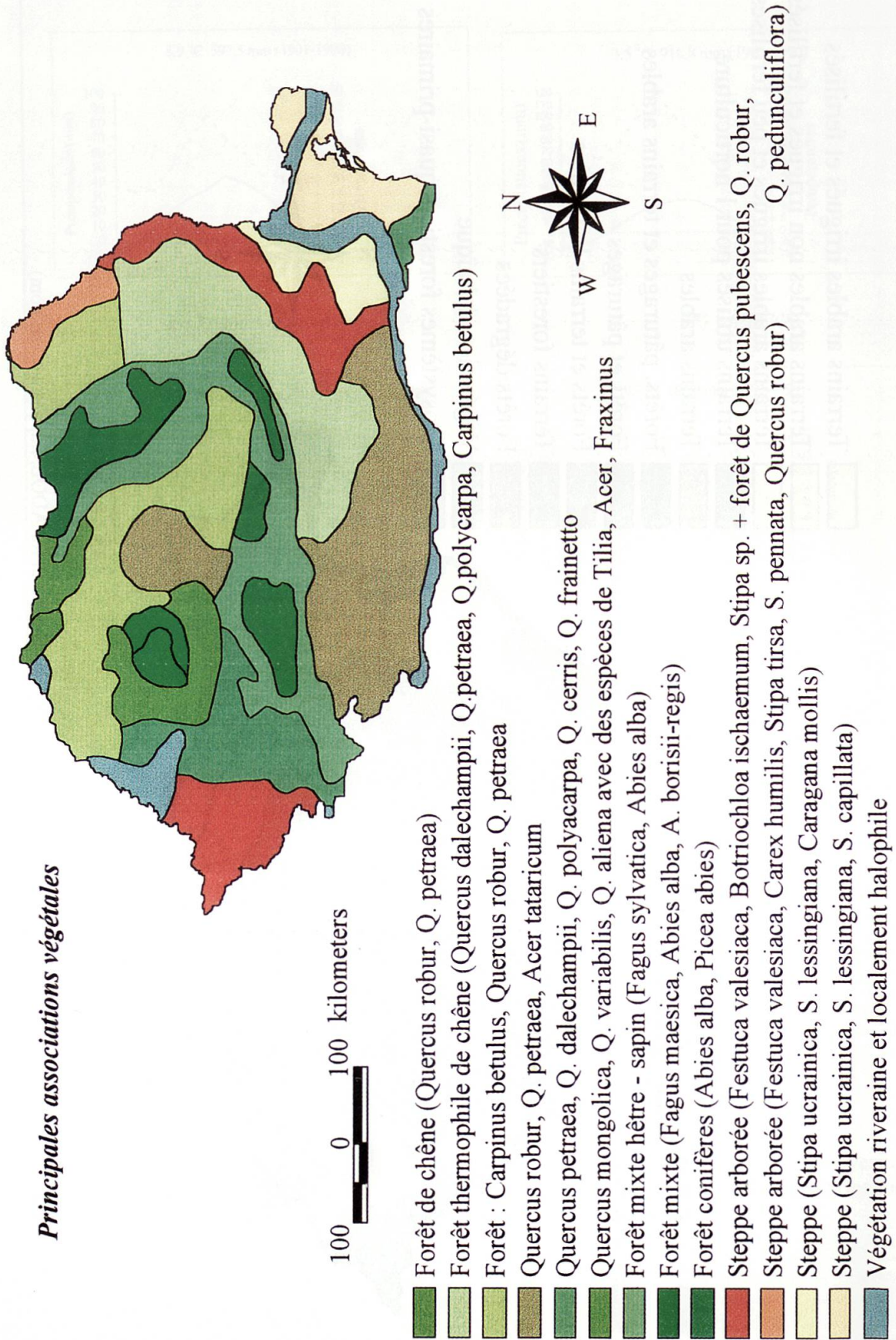


FIG. 3: Carte de la végétation (ArcAtlas Our Earth for ADOL, <http://www.esri.com>).

Ressources forestières

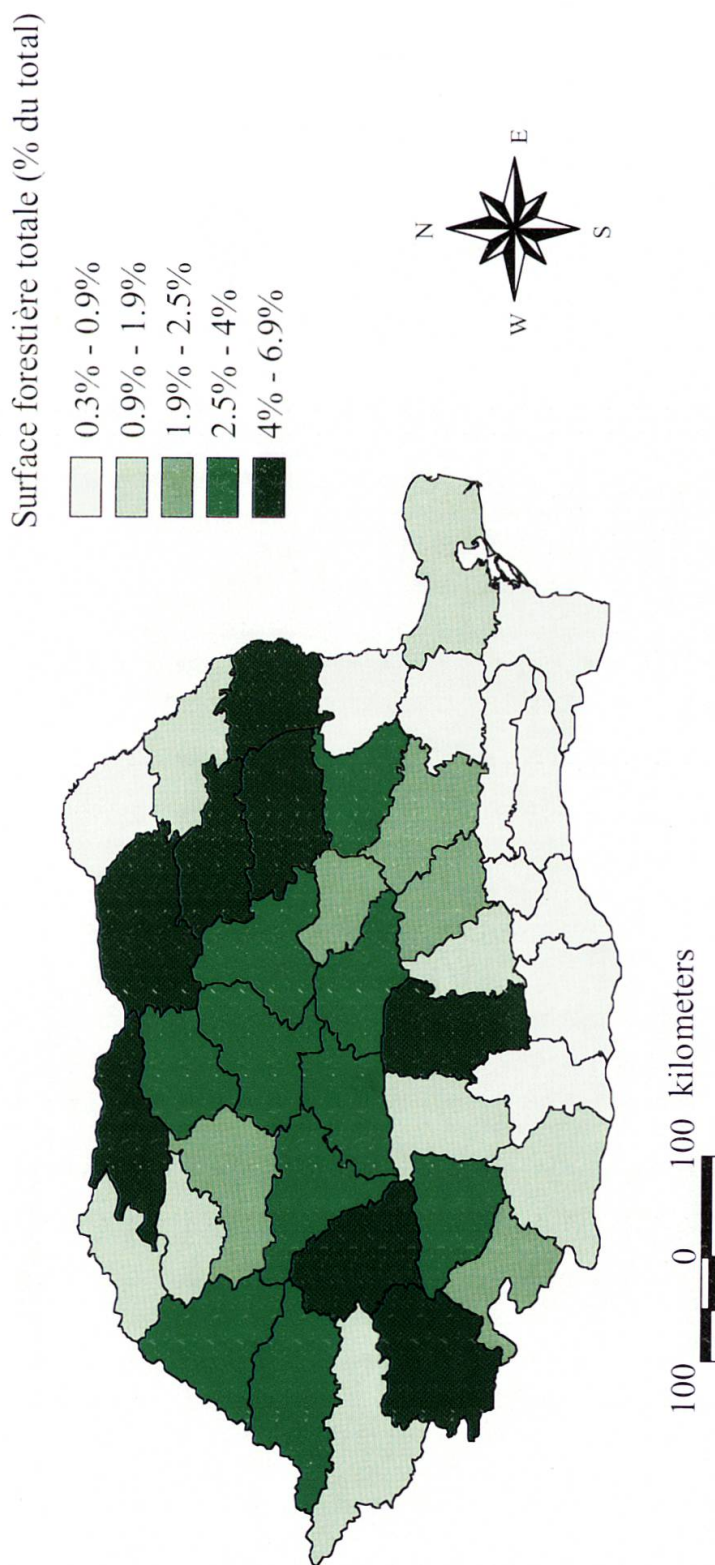


FIG. 4.
Surface forestière totale (INSSE, 2001).

Densité de la population en Roumanie (données 1999)

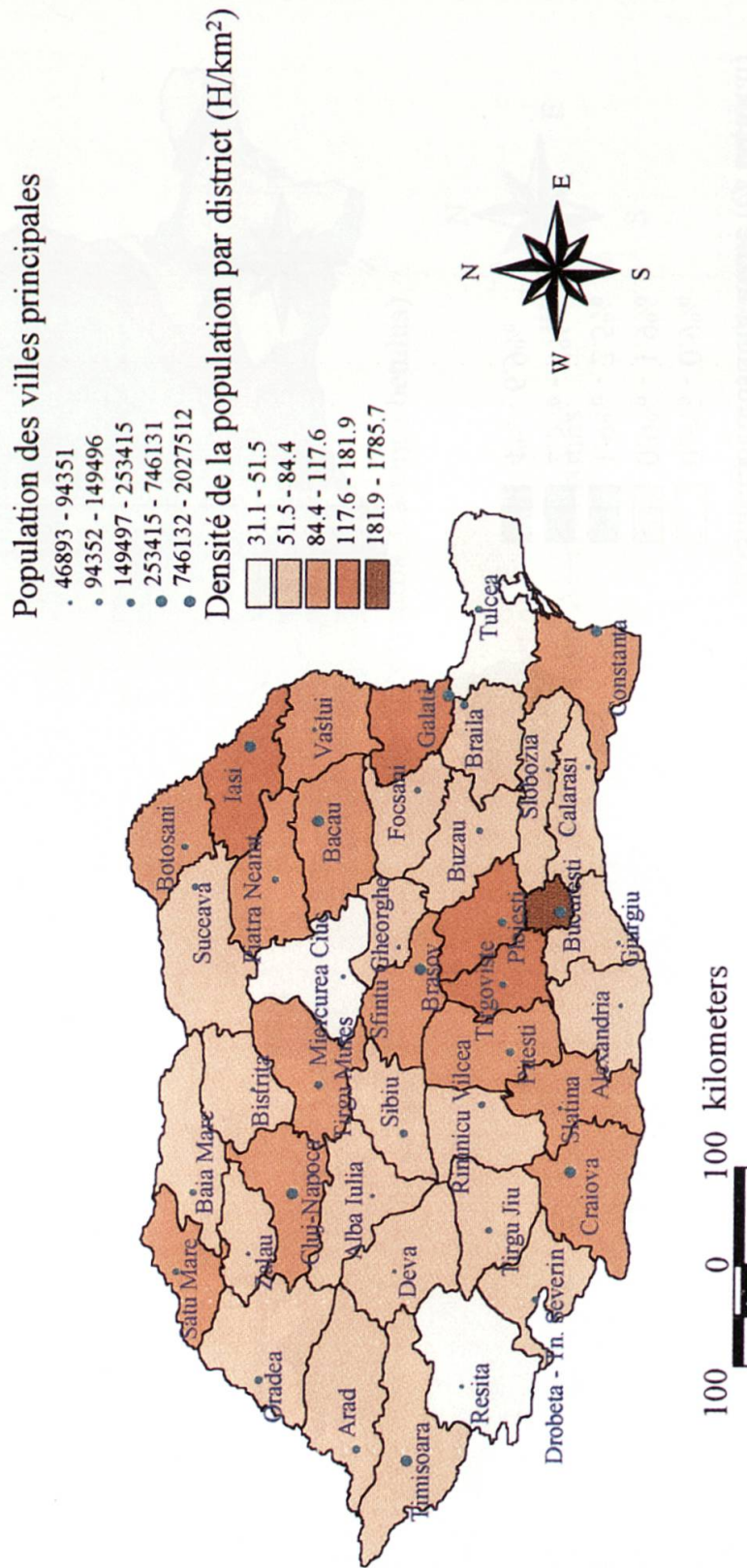


Fig. 6. Carte de la population (INSSE, 2001).

Consommation totale O₂ - PNB

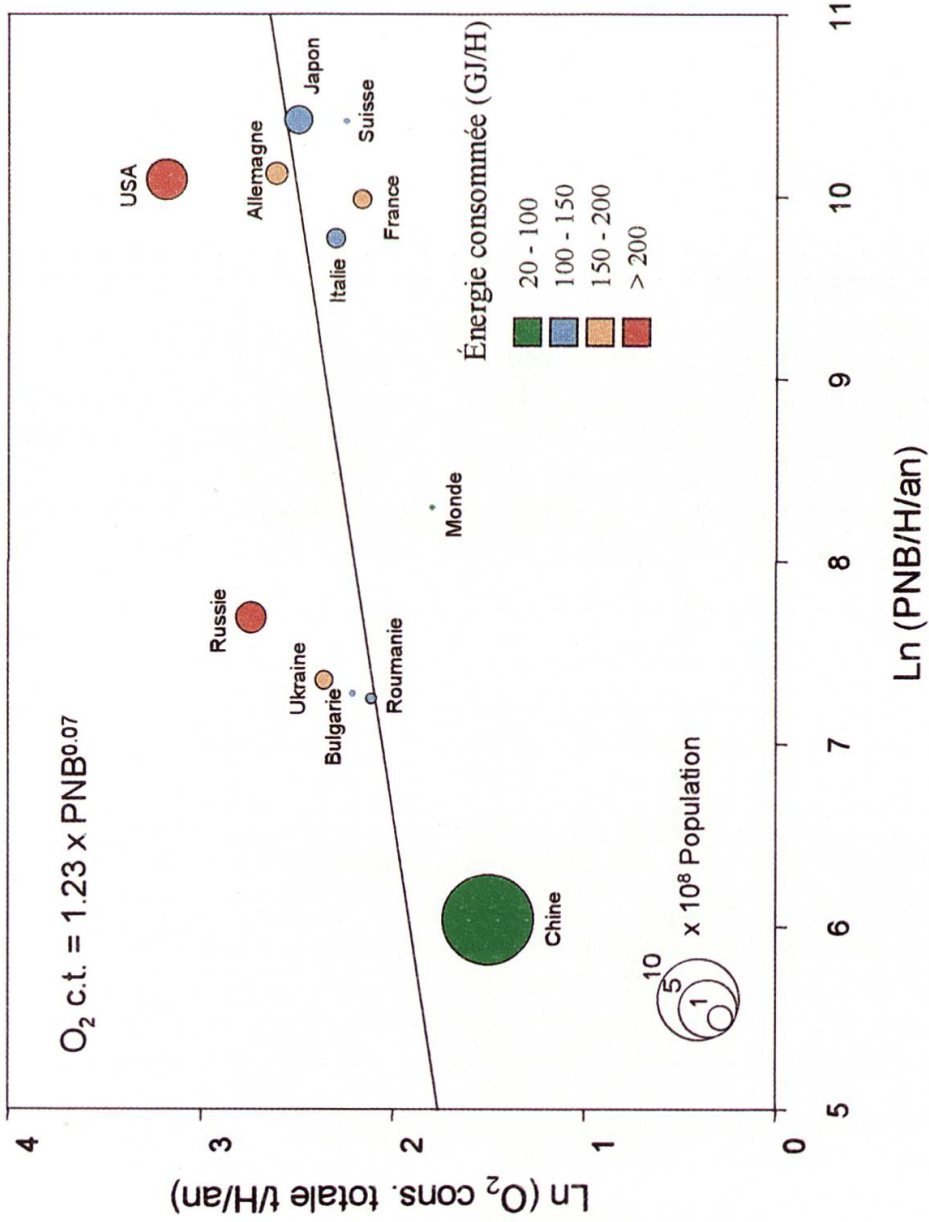


FIG. 7.

Corrélation entre le PNB/H/an (log. naturel) et la consommation totale d'oxygène (carburants + respiration). Couleurs: énergie consommée.

O₂ Photosynthèse - O₂ Consommation totale

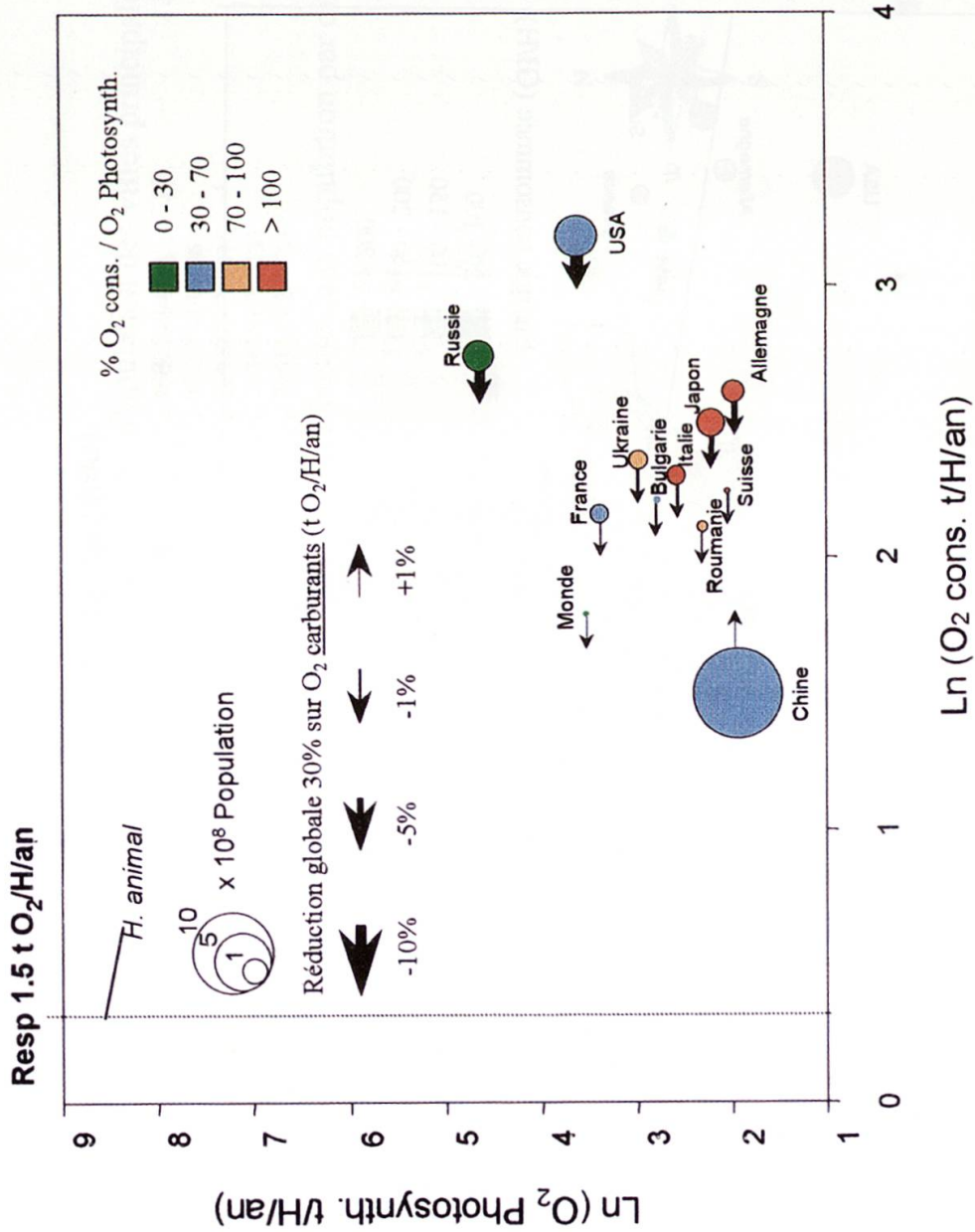


FIG. 8: Corrélation entre la consommation totale d'oxygène et la production photosynthétique locale. Couleurs: % de la consommation de l'oxygène photosynthétique. Flèches: déplacement de la consommation d'oxygène par l'emploi des carburants fossiles pour aboutir à une réduction globale de 30%. Homme animal (70 kg; 1.5 t O₂/H/an; respiration) (Tables scientifiques, Ciba-Geigy, 1972).

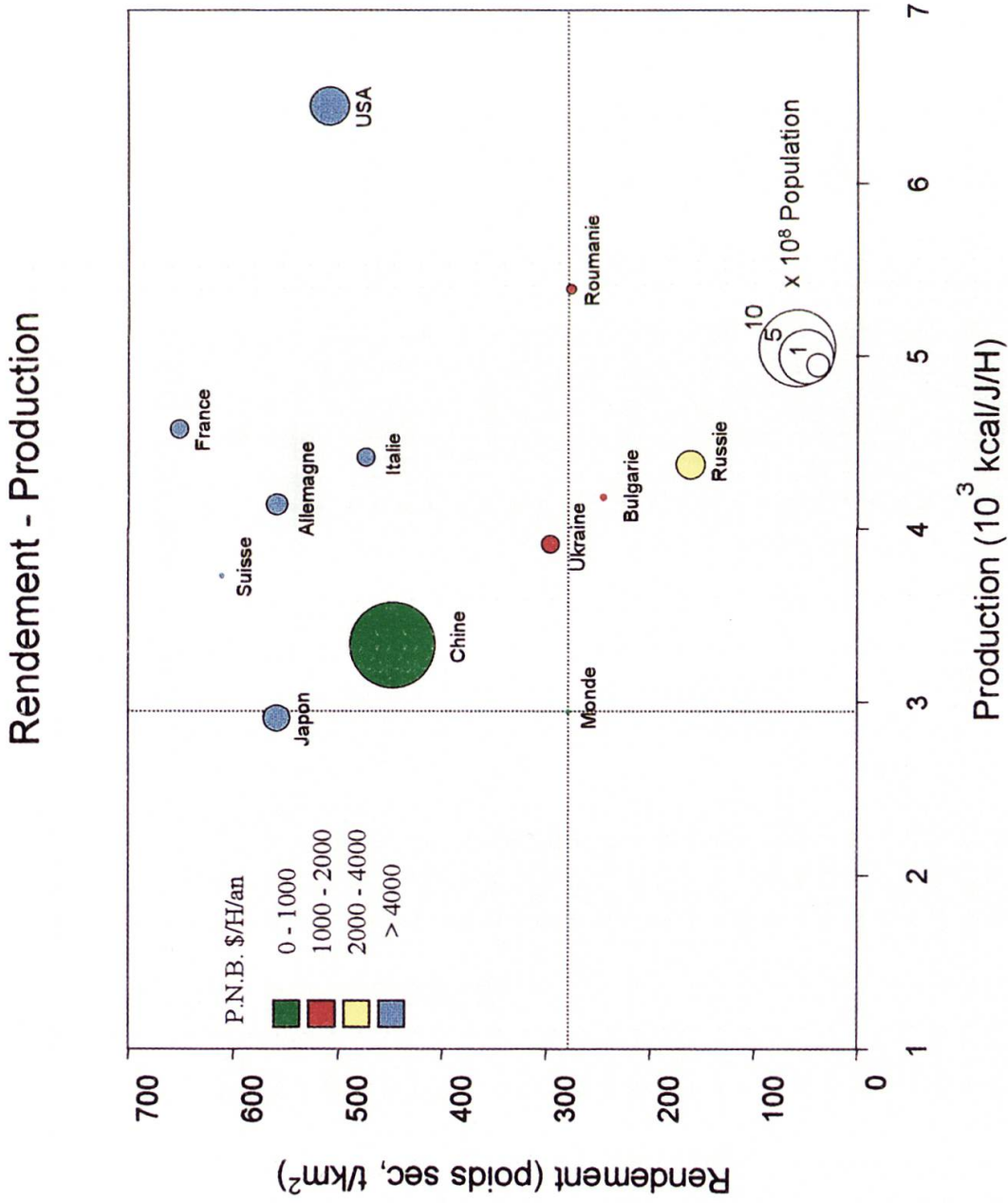


FIG. 9.

Corrélation entre le rendement agricole (t matière sèche/km²) et la production à disposition (kcal/J/H). Couleurs: P.N.B./H/an (WWF, 1998; W.R.I., U.N.E.P., U.N.D.P., W.B., 1996-97, 1998-99).

Eau cons. - eau courante

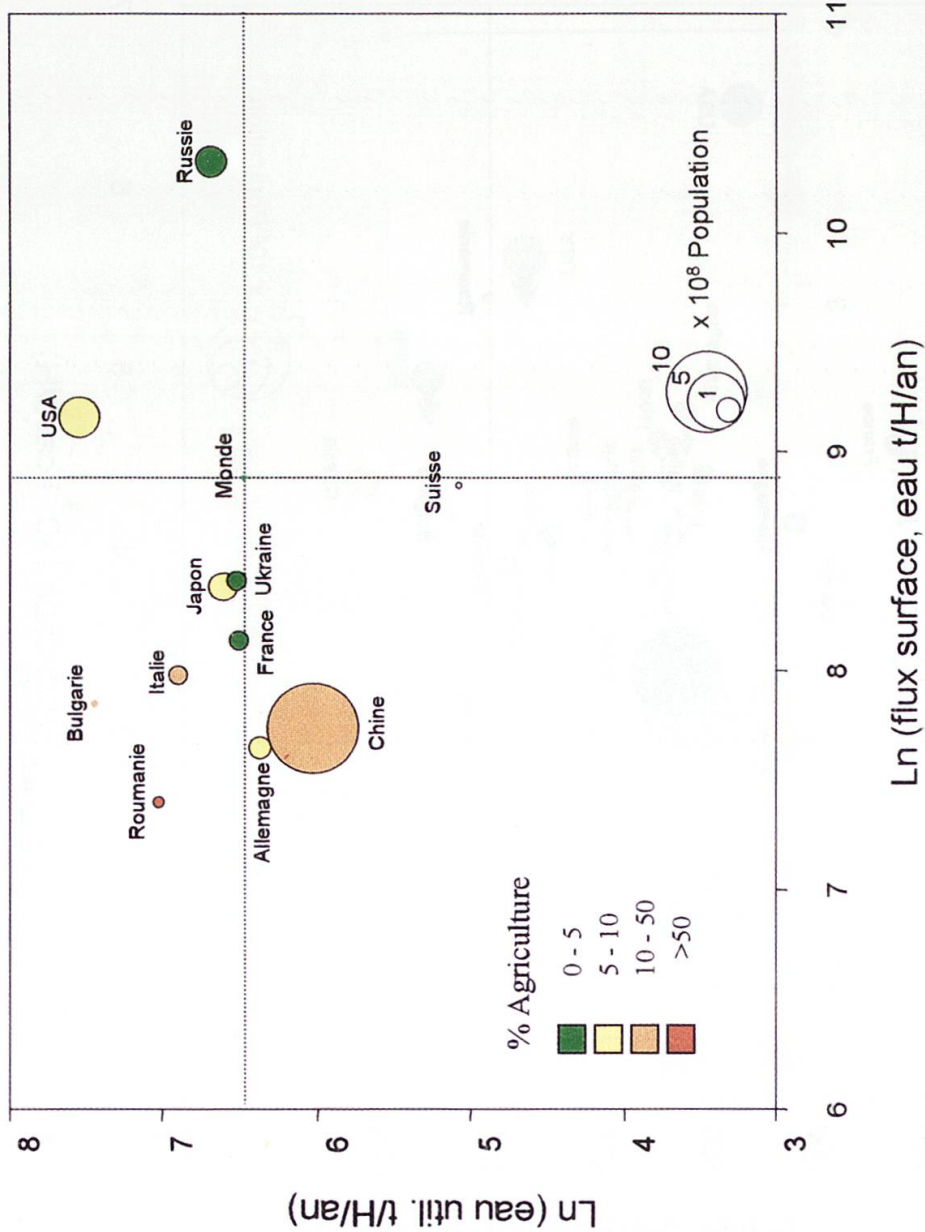


FIG. 10.

Corrélation entre la consommation d'eau (log. naturel) et le run-off (Ln t/H/an). Couleurs: % d'utilisation par l'agriculture (W.R.I., U.N.E.P., U.N.D.P., W.B., 1996-97, 1998-99; P.N.U.D., 1999).

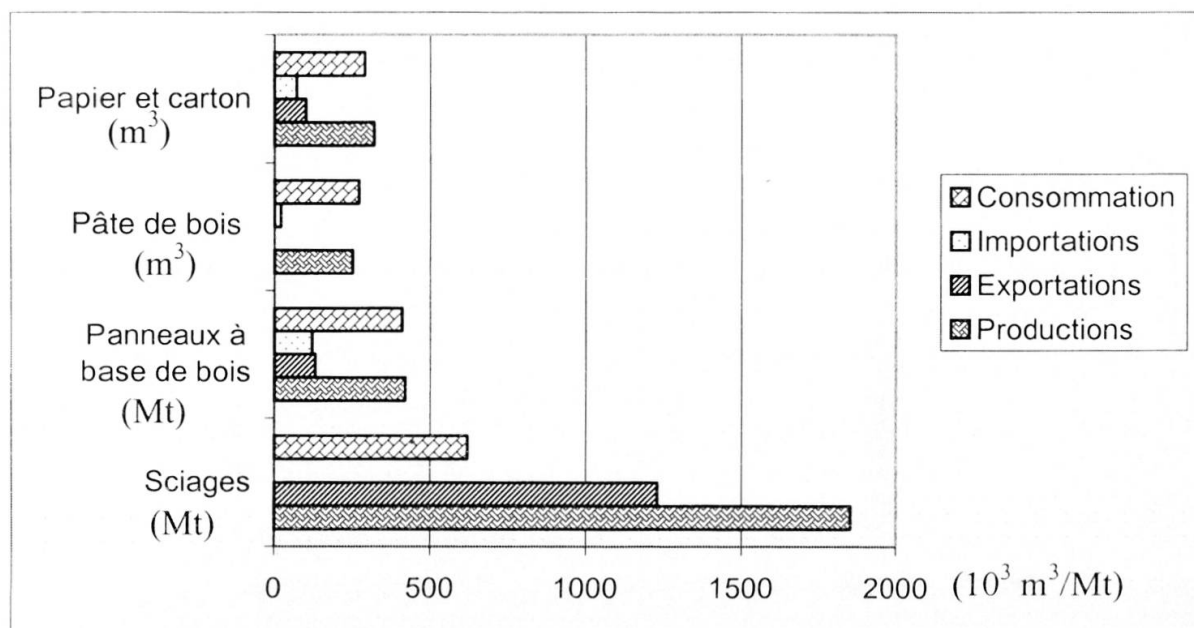


FIG. 5.

Production, commerce et consommation des produits forestiers pour 1998 (Source: FAOSTAT, 2001).

ANNEXE

Formules

- *Equilibre dynamique démographique* (10 à 30 milliards d'habitants) - approche heuristique

$$P_{\text{éq-p}} = P_{\text{éq-M}} * S_{\text{u-p}} / S_{\text{u-M}} * k$$

$P_{\text{éq-p}}$: Population du pays à l'équilibre dynamique

$P_{\text{éq-M}}$: Population du monde à l'équilibre dynamique

$S_{\text{u-p}}$: Surface utilisable du pays

$S_{\text{u-M}}$: surface utilisable mondiale (1.49 108 km²)

k : facteur de modulation qui permet d'intégrer dans le calcul les limites environnementales et le potentiel local

- *Equilibre dynamique thermique*

a. énergie renouvelable

$$E_{\text{rn-p}} = E_{\text{rn-M}} / P_{\text{éq-M}} * P_{\text{éq-p}} * k$$

$E_{\text{rn-p}}$: Energie renouvelable du pays

$E_{\text{rn-M}}$: Energie renouvelable mondiale à l'équilibre dynamique

b. énergie non renouvelable (effet de serre)

$$E_{\text{nrn-p}} = E_{\text{nrn-M}} / P_{\text{éq-M}} * P_{\text{éq-p}} * k$$

c. énergie atomique (fusion - effet thermique)

$$E_{\text{a-p}} = E_{\text{a-M}} / P_{\text{éq-M}} * P_{\text{éq-p}} * k$$

- *Consommation O₂*

a. consommation O₂ carburants

$$\text{Cons O}_2 \text{ carb.} = \text{Emiss. CO}_2 * 1.14 \text{ (équation de combustion du CO}_2\text{)}$$

b. consommation O₂ par respiration

$$\text{Cons O}_2 \text{ respir.} = 1.5 \text{ t O}_2 * \text{no. Habitants}$$

- *Production d'oxygène par photosynthèse*

$$\text{Prod. O}_2 = \text{Production primaire (t m.s.)} * 1.2 \text{ (équation photosynthèse)}$$

- *Pluie continentale*
Estimation atlas KOTLYAKOV *et al.* (1999), pages 54-57
- *Production primaire et biomasse*
Estimation (LIETH, 1978; SCHLESINGER, 1991, GORSHKOV *et al.*, 2000)
- *Ecosystèmes*
Découpage sur carte de la végétation (KOTLYAKOV *et al.*, 1999) et pesée des surfaces en papier sur une balance Mettler.
- *Production agricole*
Un équivalent - céréale a été déterminé (W.W.F., 1998) en prenant pour base les céréales consommées directement auxquelles ont été ajoutées les quantités consommées indirectement sous forme de viande, ainsi que les semences, les pertes en cours de transformation et les déchets.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME; 1972. *Tables scientifiques*. Ciba-Geigy, Bâle.
- ANTONESCU, C., C. CALINESCU & P. BANARESCU. 1969. *Biogeografia Romaniei*. Ed. Stiintifica, Bucuresti.
- AYRES, R. & U. SIMMONS. 1995. *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. UN University Press, Tokyo and New York.
- BENISTON, M. & J. INNES. 1998. *The Impacts of Climate Variability on Forests*. Springer-Verlag, Heidelberg.
- BERGER, A. 1992. *Le climat de la terre*. De Boeck Université, Bruxelles.
- BROWN, L. R., M. RENNER & C. FLAVIN. 1997. *Vital Signs 1997: The Environmental Trends that are Shaping our Future*. W.W. Norton & Co., New York.
- BUDYKO, M. I. 1986. *The Evolution of Biosphere*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- BURGENMEIER, B. 1994. *Economy, Environment and Technology*. M.E. Sharpe, New York.
- CARRARO, C. & A. HAURIE. 1996. *Operations Research and Environmental Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- CI RIO. 1995. *Eléments pour un concept de développement durable*. OFEFP, Berne.
- C.N.S.; *Statistiques 2001*; <http://www.cns.ro>; 15.12, 2001
- CORCELLE, G. 1993. 20 ans après Stockholm: la Conférence des Nations Unies de Rio de Janeiro sur l'environnement et le développement: point de départ ou aboutissement? *Rev. Marché Commun et Union Européenne* 365: 107-135.
- DALE, V. H. 1997. The relationship between land-use change and climate change. *Ecological Applications* 7: 753-769.
- DANAITA, D. 1997. *Economia Romaniei intre relitate si viitor: Sesiune de comunicari stiintifice*. Univ. de Vest, Timisoara.
- E.S.R.I.; *Digital Chart of the World for ADOL*; <http://www.esri.com>; 30.04, 2001.
- E.S.R.I.; *ArcAtlas Our Earth for ADOL*; <http://www.esri.com>; 30.04, 2001.
- F.A.O.; *F.A.O. Statistical Databases*; <http://apps.fao.org/>; 24.05, 2001.
- FIELD, C. B., F. S. CHAPIN, P. A. MATSON & H. A. MOONEY. 1992. Responses of terrestrial ecosystems to the changing atmosphere. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23: 201-235.
- FLÜCKIGER, S. & P. RIEDER. 1997. *Klimaänderung und Landwirtschaft*. Vdf Verlag, Zürich.
- FRAGNIÈRE, E. & A. HAURIE. 1996. A stochastic programming model for energy/environment choices under uncertainty. *International Journal of Environment and Pollution* 6: 587-603.

- GORSHKOV, V. G., GORSHKOV, V.V. & A. M. MAKARIEVA. 2000. *Biotic Regulation of the Environment: Key Issue of Global Change*. Springer/Praxis, Chichester U.K.
- GREPPIN, H. 1971. Un impératif d'ordre biologique et un choix politique. *Uni-Information (Genève)* 17.
- GREPPIN, H. 1978. Ecologie humaine et enveloppes de viabilité. *Médecine & Hygiène* 36: 3589-3594.
- GREPPIN, H. 1988. L'interface Homme - Nature. *Médecine & Hygiène* 46: 3277-3283.
- GREPPIN, H. 1993. Ecologie humaine et mécanismes de régulation. *Médecine & Hygiène* 51: 1790-1792.
- GREPPIN, H., G. IORDANOV & R. DEGLI AGOSTI. 1998^a. Environnement et forêts bulgares: une approche systémique. *Archs Sci. Genève* 51: 241-257.
- GREPPIN, H., R. DEGLI AGOSTI & C. PENEL. 1998^b. *The Co-Action between Living Systems and the Planet*. Geneva Univ. Press, Geneva.
- GREPPIN, H., R. DEGLI AGOSTI & C. HUSSY. 2000. Fondement naturel pour un développement durable: les enveloppes physiques, chimiques et biologiques de viabilité. *Archs. Sci. Genève* 53: 7-42.
- I.N.S.S.E.; *Annuaire statistique de la Roumanie*; <http://www.insse.ro>; 15.03, 2001.
- ILENICZ, M. 2000. *Geografia Romaniei, mica enciclopedie*. Corint, Bucuresti.
- IPCC. 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- KISS, A. C., DOUMBE-BILLE, S. 1993. CNUED, Rio 1992. *Annuaire français de droit international* 38: 823-843.
- KOTLYAKOV, V. M., A. A. LIOUTY, E. A. FINKO, A. N. KRENJE, Y. G. LEONOV, A. A. NELICHKO & P. JORDAN. 1999. *Resources and Environment. World Atlas*. 2 vol. Ed. Hölzel, Vienna.
- LAEGE, E. & P. SCHAUMANN. 1998. *Energy Models for Decision Support: New Challenges and Possible Solutions*. IER Stuttgart, Berlin.
- LIETH, H. 1978. *Pattern of Primary Production in the Biosphere*. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsbouurg.
- M.A.P.P.M.; *Starea Mediului 2000*; <http://www.mappm.ro>; 12.05, 2001.
- MANDRUT, O. 1993. *Geografia Romaniei (geografie generala si regionala)*. Coresi, Bucuresti.
- NORDHAUS, W. D. 1994. *Managing the Global Commons. The Economics of Climate Change*. MIT Press, Cambridge, MA.
- OCDE. 1999. *Données OCDE sur l'environnement, compendium 1999*. OCDE, Paris.
- ODUM, H. T. 1994. *Ecological and general systems, an introduction to systems ecology*. Univ. Press of Colorado, Niwot.
- ODUM, H. T. 1996. *Environmental Accounting*. Wiley, New York.
- ÖREMLAND, R. S. 1993. *Biogeochemistry of Global Change*. Chapman & Hall, New York.
- PIMENTEL, D., M. HENDERDORF, S. EISENFELD, L. OLANDER, M. CARROQUINO, M. CORSON, J. McDADE, Y. CHUNG, W. CANNON, J. ROBERTS, L. BLUMAN & J. GREGG. 1994. Achieving a secure energy future: Environmental and Economic Consequences. *Ecological Economics* 9: 201-219.
- P.N.U.D. 1999. *Rapport mondial sur le developpement humain*. Economica, Paris.
- POLUNIN, N. & J. H. BURNETT. 1990. *Maintenance of the Biosphere*. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.
- PRICEPUTU, A. M. 2001. *Enveloppes de viabilité de la Roumanie*. Mémoire de Certificat de Géomatique, Université de Genève, Genève.
- RAFFESTIN, C. 1995. Les conditions d'une écologie juste. *Revue européenne des sciences sociales* XXXIII, 102: 5-15.
- RAMADE, F. 1987. *Les catastrophes écologiques*. McGraw-Hill, Paris.
- RAMADE, F. 1989. *Eléments d'écologie*. McGraw-Hill, Paris.
- RAMBLER, M. B., L. MARGULIS & R. FESTER. 1989. *Global Ecology. Towards a Science of the Biosphere*. Academic Press, New York.
- REILLY, J. M. & D. SCHIMMELPFENNIG. 1999. Agricultural impact assessment, vulnerability and the scope for adaptation. *Climate Change* 43: 745-788.

- REPETTO, R. 1994. *Trade and Sustainable Development*. UNEP ed., Geneva.
- ROSENZWEIG, C. & M. L. PARRY. 1994. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature* 367: 133-138.
- SHELLNHUBER, H. J. & V. WENZEL. 1998. *Earth System Analysis. Integrating Science for Sustainability*. Springer-Verlag, Heidelberg.
- SCHIMMELPFENNIG, D. 1995. The Option Value of Renewable Energy: the Case of Climate Change. *Energy Economics* 17(4): 311-317.
- SCHLESINGER, W. H. 1991. *Biogeochemistry, an Analysis of Global Change*. Academic Press, New York.
- SHUGART, H. H. 1998. *Terrestrial Ecosystems in changing environments*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- TSUR, Y. & A. ZEMEL. 1996. Accounting for Global Warming Risks: Resource Management under Uncertainty. *Journal of Economic Dynamics and Control* 20: 1289-1305.
- VERNADSKI, V. I. 1926. *The Biosphere*. Copernicus 1998, New York.
- W.R.I., U.N.E.P., U.N.D.P., WORLD BANK. 1996-1997. *World Ressources, a guide to the global environment*. Oxford Univ. Press, New York.
- W.R.I., U.N.E.P., U.N.D.P., WORLD BANK. 1998-1999. *World Ressources, a guide to the global environment*. Oxford Univ. Press, New York.
- W.W.F. 1998. *Rapport, Planète Vivante*. Gland.
- WACKERNAGEL, M. & W. E. REES. 1996. *Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers, Gabriola Island, B.C.
- WBGU. 1995. *World in Transition: Ways toward Global Environmental Solutions*. Springer-Verlag, Berlin.
- WCED. 1987. *Our common future. Report UNEP*. Oxford Univ. Press, Geneva and Ed. Du Fleuve, Montréal.
- WORLD BANK; *World Development Report 1995*; <http://www.worldbank.org/data/>; 9.04, 2001.