NATIONS UNIES

A

Assemblée générale

Distr.
GENERALE

A/46/364
17 septembre 1991
FRANCAIS
ORIGINAL : ANGLAIS

Quarante-sixième session
Point: 60 k) de l'ordre du jour provisoire*

DESARMEMENT GENERAL ET COMPLET

Etude sur la possibilité d'utiliser à des fins civiles de protection de l'environnement les ressources affectées aux activités militaires

Rapport du Secrétaire général

1. Par sa résolution 45/58 N du 4 décembre 1990, l'Assemblée générale a prié le Secrhtaire général d'étudier, avec l'assistance d'experts, la façon dont les ressources telles que connaissances techniques, technologie, infrastructure et production, actuellement affectées à des activités militaires, pourraient servir à dos activités civilea de protection de l'environnemant. Recommandant de mener une dtude en se fondant sur les données qui sont dens le domaine public et de tenir compte des études nationales et internationales réalisées en la matière ainsi que de tous autres renseignements que les Etats Membres voudraient fournir à cette fin, l'Assemblée générale a également invité par la même resolution tous les gouvernements à aider le Secrhtaire général à mener à bien l'étude. Le Secrétaire général a été prié de présenter son rapport final à l'Assemblée générale à sa quarante-sixiime session et, entre-temps, de communiquer au Comité préparatoire de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement les résultats de l'étude qui présenteraient un intérêt pour ses travaux.

2. En application de cette résolution, le Secrétaire général a l'honneur de présenter à l'Assemblée générale l'étude sur la possibilité d'utiliser à des fins civiles de protection de l'environnement les ressources affectées aux activités militaires.

---

* A/46/150.

ANNEXE

Etude sur la possibilité d'utiliser à des fins civiles de protection do l'environnement lea ressources affectées aux activités militaires

TABLE DES MATIERES

Chapitre		Paragraphes	Page
AVANT-PROPOS DU SECRETAIRE GENERAL			4
LETTRE D'ENVOI			5
I.	INTRODUCTION	1 - 13	7
	A. Le mandat	1 - 2	7
	B. Le cadre	3 - 8	7
	C. L'étude proprement dite	9 - 13	9
II.	RAPPEL HISTORIQUR	14 - 69	10
	A. Le défi écologique	14 - 19	10
	B. Incidences des activités militaires sur l'environnement	20 - 32	12
	C. Modifications des positions militaires et yolitiques internationales	33 - 44	15
	D. L'expérience des pays	45 - 69	17
III.	STRATEGIES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEKENT ET RESSOURCES AFFECTEES A DES ACTIVITES MILITAIRES	70 - 103	24
	A. Stratégies de protection de l'environnement et besoins	70 - 75	24
	B. Intégration des ressources affectées à des activités militaires dans les stratégies de protection de l'environnement : coûts et autres considérations	76 - 85	26
	C. Capacités technologiques des organisations militaires	86 - 92	29

/...

TABLE DES MATIERES (suite)

Chapitre		Paragraphes	Page
	D. Perspective de participation du secteur militaire à la protection de l'environnement	93 - 97	32
	1. Transfert des technique8	98 - 101	33
	2. Education et formation	102 - 103	35
IV.	APPLICATIONS A L'ENVIRONNEMENT DES TECHNOLOGIES DU SECTEUR MILITAIRE	104 - 164	35
	A. Surveillance de l'environnement	109 - 123	36
	B. Amélioration des moyens d'intervention rapide dans les cas d'urgence qui présentent un danger pour l'environnement	124 - 131	39
	C. Etude d'impact sur l'environnement et prise des décisions	132 - 145	40
	D. Mesures à prendre pour protéger l'environnsment	146	44
	1. Ameliorations à apporter dans le domain8 de la production, du stockage et de l'utilisation de l'énergie	147 - 151	44
	2. Application des mesures de protection de l'environnement et operations de nettoyage	152 - 164	45
V.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	165 - 178	48

APPENDICES

I.	Programme de technologies critiques du Ministère de la défense des Etats-Unis	56
II.	Techniques de gestion des déchets	57
III.	Les capteurs : généralités et applications	60
IV.	Calculs, communications et modélisation : les tendances	73

AVANT-PROPOS DU SECRETAIRE GENERAL

Notre époque est riche de possibilités. De vastes énergies politiques ont été libérées par la fin de la guerre froide. De nouvelles perspectives se sont ouvertes pour l'utilisation plus productive des ressources mondiales. Plusieurs grands domaines d'intérêt international peuvent maintenant. binificier d'une &affectation, d'une reorientation et d'un redéploiement des ressources digagies grâce aux progris sans precedent qui ont été accomplis dans la reduction effective des armements et des forcer armées.

La protection de l'envitonnement est à coup siir une preoccupation internationale de la plus haute importance. L'humanité doit, dans son propre intérêt, renforcer la capacité de la planète de reconstituer ses richesses.

La présente etude sur l'utilisation des ressources du domaine militaire pour la protection de l'environnement vient à son heure. Les auteurs y examinent la possibilité exceptionnelle qu'ont les dtablissements militaires du monde entier d'accroitre les moyens civils de la communauté internationale permettant de ripondre au défi écologique. Dans leurs recommandations destinées aux gouvernements, ils demandent que soit effectuée une analyse coût-avantage de la recherche de ressources nouvelles pour protéger l'environnement par rapport à l'utilisation de celles qui sont déjà allouées aux activités militaires. Le défi icologique est essentiellement l'affaire de la planète tout entière alors que les ressources du secteur militaire relèvent fondamentalement du domaine national. 11 est donc recommandé dans l'étude d'envisager des mécanismes permettant d'utiliser à l'échelle mondiale les ressources nationales qui sont mises à la disposition de la communauté internationale. L'Organisation des Nations Unies est priée d'assumer des responsabilités accrues en vue de renforcer au niveau international les interventions multilatérales face aux situations d'urgence dans le domaine de l'environnement.

Le monde commence tout juste à prendre conscience de toutes les incidences de l'emploi des ressources du secteur militaire à des fins civiles. En doanant des exemples d'applications écologiques des technologies du domaine militaire, l'étude apporte une contribution opportune en vue de mobiliser des ressources supplémentaires pour la protection de l'environnement. L'information technique et le message politique de l'étude demandent à être sérieusement consider&s. Je suis convaincu que l'étude constituera un apport utile à la Conference des Nations Unies sur l'environnement et le développement qui doit se tenir prochainement au Brésil en 1992.

Je recommande à l'Assemblée générale les conclusions et recommandations ce la prdsente etude adoptée à l'unanimité, que je lui présente pour l'examen.

LETTRE D'ENVOI

Le 15 juillet 1991

Monsieur le Secretaire general,

J'ai l'honneur de vous communiquer ci-joint le rapport du groupe d'experts charge de l'étude sur la possibilité d'utiliser à des fins civiles de protection de l'environnement les ressources affectées aux activités militaires, que vous avez constitué en application de la r&solution 45/58 N de l'Assemblée générale en date du 4 décembre 1990.

Les membres du groupe d'experts nommés conformément à cette resolution étaient les suivants :

M. Carlos E. Garcia
Office of Energy, Environment and Technology
Los Alamos National Laboratory
Nouveau-Mexique (Ctats-Unis d'Amérique)

Colonel (CR) Kofi A. Jackson
Directeur
Sontech Energy Research
Accra (Ghana)

M. Grigori Khozin
Professeur, Ddpartement de sociologie
Université d'Etat de Moscou
Moscou (Union des Republiques socialistes soviétiques)

Pr Celso Lafer
Conselho Brasileiro de Relaçoes Internacionais
Faculdade de Direito da Universidade de Sao Paulo
Sao Paulo (Brésil)

Maj Britt Theorin
Ambassadrice, Présidente de la Commission suddoise du désarmement
Ministère des affaires étrangères
Stockholm (Suede)

Mme Wang Zhiyun
Conseillère
Ministère des affaires étrangères
Beijing (Chine)

Son Excellence
M. Javier Perez de Cuéllar
Secretaire général de l'Organisation
des Nations Unies
New York

Le présent rapport a été établi entre février et juillet 1991, période au cours de laquelle le groupe A tenu trois sessions à New York : du 5 au 8 février, du 13 au 24 mai et du 8 au 12 juillet 1991.

Nous tenons à exprimer notre gratitude AU personnel du Dipartement des affaires de disarmement qui nous A offert son pricieux concours tout au long de l'élaboration du rapport. Nous remercions en particulier M. Yasushi Akashi, Secrétaire général adjoint aux affaires de désarmement, et M. Prvoslav Davinic, Chef du Service du suivi, de l'analyse et des etudes. Nous sommes spicialement reconnainsants à Mme Swadesh Rana, qui a rempli les fonctions de secritaire du groupe.

Le groupe tient à exprimer sa gratitude aux consultants techniques, MM. Andrew Forester et Jürgen Scheffran, pour leur contribution à l'examen des questions étudiées. Il tient également à remercier M. Jean-Claude Faby, Directeur de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le diveloppement , et M. Erwin Ortit, Conseiller special auprès de la Conférence, pour le concours qu'ils ont apporté à ses travaux.

En ma qualité de Présidente du groupe, j'ai été priée de vous transmettre le présent rapport, qui a été adopté à l'unanimité.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Secrétaire général, les assurances de ma très haute considération.

L'Ambassadrice,

Présidente du groupe d'experts
chargé de l'étude sur la possibilité
d'utili à des fins civiles de
protection de l'environnement les
ressources affectées aux activités
militaires

(Signé) Maj Britt THEORIN

I. INTRODUCTION

A. Le mandat

1. Par sa resolution 45/58 N du 4 décembre 1990, l'Assemblée générale a prié le Secretaire general d'étudier la façon dont les ressources telles que connaissances techniques, technologie, infrastructure et production, actuellement affect&es à des activitis militaires, pourrnient servir à des activités civiles de protection de l'environnement. Le Secretaire général était également prié de communiquer au Comité préparatoire de la Conference des Nations Unies sur l'environnement et le développement, qui doit se tenir en 1992 conformément à la resolution 44/228 de l'Assemblée générale en date du 22 décembre 1989, les résultats de l'étude qui prdsenterait un intérêt pour ses travaux.

2. Soulignant le caractère mondial des problèmes écologiques, la Conference de 1992 devrait examiner des strategies d'action nationale et internationale afin de renforcet les activitis visant à rétablir l'équilibre icologique mondial et à enrayer la degradation de l'environnement. A cet égard, l'Assemblée générale, dans sa resolution 44/228, prend acte du rôle crucial de la science et de la technique. Afin de chercher à promouvoir la cooperation internationale en vue d'entreprendre à l'échelle mondiale de nouveaux efforts visant à protéger l'environnement, l'Assemblée appelle également l'attention sur la nécessité d'avoir accès à des technologies, procédés et materiels écologiquement rationnels ainsi qu'aux résultats de la recherche et aux connaissances acquises dans ce domaine.

B. Le cadre

3. Au cours des 20 années qui se sont écoulées depuis que la premiere Conference internationale sur l'environnement s'est tenue à Stockholm sous les auspices de l'Organisation des Nations Unies, on s'est de plus en plus rendu compte de la nature et de l'ampleur des problèmes écologiques. Les conferences qui ont fait suite à celle de Stockholm - à Bucarest sur la population, à Vancouver sur l'habitat, à Mar del Plata sur l'eau, à Nairobi sur la descrtification - ont permis d'approfondir des domaines plus particuliers. Des instances internationales spéciales, comme la Commission Brundtland, ont fortement insisté sur la communauté de destin de la planète sur le plan écologique. Avec la creation du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), le souci écologique est entré dans l'ensemble du système des Nations Unies. Certains problimes de portée mondiale, tels que le changement climatique. sont confiés à des comités de négociation internationaux qui sont charges d'évaluer et de formuler des strategies.

4. Tout en étant consacres à des aspects précis du problème - atteintes à l'environnement, degradation ou vulnérabilité - la plupart des efforts internationaux visant à ripondre au défi écologique comportent egalement une mise en garde contre le desespoir. Comme il a été declare lors d'une récente conference organisée par la Fondation Stanley sur l'avenir de l'ONU dans les 10 prochaines années :

La depredation de la planète n'est pas inevitable. Le progrès industriel et icoaomique n'entraîne pas forcément l'utilisation abusive des écosystèmes. 11 n'en découle pas automatiquement que les ressources naturelles seront ipuisies et l'environnement détruit 1/.

5. Négliger l'environnement comporte des consequences si graves que l'on ne saurait trop insister sur la nécessité de le protiger. Toutefois, les moyens dont dispode la communauté mondiale à cet effet sont limités. La complexité et l'extrême difficulti des problèmes en jeu exigent une &valuation scientifique et un examen conticus en vue de formuler des strategies efficacss - ce qui demande également des ressources. Il est donc nécessaire de mobiliser d'urgence des moyens suffisants pour la protection de l'environnement.

6. Le mandat de la présente etude repose sur une double prise de conscience : d'une part, la nécessité de mobiliser des ressources adequates pour répondre au difi de la protection de l'environnement à l'échelle planétaire, et d'autre part la possibilité exceptionnelle qu'ont les établissements militaires du monde entier d'accroitre les moyens de la communautd civile internationale permettant d'atteindre cet objectif.

7. En remplissant ce mandat, les experts ont garde à l'esprit l'existence d'une interaction plus large entre les p&occupations écologiques et les activités militaires. Au sein des Nations Unies, cette interaction a été généralement examinée dans des domaines tels que les effets exercés sur l'environnement par l'essai, la fabrication, le stockage et le risque d'emploi des armes de destruction massive, ainsi que par la mise au point de nouveaux types d'armes; les repercussions de la course aux armements sur les perspectives de la cooperation internationale en matière d'environnement; les pressions concurrentes exercées par le secteur militaire sur des ressources limitées qui pourraient être consacries à des activités civiles; enfin, les consequences écologiques des conflits militaires, par exemple les d&placements massifs de réfugiés. Les débats qui ont eu lieu sur ces questions à l'Organisation des Nations Unies, ainsi que les décisions qui ont été prises à ce propos, ont également constitué un cadre plus general pour la présente étude.

8. Plusieurs &solutions de l'Assemblée générale présentent de l'intérêt dans ce contexte, par exemple les &solutions 38/165 du 19 décembre 1983 et 40/200 du 17 décembre 1985 sur la coopération internationale dans le domaine de l'environnement, ainsi que les resolutions 35/8 au 30 octobre 1980 et 36/7 du 29 octobre 1981 sur la responsabilité historique des Etats concernant la preservation de la nature pour les generations présentes et futures. En recommandant des mesures visant à relever le défi écologique, y compris dans les domaines affect&s par les activités militaires, l'Assemblée générale a reconnu la nécessité d'aborder ces problèmes de manibre globale, dans le rapport sur les perspectives en matière d'environnement jusqu'b l'an 2000 et au-delh (voir l'annexe de la r&solution 42/186 du 11 décembre 1987) ainsi que dans le rapport de la Commission mondiale pour l'environnement et le développement (r&solution 42/187 du 11 décembre 1987). Le Secrétaire general de l'Organisation des Nations Unies est également le dépositaire de la Convention sur l'interdiction d'utiliser des techniques de modification de l'environnement à des fins militaires ou toutes autres fins hostiles, qui est entrée en vigueur en octobre i978.

C . L'étude proprement dite

9. La présente etude est essentiellement axée sur la possibilité d'utiliser à des fins ecologiques grâce à la r&orientation, au redéploiement ou à la r&affectation les ressources consacries principalement à des activités militaires ou celles qui yeuvent être libérées par des reductions d'armements. Considérant ces ressources du secteur militaire comme d'éventuels outils ecologiques, les auteurs passent en revue les possibilités envisagies jusqu'ici et décrivent les perspectives ouvertes grâce aux progrès rapides de la science et de la technique. Etant donné le temps limit6 dont ils ont dispose, ils n'ont pas cherché à dresser un inventaire exhaustif du potentiel ecologique des ressources du secteur militaire. L'étude est fondée sur des données qui appartiennent au domaine public et sur les connaissances provenant de l'expérience concrète des experts participants.

10. Au chapitre II, les auteurs rappellent briivement les circonstances dans lesquelles les problbmes ecologiques sont passes au premier plan de l'actualité internationale. Ils examinent les incidences ecologiques des activités militaires et des réduct'ons d'armements et decrivent également l'évolution récente de la situation internationale qui est susceptible de libérer des ressources du secteur militaire. Certains exemples de l'expérience concrète acquise au niveau national sont cites en vue d'élaborer des stratigies pragmatiques visant à promouvoir la possibilité d'utiliser pour la protection de l'environnement des ressources affect&es aux activités militaires.

11. Au chapitre III les auteurs examinent la nature des sessources du sscteur militaire afin de voir si elles peuvent servir à l'écologie. Ils décrivent les coûts et les contraintes concernant l'emploi des ressources militaires à des fins civiles, ainsi que les caractéristiques du secteur de l'environnement à cet égard. Compte tenu des exemples nationaux décrits au chapitre II, les auteurs soulignent également le rôle particulier des technologies du secteur militaire. Les transferts de technologie, la formation et l'enseignement sont considérés comme des moyens stratégiques permettant de relever le défi ecologique au niveau mondial.

12. Le chapitre IV illustre les applications ecologiques des technologies employ&es dans le secteur militaire. Les techniques, les appareils et les systèmes servant aux activités militaires sont étudiés du point de vue de leurs applications ecologiques. Sont également passées en revue les techniques servant à la surveillance de l'environnement, aux etudes d'impact et à la prise des decisions, ainsi que les mesures qui peuvent être adoptées pour exercer une action sur l'environnement telles que l'application de normes et les operations de nettoyage. Des données techniques sont fournies dans les appendices.

13. Le qroupe d'experts formule au chapitre V ses conclusions et recommandations. Compte tenu des differences dans les juridictions nationales et du "patrimoine universel", le groupe réaffirme la nécessité de poursuivre l'évaluation scientifique des données sur les risques pour l'environnement au niveau mondial, de promouvoir les technologies appropriées pour un développement durable, de renforcer les capacités d'intervention rapide en cas d'urgence ecologique, de valoriser les ressources humaines afin de remédier

aux dégâts écologiques, en particulier dans les pays en développement, et d'élaborer des mécanismes pour des coentreprises internationales. 11 reconunande également de renforcer le rôle de l'Organisation des Nations Unies en vue d'échanger des informations, de promouvoir l'évaluation des technologies et de fournir une assistance en matière d'environnement.

II. RAPPEL HISTORIQUE

A. Le défi écologique

14. L'humanité est liée par un destin icologique commun. Aucune région du monde ne peut se declarer à l'abri des catastrophes naturelles ou de l'utilisation abusive de l'environnement par l'homme. Il n'existe manifestement pas de frontières pour des risques tels que le bouleversement et la destruction des habitats, l'extinction d'espèces et la disparition de la diversité biologique, l'appauvrissement de la couche d'ozone et le changement climatiquo. Il en va de même des r&percussions probabler de dangers écologiques provenant de regions spécifiques du monde.

15. Le tableau suivant 2/ illustre les effets réciproques de la vulnérabilité de l'environnement dans différentes parties du monde :

Tableau 1

Origine des effets	Pays et systèmes touch&s		
	Pays d'industrialisation ancienne ou récente	Tiers monde	Systèmes écologiques mondiaux
Gat industriels; pays d'industrialisation ancienne ou récente	Effets multiples, dont un grand nombre proviennent d'une mauvaise gestion des déchets	Deforestation pour la production de bois et l'élevage; résidus de mines; accidents industriels	Effet de serre: stockage définitif des déchets nucléaires et toxiques; appauvrissement du stock de poissons: pollution des voies maritimes
Tiers monde	Migrations transfrontières	Désertification, d&forestation, erosion des sols; sal · .sation; appauvrissement de la nappe phréatique	Deforestation - incidences concernant le CO_2 et le rechauffement de la planète

/...

16. Les ramifications étendues des problemes ecologiques localises et régionaux constitueront vraisemblablement un facteur extrêmement important dans les relation6 internationales. La circulation des vents, les courants marins et les grands cycles biogeochimiques (carbone, aeote, phosphore, etc.) créent un lien indissoluble entre les actions d'un pays et les consequences ressenties par un autre. Ces questions complexes accroissent les difficult&s de même que les possibilités en matière de cooperation afin de prévenir ou de résoudre des differends concernant l'accès aux voies maritimes, aux eaux territoriales, à l'espace airien et aux frontières internationales.

17. Un tiers de la population et plus du tiers de l'infrastructure industrielle mondiale se trouvent dans les regions côtières de la planète. La montée du niveau des mers pourrait. modifier les frontières entre les pays et porter atteinte aux structures souveraines existantes. Les modes actuels de consommation énergétique constituent un autre domaine de preoccupation écologique. Il est estimé que l'offre d'énergie mondiale devrait s'accroître d'un facteur cinq afin d'assurer un niveau de consomsnat-.ion identique à l'ensemble de la population mondiale. Afin de pouvoir soutenir les systèmes essentiels à la vie, il importe au plus haut point d'élaborer des méthodes efficaces et ecologiquement inoffensives pour la production, la distribution et l'utilisation de l'énergie.

18. Une partie de la planite plus étendue que le continent africain est déjà menacie par les deserts. Chaque année, 25 milliards de *tonnes* de terrains de couverture disparaissent. En 1984-1985, plus de 10 millions de réfugiés ont. traverse dss frontier-es pour échapper à des problemes ecologiques tels que la desertification, l'érosion des sols et le bouleversement de leurs moyens de subsistence. On estime que cette catégorie englobe maintenant les deux tiers de l'ensemble des réfugiés au niveau mondial. Dans les zones tropicales, un seul arbre est actuellemcnt planté pour 10 qui sont abattus. En Afrique, cette proportion est de 29 pour un. Le manque d'eau constitue déjà un problème grave dans 80 pays qui abritent 40 % de la population mondiale. L'utilisation de l'eau a double globalement entre 1940 et 1980 et doublera de nouveau d' ici à 1' an 2000. L'accès à des sources d'eau potable pourrait accroitre les luttes concurrentielles et les litiges sur le plan intérieur et international 3/.

19. La sensibilisation croissante de l'opinion à l'égard de ces problimes constitue un facteur positif pour la protection de l'environnement. Alors que les problemes ecologiques majeurs existent déjà depuis un certain temps, c'est au cours de ces dernières années que le public en a pris davantage conscience. L'attention du monde entier a été appelie sur une série de tragedies qui se sont produites durant ces dernières années, notamment à Bhopal , à Tchernobyl et en Alaska, ainsi que sur plusieurs autres phénomènes inquiétants tels que la désertification et la destruction des forêts tropicales humides. La population des pays industrialises comme des pays en développement se heurte à Ces problemes écologiques locaux dus à la pollution de l'air et de l'eau ainsi qu'aux déchets dangereux. Les risques ecologiques à long terme tels que l'appauvrissement de la couche d'ozone et le réchauffement de la planète touchent maintenant de plus près le individus en raison de phénomènes tels que les cancers de la peau, les changements climatiques et les effets sur la productivité des sols. L'ampleur de la

couverture midiatique des problèmes icologiques est devenue à la fois une cause et une conséquence de la sensibilisation accrue de l'opinion. Les activists8 politiques et lee intellectuels se sont rejoints dans leurs tentatives d'"écologisation" des relations internationales. Le public exerce de plus en plus de pressions pour que soient trouvés sur-le-champ des remèdes efficaces aux situations dcologiques d'urgence, qu'elles soient dues à une catastrophe naturelle ou à l'action de l'homme, y compris les conflits militaires. Il est malheureusement moins evident que l'on s'inquikte de l'accumulation progressive des dégâts causes à l'environnement par les activites quotidiennes.

B. Incidences des activités militaires sur l'environnement

20. Le conflit du Golfe a rappelé récemment de façon cuisante les conséquences désastreuses qu'un conflit militaire pouvait avoir sur l'environnement. Les scientifiques tentent toujours de faire le bilan des ravages - marées noires d'une ampleur sans pricedent, incendie de centaines de puits de pétrole dans lequel l'équivalent de millions de barils se consument quotidiennement, formant un voile de fumée, de suie et de pyrotoxines dans l'atmosphère, destruction du sol superficiel du désert, ruine de l'infrastructure industrielle - qui risquent d'entrainer maladies et famine. L'action de l'ONU visant la destruction des armes chimiques et autres armes de destruction massive de l'Iraq a ravivé avec force l'inquiétude du public touchant l'incidence des activites militaires sur l'environnement et rappelé qu'il était nicessaire de trouver des moyens icologiquement rationnels de détruire les arsenaux.

21. En temps de guerre comme en temps de paix, pratiquement toutes les activités militaires ont des incidences écologiques. La destruction de l'environnement est une méthode de guerre, à la fois defensive et offensive, qui est utilisée depuis l'antiquité. Elle prend parfois une forme extrême, connue également sous le nom de terrorisme Qcologique, qui a pu être observée pendant la guerre du Golfe. Les dégâts causes résultent des effets directs et secondaires des conflits. Toutes sortes de déchets dangereux, y compris des munitions non explosées abondent sur les lieux des affrontements longtemps après le cessez-le-feu.

22. De tous temps, les dégâts causes par les guerres à l'environnement, se sont limités pour l'essentiel aux champs de bataille (la Flandre, au cours de la premiere guerre mondiale, en est un exemple). Les effets indirects sur l'agriculture et les forêts, en particulier, se sont parfois étendus à des zones plus importantes, comme cela a été le cas lors de destruction6 intentionnelles : inondations resultant de la destruction de barrages et de digues, defoliation de6 arbres des forêts consecutive à l'emploi de produits chimiques, pollution de l'air par la fumée dégagée par l'incendie de puits de pétrole, comme récemment au Koweït. 11 faut parfois des dizaines d'années, voire de6 siècles, pour remédier aux effets de ces destructions, qu'ils soient localises ou plus subtils et d'une plus grande ampleur.

23. L'effet sur l'environnement d'une guerre nucléaire à grande échelle serait d'un ordre de grandeur different. 11 semble que les effets combines de la chute de particules radioactive.6 sur de vastes zones, de l'appauvrissement

de la couche d'ozone imputable aux oxydes nitriques libérés par les explosions nucliaires et des changements climatiques provoqués par la fumée dégagée par des incendies de grande ampleur brûlant pendant longtemps, entraîneraient un désastre 6cologique majeur sur la plus grande partie du globe.

24. Même en temps de paix, les activités militaires, qu'il s'agisse de production ou d'essai d'armements, de formation ou d'entrainement, de creation de bases et d'installations militaires, d'opérations de maintien en état d'alerte et de preparation au combat, ou d'accidents de diverses origines, ont une incidence sur l'environnement. La mise au rebut et la destruction d'armes et de materiel militaire, qu'elles fassent suite à la signature d'accords de désarmement ou à d'autres decisions, créent aussi des problèmes écologiques.

25. Les dangers les plus grands sont lies à la production et à l'essai d'armes nucléaires. Certains sites de production américains et soviétiques seraient fortement contaminés par des déchets radioactifs et chimiquement toxiques. Le Gouvernement américain applique actuellement un vaste programme de nettoyage et de remise en état de ces sites, certains des problèmes rencontrés restant encore sans solution. La plupart du temps les dégâts restent localises mais la contamination s'est parfois étendue. Le cas le plus grave est celui de Kyshtym (Union soviétique) où il a fallu évacuer une zone de près de 1 000 kilometres carrés à la suite d'une explosion dans une décharge nucléaire, en 1957.

26. Les essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère ont très vite suscité des inquiétudes pour la santé et l'environnement qui ont favorisé la conclusion en 1963 entre les Etats-Unis, l'Union soviétique et le Royaume-Uni, du Traité d'interdiction des essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère, dans l'espace extra-atmospherique et sous l'eau 4/ qui interdit les essais nucliaires dans tous les milieux sauf sous terre. La France et la Chine ne sont pas parties à ce traité et ont procédé à des essais dans l'atmosphère jusqu'en 1974 et en 1980 respectivement. La quantité totale de débris radioactifs libérés dans l'atmosphère au cours de tous ces essais effectués pendant de nombreuses années serait de 100 à 1 000 fois supérieure à celle qui a it6 libérée lors de l'accident de Tchernobyl mais ne semble pas avoir eu d'incidences graves et durable6 sur l'environnement. Les essais souterrains sont considérés comme beaucoup moins dangereux pour l'environnement, même si certaines zones, dans le Pacifique par exemple, sont plus directement exposées que d'autres.

27. Le gros de la production militaire dans le monde concerne les armes classiques et autres matériels comme les véhicules, les navires et les aéronefs. Les procédés industriels sont fondamentalement les mêmes que ceux qui sont utilises dans le secteur civil. En l'absence de données détaillées, on peut supposer que la part de la pollution et des déchets industriels dans le monde attribuable à la production militaire est proportionnelle à sa part de la production industrielle mondiale, c'est-à-dire environ 5 0. Il y a cependant une difference notable entre la production militaire et la production civile, à savoir que la production miiitaire utilise proportionnellement davantage de matières premieres rares, coûteuses et souvent dangereuses que la production civile. Aussi le contraste observé entre les ressources utilisées à des fins civiles et militaires tend-il à souligner. non seulement le volume mais aussi la nature des ressources absorbées par le secteur militaire.

28. L'instruction et les manoeuvres militaires exigent en temps de paix l'usage tsmporaire ou permanent de terrains qui subissent toujours des dégradations, que ce soit sous une forme ou sous une autre. La plupart du tempe les dégâts - destruction du sol superficiel par des véhicules chenilles lourds ou perturbation de la vie animale par le bruit d'avfons et de tirs, par exemple - sont très localises. Cependant, la superficie des zones concernées pout varier considérablement en fonction de la géographie du pays et de l'importsnce des ressources militaires utilisées. Dans les pays europeens, les terrains militaires occupent entre 0,3 et 3 % de la surface terrestre. 11 convient de noter que la superficie des polygones de tirs de pieces d'ertillerie et de misciles tactiques tend à augmenter avec l'accroissement de la portie de ces armes.

29. Dan6 certains pays, l'armée est teoue de riparer financierement les dégâts qu'elle cause aux surfaces cultivées ou aux forêts en période de manoeuvres, ce qui l'incite à mettre au point des pratiques moins préjudiciables. Par exemple, l'armée finlandaise a publié un "livre vert" indiquant les mesures à prendre pour réduire au minimum les dégâts causés à l'environnement par les manoeuvres et les exercices d'entrainement.

30. En temps de paix, la pollution au sol ou a faible altitude d'origine militaire ne représente probablement qu'une part infime de la pollution resultant des activités civiles. On a cependsnt observe que les polluants libérés dans la stratosphere par les gaz d'échappement de fusées ou d'avions volant à haute altitude au cours d'exercices d'entrainement, de patrouilles ou de missions de reconnaissance, portent atteinte à l'environnement.

31.. Lee accidents militaires sont frequents et de nature très diverse. Si la plupart sont sans danger, d'autres, comme ceux qui sont à l'origine des marées noires, peuvent avoir des effets préjudiciables de même nature que ceux qui se produisent au cours d'activités civiles. D'un point de we écologique, les accidents qui ont un grand retentissement mettent en cause des armes ou des réacteurs nucléaires embarqués à bord de satellites ou de navires. La collision de bombardiers nucléaires américains B-52 à Palomares (Espagne) en 1966 et à Thule (Groënland) en 1968, a entraîné des opération de nettoyage longues et coûteuses bien qu'aucune explosion nucléaire n'ait eu lieu. Parmi les accidents récents, on mentionnera celui du satellite soviétique à propulsion nucléaire Cosmos 954 au Canada en 1978 et, plus près de nous *encore,* le naufrage des sous-marins soviétiques à propulsion nucléaire dans l'Atlantique Nord en 1988 et *en* 1989. Dans le cas des sous-marins, les repercussions écologiques sont minimes parce qu'ils gisent à une profondeur considérable, mais un désastre analogue se produisant en eaux peu profondes pourrait causer de graves problbmes.

32. Au cours des dernières années, les consequences écologiques des mesures de désarmement ont également suscité des inquiétudes. Les chars, les armes, etc., peuvent être détruits et leurs matériaux recyclés - à condition toutefois que l'opération soit considérée comme rezztable - mais on ne peut se débarrasser des munitions aussi iacilement, les matières actives qu 'elles contiennent devant être récupérées ou détruites. Les armes chimiques posent des problèmes particuliers. Après la deuxième guerre mondiale, l'imznersion dans la mer Baltique et dans les eaux voisines de la mer du Nord de grandes

quantités de munitions chimiques a entraîné une pollution de plusieurs dizaines d'annies qui a nui à l'activité des pêcheries danoises et suédoises. Le retrait des troupes et l'abandon des bases et des installations militaires peuvent laisser des cicatrices sur l'environnement local comme l'atteste le retrait des troupes soviétiques des anciens pays du Pacte de Varsovie en Europe orientale. Les inquiitudes suscitées par les incidences de la reduction des armements et des forces armies sur l'environnement se sont particulièrement avivées récemment.

C. Modifications-es et politiques internationales

33. Deux evolutions parallèles se sont produites au cours des dernières années : un relâchement marqué des tensions politiques entre les grandes puissances militaires qui s'est accompagni d'une avalanche sans precedent de mesures de reduction des armements, des forces armies et des dipenses militaires et un déplacement subtil de l'intérêt porté dans les politiques à l'ampleur grandissante des problbmes écologiques.

34. Après avoir atteint la somme record de près d'un billion de dollars en 1986, les dipenses militaires annuelles mondiales commencent à decliner et on s'attend que celles des grandes puissances militaires baissent de près de 5 % dans un proche avenir. Toute une catégorie d'armes a été éliminée après la signature, par les Etats-Unis et l'URSS, en 1988, du Traité sur l'élimination de leurs missiles à portée intermédiaire et à plus courte portée 5/. Le Traité que les Etats-Unis et l'Union soviétique négocient actuellement prévoit une reduction de leurs armes stratégiques offensives de 30 %. Le Pacte de Varsovie a déjà été dissous et l'OTAN a annoncé qu'elle prévoyait une reduction considerable de ses forces. L'accord sur la reduction des forces classiques en Europe (FCE) conclu à Vienne a été suivi d'une réduction à grande échelle des armes classiques et des forces armies en Europe centrale. Les négociations se poursuivent actuollement en vue de l'élaboration d'une convention multilatérale sur les armes chimiques. Le Traité sur les forces armées conventionnelles en Europe 6/, signé en juin 1990, dispose que les Etats-Unis et l'Union soviétique doivent commencer à détruire leurs armes chimiques et à en réduire le stock à un niveau beaucoup plus bas que celui qui a été calculé pour la Convention multilatérale.

35. L'élimination des armes et autres materiels militaires, la reduction des effectifs de6 forces armées et des dipenses militaires ne sont pas des mesures nouvelles. Régulièrement les pays se debarrassent de leurs armements obsoletes, se défont de leur materiel lorsqu'il a atteint la limite de sa durée d'utilisation, réduisent les effectifs de leurs forces armées à l'issue de périodes de grande activité militaire et révisent leurs dépenses militaires à la baisse. Mais à de nombreux égards, les tendances à la reduction des armements qui ont été observées dernièrement et dont chacune aura de6 incidences sur l'environnement, sont sans precedent par leur portée et par l'ampleur du contexte politique dans lequel elles s'inscrivent.

36. L'application des récentes mesures de reduction des armements aurait pour consequence une reduction du personnel des deux sexes payé pour produire, utiliser ou faire fonctionner des armes, du nombre des machines à acheter et

et maintenir en état et de la part du secteur industriel consacrée à la production militaire. Des millions de soldats, des centaines de milliers d'usines et de bureaux d'étude et des milliers d'entreprises industrielles seraient ainsi disponibles pour d'autres tâches. Mais il est encore trop tôt pour déterminer quels éléments des forces armées, quelles machines et quels matériels pourraient servir à la protection de l'environnement et en quel nombre.

37. A l'exception de la Convention sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication et du stockage des acmes bactériologiques (biologiques) ou à toxines et sur leur destruction (resolution 2826 (XXVI) de l'Assemblée générale, annexe), la plupart des accords de reduction des at-mements antérieurs à la fin des années 80, c'est-à-dire le Traité sur la non-prolifération des armes nucliaires (r&solution 2373 (XXII) de l'Assemblée générale) et le Traité sur la limitation des systkmes antimissiles balistiques signé par les Etats-Unis et l'Union soviétique 7/ visent à empêcher certaines activités. Ces accords n'exigent pas la destruction des armes existantes stipulée dans les ndgociations actuelles sur les armes chimiques et dans le Traité FCE de 1990. La destruction de toutes les armes chimiques existantes, qu'elles fassent partie de stocks d'armes modernes ou soient les testes d'armes utilisées au cours de guerres pas&es, suscite de graves inquiétudes pour l'environnement. Elle s'appliquerait en effet à des dizaines de milliers de tonnes d'ypérite, de gaz neurotoxiques et autres agents chimiques ainsi qu'aux munitions et à leurs conteneurs.

38. On étudie actuellement divers moyens ecologiquement rationnels de détuire, de neutraliser et d'iliminer les armements. La destruction mécanique des munitions n'est Pas toujours pratique ni acceptable. Des substances comme le propergol des fusées peuvent être incinérées. Cette méthode peut être appliquée aux munitions chimiques et biologiques sauf que celles-ci de par leur nature présentent des dangers qui leur sont propres.

39. Lorsqu'on choisit des méthodes de destruction écologiquement acceptables, il est nicessaire de s'assurer - pour quelque type d'arme que ce soit - que les usines de munitions sont à même de mettre en oeuvre les programmes de destruction et de neutralisation prévus.

40. Les méthodes de destruction choisies doivent s'accompaqner de dispositions visant à protéger le personnel. Toutes les précautions doivent être prises pour éviter des fuites accidentelles, pour neutraliser les produits chimiques si possible et pour éliminer le produit final. Pour cela on a généralement recours à l'incinération, mais d'autres méthodes sont en cours d'dtude, l'objectif principal étant de réduire le coût des operations et d'obtenir des sous-produits inoffensifs pour l'environnement. Dans plusieurs pays, de nouvelles lois comme ! Clean Air Act aux Ftats-Unis, incitent aussi à appliquer de nouvelles technologies.

41. Aux risques que la destruction des armes fait courir à l'environnement s'ajoute l'iliment coût. La destruction du materiel classique coûte comparativement moins cher et pourrait être financée, si besoin était, par la vente des métaux résiduels, mais la destruction des armes chimiques est coûteuse et revient peut-être de trois à dix fois plus cher que leur

production. La plupart des agents chimiques de guerre peuvent être facilement détruits par incineration mais très peu de pays disposent des installations nécessaires.

42. L'état de l'environnement en Europe orientale, dont on savait peu de choses avant les changements révolutionnaires de 1989, est un problème politique qui n'a guère retenu l'attention jusqu'h present. La plupart des pays de la région ont payé cher l'accent mis sur les quotas de production et le recours à des technologies périmées. La pollution, notamment celle causée par l'utilisation du lignite comme source d'énergie, a entrain& des problbmes sanitaires chroniques. Le lignite est ui houille tendre à haute tsneur en soufre qui libère davantage de produits polluants par unite de chaleur dégagée que les houilles dures. On pense que certaines riviires européennes sont tellement polluées que leurs eaux ne peuvent même pas servir à des fins industrielles. Des regions entières sont ravagies par les pluies acides.

43. D'une manière générale, les pays d'Europe occidentale appliquent des règlements plus stricts mais la gravité des problèmes écologiques auxquels ils doivent faire face demeure. La mer du Nord et la mer Méditerranée sont ce plus en plus polluies par les déchets industriels et ménagers et les pluies acides representent désormais un probleme grave dans plusieurs regions.

44. L'évolution récente de la situation se caractérise eseentiellement par un léger d&placement au niveau politique de l'accent mis naguère sur les questions militaires vers les questions économiques à forte incidence écologique. 11 a été de mise pendant longtemps de croire qu'une supériorité militaire écrasante constituait une protection efficace contre des menaces pour la sécurité d'un pays. Il est clair en tout cas qu'elle n'immunise pas l'environnement contre les degradations. Auparavant, on se preoccupait avant tout des incidence6 du developpement industriel sur l'environnement; maintenant, on considère de plus en plus que la destruction de l'environnement est une entrave à la croissance durable et au développement iconomique. Il faudra du temps pour que toutes les consequences de ce changement de perspective soient prises en compte dans les politiques nationales mais il semble déjà que certaines strategies de protection de l'environnement élaborées dans un souci de rentabilité prévoient l'utilisation éventuelle de ressources liées à des activités militaires.

D . L'expérience des pays

45. L'utilisation à des fins écologiques de ressources affectées aux activités militaires varie beaucoup selon les pays, en partie à cause de l'importance relative qu'y revêtent les complexes militaires, mais aussi en fonction des choix faits en matière d'environnement, des niveaux d'avancement technologique, et de facteurs institutionnels et administratifs qui déterminent la mobilité entre les secteurs civil et militaire de l'économie nationale. L'experience de quelques pays est décrite ci-après.

46. Aux Etats-Unis, nombre de règlements visent différents aspects de la pollution. Ainsi, une bonne vingtaine de documents de fond ont été consacres à cette question entre 1955 et 1988. L'industrie de la défense s'occupe déjà d'orienter une part de ses activités vers la protection de l'environnement,

tâche d'autant plus ardue qu'il lui faut respecter les traités de reduction des armements et appliquer les décisions unilatérales en la matière : il n'est qua de songer à l'élimination de6 missiles et des armes chimiques. Toute décision du Departement de la difense touche un nombre inorme de personnes, aux Etats-Unis et à l'itranger : il emploie 2,1 million6 de militaires, avec 2,9 millionr de personnes à charge, 1,1 million de civils, 1,7 million de *gardes* nationaux et de réservistes; son budget annuel avoisine 300 milliards de dollars et il compte des dizaines de milliers de fournisseurs et 532 grandes installations, notamment des base6 dans 21 pays étrangers et territoires de6 Etats-Unis. Ces installations comprennent de6 aéroports et de6 ports maritimes, des usines, de6 laboratoires, do6 centre6 d'entrainement, etc.

47. Les ressources réorientées vet's la gestion de l'environnement sont importantes. Le Departement de la défense a regroupé ses activités en ce sens dans l'fnitiative difense et environnement. Plus de 200 millions de dollars sont alloués aux projets de minimisation des déchets dangereux et environ 50 millions de dollars par an vont à des programmes de recherche-developpement écologique. Le Departement a institué le Comité de coordination des technique6 de remise en état des installation6 pour faciliter les &changes d'informations techniques entre ses programmes de R-3 et ses programmes relatifs à l'environnement. Un programme stratégique de recherche-développement pour l'environnament, auquel participeront de6 laboratoires du Département de l'énergie, du Departement de la défense, et de l'Office federal de protection de l'environnement, vient d'être mis en place. Son budget, qui sera de 150 millions de dollars pour l'exercice 1991, devrait augmenter pendant plusieurs années. Les différents services en cause pourront ainsi accroitre leur efficacité en mettant en commun leurs ressources et en évitant au maximum les cas de double empioi et les transferts de technologie sont également prévus.

48. Le Departement de la difense est parvenu à réduire de 18 % sa consommation d'énergie au metre carré entre 1975 et 1985 et encore de 5 % depuis *lors* et les emissions de polluants et les autres impact6 sur l'environnement ont donc diminué dans les mêmes proportions.

49. Le Departement de l'énergie, essentiellement du fait de ses attribution6 de défense (recherche sur les armements et l'énergie nucléaires), a, 40 ans durant, introduit dans l'air, le sol et les eaux souterraines et de surface de grandes quantités de polluants radioactifs et chimiques dangereux. Ceux-ci ont ensuite été transportés par les eaux souterraines ou risquent de l'être. On a ainsi de forts volumes de sols et d'eaux souterraines faiblement contaminés qui sont difficiles à atteindre et décontaminer selon les normes réglementaires. Il est impossible, en l'état actuel de6 techniques de déterminer rapidement, efficacement et avec precision le caractère et l'étendue de la contamination souterraine, les trajets et les rythmes de propagation, tout comma il est impossible de confiner le panache de déchets et d'en corriger rapidement et efficacement les effets, même lorsqu'on connait les sites et la nature des polluants.

50. Le Departement de l'énergie, soucieux de remettre en état les sites et d'améliorer la ges.ion des déchets, a lancé un programme de

recherche-developpement, experimentation et evaluation dont le coût s'élève à plusieurs milliards de dollars. Il s'agit d'utiliser les techniques existantes et de mettre au point des méthodes de gestion écclogique qui soient mcilleures, plus rapides, moins coûteuses et plus efficaces. On compte que les credits affectés à ce programme passeront de 200 millions de dollars environ pour l'exercice 1990 à 10 % environ du budget affecté à la régénération de l'environnement et à la gestion des déchets. Le transfert des techniques, déjà très actif entre laboratoires du Département de l'énergie, est encore stimulé par la cooperation avec le secteur industtiel sur des procédés de fabrication tespectueux de l'environnement, et par des programmes visant à la fois la reduction de la consommation énergétique et la reduction des déchets à la source.

51. Parmi les initiatives visant la participation d'entités nationales à des activités internationales, on peut citer un Conseil consultatif special pour le transfert international de techniques icologiques, relevant de l'Administrateur de l'Office federal de protection de l'environnement: plusieurs grandes reunions internationales telles que la conference ECO World '92; l'exposition de la Société amiricaine de mécanique; et une vaste coalition de services gouvernementaux, nationaux et internationaux, d'associations du secteur privé et de sociétés professionnelles. (On trouvera à l'appendice I une liste des technologies qui sont disponibles ou *en* cours d'élaboration en matière d'environnement, d'inergie et de communication.)

52. En Union soviétique, les institutions politiques, économiques, scientifiques et techniques suhissent des transformations radicales, qui sont propices à la conversion, ainsi qu'h d'autres facons d'utiliser les ressources à des fins civiles. La protection de l'environnement est dans le droit fil de cette reorganisation. Le complexe militaire comprend des moyens de recherche et de fabrication très importants : on estime que jusqu'h 40 % de la production micanique et près de 75 % de la recherche-developpement pourraient comporter des aspects militaires. L'écologie n'a pas été absente des efforts récemment déployés en Union soviétique pour utiliser à des fins civiles les ressources affectées aux activités militaires. Cette conversion est déjà en cours dans plus de 420 entreprises et dans 200 instituts de recherche et bureaux d'études des industries de défense. On estime que pendant la seule annie 1990, plus de 500 000 personnes du secteur militaire ont commence à travailler pour le secteur civil, y compris dans des domaines important6 pour la protection de l'environnement. La decentralisation de l'administration et de la gestion est amorcée.

53. Les projsts de conversion, notamment ceux qui visent la protection de l'environnement, sont executes par des comités spiciaux (dont certains font partie du Gouvernement de l'URSS), des ministères, des bureaux d'études, des usines, des organisations scientifiques (qui ont un rôle essentiellement consultatif) et même par de nouveaux fonds et sociétés, dont l'un des plus importants est le Fonds international pour la conversion. Un Comité special de la conversion relève de l'Académie des sciences, qui s'occupe surtout des aspects scientiriques. Divers syndicats et associations professionnelles travaillent également en ce sens. Or les grandes orientations et les modalités pratiques de la conversion sont définies par les militaires qui ne connaisssnt pas toujours très bien les particularités de fonctionnement du

secteur civil ou les moyens de satisfaire la demande sociale. Certains secteurs et usines cherchent à utiliser leurs capacités de production, leur personnel qualifié et les ressources matérielles dont ils disposent pour produire au plus vite n'importe quel article commercialisable.

54. Les mesures visant à améliorer la qualité de l'environnement, parmi lesquelles le transfert des ressources affect&es aux activités militaires repriseate un élément prometteur mais non le seul, sont d'autant plus urgentes que la détérioration continue de la situation écologique de l'Union soviétique est de plus en plus apparente. Le Soviet suprême de l'URSS a publié le 27 novembre 1989 une declaration sur l'amélioration urgente de la situation écologique du pays, où il a confirmé l'existence de zones kologiquement sinistrées nécessitant une assistance particulière du gouvernement central. Selon les representants officiels du Comité écologique du Soviet suprême de la Fédération de Russie, 1 % au moins du territoire total de la Russie est considéré comme zone kologiquement sinistrée. Les regions les plus gravement touchées sont celles qui subissent les effets de la catastrophe de Tchernobyl, la mer d'Aral et les zones avoisinantes et les mesures que l'on pourrait prendre pour y résoudre les problbmes écologiques les plus graves sont analysies en detail dans les declarations publiies par le Soviet suprême de l'URSS raspectivement les 4 mars et 19 avril 1991. Etant donné le manque général de ressources pour la protection de l'environnement, l'idée d'un transfert depuis les secteurs militaires recueillera probablement une large adhésion du public soviétique.

55. Four le programme national de protection de l'environnement et d'utilisation rationnelle des ressowces naturelles, une des grandes tâches sera d'arriver à rationaliser l'activité économique en fonction de l'environnement dans l'ensemble du pays. Un moyen prometteur de sortir de la crise écologique paraît être la conversion des ressources affectées aux activités militaires, qui fera appel au potentiel intellectuel, technique et industriel des organismes de recherche, de développement et industriels autant qu'à ceux de secteur militaire. Des groupes de scientifiques et d'ingénieurs envisagent de créer à partir des industries travaillant pour le complexe militaire, un nouveau secteur à vocation écologique.

56. En Chine, le transfert de ressources affectées aux activités militaires vers des fins civiles est axé, depuis une dizaine d'années, sur le développement économique et social. Un bureau de coordination de la conversion a été créé pour combiner la production nilitaire et la production civile, et transférer au secteur civil les technologies de la défense. AU cours de la même période, l'aggravation de la pollution a suscité des efforts intensifs. Le Bureau de coordination de la conversion, le Bureau d'Etat pour la protection de l'environnement et d'autres organismes intéressés ont permis les échanges d'informations et l'établissement de liens entre les industries de la défense et le secteur civil. outre qu'ils ont organise des foires et des exposition6 consacrées aux nouveaux produits et techniques écologiques.

57. Le complexe militaire, doté de technologies et de matiriel de pointe et d'un personnel très compétent, a joui un rôle important dans le programme écologique de la Chine. Il a apporté son concours - avions et personnel - à la plantation d'arbres, à la protection des forêts et à des opérations de

secours d'urgence. Les établissements militaires de recherche ont également entrepris des travaux d'écologie, par exemple sur la décontamination radiologique, la protection contre la guerre chimique, et d'autres aspects nocifs des activites militaires. Ces travaux ont notamment abouti à la mise au point de materiels permettant de réduire la consommation d'inergie et d'améliorer le traitement des dechets, tous résultats qui ont été mis à la disposition du secteur civil. Le materiel mis au point et construit par la marine pour traiter les deversements accidentels de pétrole a été utilise dans des ports aussi bien militaires que civils. Ces dernières années, un centre de surveillance de l'environnement a été créé par les militaires pour surveiller la pollution causée par les activites industrielles, à la fois militaires et civiles.

58. En Allemagne réunifiée, la fin de la guerre froide a offert des possibilités exceptionnelles de convertir le secteur militaire, notamment en faveur de la protection de l'environnement. Pendant plus de 40 ans, la plus forte concentration de troupes du monde a grevement agressé l'environnement à la frontiire interallemande. Le public était d'autant plus sensibilisé, ce qui a amené l'adoption de mesures visant à réduire l'impact des activites militaires. Avant la reunification, les forces armées de la République fédérale d'Allemagne consacraient plus de 600 millions de deutsche marks (soit plus de 350 millions de dollars des Etats-Unis) par an à la protection de l'environnement 8/. Un département special du Ministère allemand de la défense est charge de la protection de l'environnement, et plusicurs institutions militaires s'occupent de recherche écologique, s'agissant notamment de la surveillance et de la gestion de l'impact écologique des materiels et installations militaires. Des Allemands procèdent à une évaluation des impacts écologiques pour le secteur militaire sous l'égide du Comité pour les défis de la société moderne de l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (OTAN).

59. Les activites dans ce domaine consistent notamment à enseigner aux perscnnels militaires des comportements dcologiques: à améliorer le rendement des moteurs (d'avion notamment) et à réduire le bruit et la pollution; à tester des engins à énergie solaire; à minimiser les dechets et la pollution chimique dans les installations militairos; à évacuer et éliminer les dechets toxiques: à récupérer les ressources; à employer des matériaux sans danger pour l'environnement: à faire aménager et remettre en état des sites par du personnel et des materiels militaires (grues, excavatrices).

60. Le désarmement en Europe centrale a libéré un grand nombre de domaines militaires et de terrains de manoeuvre qui peuvent dovenir des reserves biologiques naturelles ou des aires de loisir. Par ailleurs les techniques de simulation permettent de réduire l'impact nocif des essais et des manoeuvres sur l'environnement. La marine allemande dispose de navires équipés pour la lutte contre les deversements accidentels d'hydrocarbures et transportant le materiel nécessaire (barrages de retenue par exemple), de véhicules (bateaux, hélicoptères) et le personnel pour faire face aux urgences écologiques. Les vols de surveillance accomplis par des avions spéciaux permettent de déceler et de suivre les deversements accidentels d'hydrocarbures. On utilise à cette fin les réseaux existants de communication et de navigation militaires. Les transports transfrontières de substances toxiques sont contrôlés et il axiste

des installations de d&contamination. Un char de reconnaissance allemand, conçu pour la detection d'armes chimiques et de la contamination radiologique dans les conditions du théâtre d'opirations, a été modifié pour détecter la pollution de l'air et du sol. Pour prendre un exemple dans un autre domaine, un extincteur lourd mis au point à l'origine pour les gros avions militaires a été adaptd à l'usage civil.

61. L'informatique joue un rôle important dans la protection de l'environnement, tant ptr les civils que par les militaires. On travaille beaucoup sur les systèmes de simulation de situations écologiques et d'information. L'Allemagne participe à plusieurs projets de surveillance, de calcul et de telecommunication au service de l'environnement qui illustrent l'application de techniques bivalentes à la protection de l'environnement. Le Ministère de la recherche et de la technologie a décidé en 1989 d'aider les force8 armées fédérales à la mise au point intensive de technologies informatiques bivalentes, qui servent notamment à la protection de l'environnement 9/.

62. En Suède, les ressources militaires, par exemple les hélicoptères de l'armée, les chenillettes et le materiel de pontage, ont été utilisées dans divers cas d'urgence écologique, tels que grands incendies, tempêtes de neige et inondations. Des unités de l'armée et de la marine sont intervenues dans des cas de déversement accidentel de p&role. Les particules radioactives en suspension dans l'air sont recueillies par des avions militaires: les postes de commandement de la marine surveillent les bateaux transportant des marchandises dangereuses; et des unites de genie militaire se chargent de fairs sauter les glaces obstruant les cours d'eau (pour iviter les inondations). La défense civile suédoise, qui est *un* organisme civil, organise une force de secours et de sauvetage qui peut être déployée dans le pay8 ou à l'étranger et dont le materiel est en partie militaire (avions de transport, génératrices diesel, tentes, etc.).

63. De plus en plus, on utilise des moyens de recherche militaires, notamment à l'Institut suédois de recherche sur la défense, pour la protection de l'environnement. Dans certains cas, on utilise des techniques mises au point à d'autres fins des activités ecologiques, par exemple les lasers pour détecter certains polluants dans l'atmosphère ou dans l'eau. Dans d'autres cas, l'Institut a entrepris des projets de recherche bien définis, tels que l'analyse des gaz de combustion produits par l'incinération des déchets.

64. La Suede a créé à Umea en 1987 le Centre de recherche sur l'environnement, qui regroupe l'Institut de recherche sur la défense, l'Université d'Umea, l'Université suédoise d'agronomie et l'Institut national d'hygiène industrielle. Le Centre a été charge d'encourager la recherche icologique à Umea par le biais de la cooperation entre les instituts membres. L'Institut de recherche sur la défense, dont, à la difference des trois autres instituts constituant le Centre, la recherche icologique n'est pa8 la vocation essentielle, joue un rôle particulièrement intéressant dens ce domaine, puisque son département de biologie et de chimie nucléaires effectue à Umea des recherches sur la protection contre la guerre chimique, biologique et nucléaire, outre qu'il met ses competence6 à la disposition du secteur civil. Le caractère coopératif du Centre a permis de donner une orientation

écologique aux travaux menés par l'Institut suédois de recherche sur la défense en matiire de météorologie de la propagation dans l'atmosphère, de matériaux de protection, d'évaluation des risques, d'échantillonnage et d'analyse des micro-organismes dans l'atmosphère et d'étude des rayonnements. Parmi les projets de recherche écologique auxquels a participé l'Institut, on peut citer l'étude du sort des radionucléides de l'accident de Tchernobyl dans les écosystèmes boréaux; la mise au point d'une procedure de classement de la toxicité des produits chimiques presents dans l'environnement; l'échantillonnage des micro-organismes presents dans l'atmosphere des lieux de travail; l'étude des méthodes d'échantillonnage des substances organiques dans les gat de combustion, notamment les dioxydes; et la mesure de l'irradiation en épidémiologie.

65. Au Brésil, il est de tradition d'associer les forces armées à la protection de l'environnement. La Constitution de 1988 contient des dispositions expresses (voir l'article 225) sur les obligations générales en matière de sauvegarde de l'environnement, qui concernent également les forces armées. Des unites de l'armée de terre, de l'armée de l'air et de la marine sont très souvent employees pour la prevention des accidents écologiques dans le pays et dens les eaux territoriales. La réglementation interne fait obligation aux équipages des avions militaires comme civils de signaler aux autorites compétentes tous les problbmes écologiques (déversement accidentel d'hydrocarbures, grands incendies). En outre, des unites de la marine surveillent régulièrement de vastes portions de la forêt tropicale amaxonienne, du Pantanal et des eaux territoriales, pour empêcher la contrebande d'espèces menacées et les pêches illégales. Le personnel militaire execute en outre des programmes d'urgence dans les centrales nucléaires.

66. Les forces armées fournissent un appui logistique aux établissements responsables de la protection de l'environnement. Elles participent également aux travaux de nombreuses commissions nationales de création récente qui s'occupent de problèmes écologiques, notamment de celles qui sont chargées du zonage écologique et économique.

67. Dans tout le pays, diverses activités écologiques sont entreprises dans le cadre du programme éducatif de l'armée, dens les cantonnements, afin de faire mieux comprendre les questions écologiques non seulement aux militaires, mais également à la population civile des environs. Entre autres activités, on plante des arbres et on protege les plantes et les animaux menaces de la région. L'armée vient en outre de signer des accords avec d'autres services publics afin de conjuguer les efforts de sauvegarde des forêts dans les zones placées sous sa juridiction.

68. Dans la plupart des pays en développement, les complexes militaires n'ont pas les moyens technologiques de s'atteler à des tâches écologiques. Chaque fois que possible, les organismes nationaux de protection de l'environnement font appel au personnel militaire. Au Ghana, par exemple, les force6 armées ont aidé le Conseil national de protection de l'environnement à accroitre ses capacités (mobilité, accès et surveillance) et se sont chargées directement de l'application de certaines mesures. Les forces aériennes effectuent sur demande des vols de reconnaissance pour surveiller les empiétements sur les

reserves forestières, l'utflisatioa des sol6 et la disertlfication, le braconnage et les déversements illégaux en mer, la pollution et l'érosion des côtes. Elles pourraient également faire des pulvérisations aériennes et envisagent de planter des arbres en larguant des semences (notamment de margousier). La marine aide à luttsr contre les diversements illégaux en mer.. le braconnage et la surexploitation et contre l'usage de méthodes ill&gales de pêche (usage d'explosifs, de filets de calibre inférieur à la limite autorisée, etc.). Des unités du génie militaire ont aid6 à construire des barrières et de6 drains pour prévenir les inondations et à approvisionner des régions en eau.

69. Ce choir d'expériences des pays montre qu'on commence seulement à mesurer les possibilités qu'offre pour la protection de l'envircnnement l'usage des ressources militaires. Pourtant, on entrevoit dis maintenant certaines des considerations et des contraintes dont les décideurs nationaux auront probablement à tenir compte. Toute stratégie internationsle d'intégration des ressources militaires aux politiques écologiques exiye donc que l'on étudie de pris toute une série de problimes, par exemple l'importance des ressources disponibles, leur adiquation aux *fins* auxquelles *on* les destinerait et le coût de leur utilisation. C'est de ces problimes qu'il est question au chapitre III.

III. STRATEGIES DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET RESSOURCES AFFGCTEES A DES ACTIVITES MILITAIRES

A. Stratégies de protection de l'environnement et besoins

70. Par stratégie on entend généralement une série de mesures visant la réalisation d'un objectif précis par une utilisation optimale des ressources disponlbles. Pour protéger l'environnement, trois types de mesures doivent être prises : des mesures de protection pour prévenir les dommages et lutter contre la détérioration; des mesures de &g&&ration; et des mesures correctives visant la mise au point de techniques à haut rendement énergétique respectueuses de l'environnement.

71. Lee &valuations scientifiques des dangers pour l'environnement et la sensibilité du public à cet égard ne coincident pas toujoucs. Selon ceftaines estimations, jusqu'à 20 années de recherches intensives dans le seul domaine du changement climatique dans la monde pourraient être nécessaires avant que l'on puisse décider des mesures à prendre pour faire face à ce problème 10/. Il arrive souvent également que les normes scientifiques concernant le respect de l'environnement et les schimas de consommation des ressources naturelles soient en contradiction. 11 faut done cherchsr à mieux comprendre les processus naturels et éduquer le public sur les incidences écologiques d'activités courantes. La communauté mondiale a les moyens de prendre les mesures préventives nécessaires pour lutter contre la pollution et de procéder au nettoyage et à la régénération de l'environnement, moyens qui ne sont pas à la portée d'un pays seul, voire d'un groupe de pays. Il est donc nécessaire de prévoir dans les strategies de protection de l'environnement un inventaire mondial des ressources appropriées et disponibles à cet effet.

72. Dans les grandes lignes, les strategies de protection de l'environnement comportent une surveillance de l'environnement, une evaluation des données, la coordination des travaux scientifiques, la conduite de négociations, la promotion de nouveaux modes de cooperation internationale, la diffusion de l'information et la sensibilisation du public aux questions ecologiques. 11 reste encore à calculer avec suffisamment de precision le coût de l'exécution de ces stratégies.

73. Selon certaines estimations, il en coûterait au départ 774 milliards de dollars au cours des 10 prochaines années pour inverser la d&gradation de l'environnement dens le monde, chiffre qui risque même de s'avérer trop modeste. On a calculi qu'aux Etats-Unis, jusqu'à 115 milliards de dollars avaient été consacris en 1990 à la protection de l'environnement, soit environ 2 % du produit national brut. On estime que la Communauti européenne consacre près de 1,5 % de son produit national brut à la protection de l'environnement. En Europe orientale, il faudra au minimum 250 à 300 milliards de dollars pour pouvoir commencer à lutter efficacement contre la degradation de l'environnemenf . Des pays en diveloppement ont propose la constitution d'un fonds de protection de la planète qui serait aliment6 par des contributions annuelles que verseraisnt tous les pays, à l'exception des moins avancés calculies au taux de 0,1 % de leur produft intérieur brut. Les ressources de ce fonds permettraient de couvrir seulement le coût de la mise au point ou de l'acquisition de techniques compatibles avec la sauvegarde de l'environnement pour le bien des pays développés comme des pays en développement.

74. Le coût de la protection de l'environnement semble énorme jusqu'à ce qu'on le compare à ce qu'il pourrait en coûter de le nigliger. Ce n'est que dans des cas très précis, comme les ravages causés par les pluies acides par exemple, qu'il est possible d'attribuer une valeur commerciale aux ressources ditruites. Dans d'autres cas, comme par exemple le risque de la perte de la diversiti biologique, il est difficile d'estimer le prix de la disparition d'espèces entières. S'il arrive que la degradation de l'environnement Bans le monde soit considérée comme menaçant la survie même de l'humanité, alors aucun prix ne sera trop élevé pour assurer' sa protection. On pourrait ici établir une comparaison entre, par exemple, les dépenses consacries actuellement à l'environnement et les ressources affect&es à des activités militaires. Il ressort des renseignements dont on dispose sur les budgets des pays que, même après les reductions récentes d'armements, les dépenses militaires dans le monde sont de trois à cinq fois supérieures à celles consacrées à la protection de l'environnement.

75. Le coût estimatif de la protection de l'environnement ne semblera pas aussi considerable si une partie des ressources nécessaires vient d'un redéploiement, d'une réorientation et d'un recyclage des effectifs, du materiel, de l'infrastructure et des moysns techniques qui sort utilises à l'heure actuelle à des fins autres que la protection de l'environnement. C'est dans ce contexte que la communauti internationale doit étudier sérieusement les possibilités d'utiliser pour la protection de l'environnement des ressources affect&es à des activités militaires, spécialement maintenant que les reductions récentes des armements et des forces armées permettent vraiment de penser que ces ressources vont être libérées ou vont rester inutilisées.

B. Intégration des ressources affectées à des activités militaires dans les stratégies de protection de l'environnement : coûts et autres considérations

76. L'utilisation des ressources affectées à des activités militaires aux fins de la protection de l'environnement devra se faire essentiellement en deux phases : une phase d'inventaire où l'on définira l'utilité des ressources et une phase de formulation d'un plan de mobilisation des ressources, avec pour chacune une analyse coût-avantage.

77. Selon le pays, les ressources affectées à des activités militaires varient considérablement en importance. composition et technicité. En principe, elles se divisent comme suit :

a) Effectifs : personnel militaire, appelés, personnel civil, techniciens et personnel d'appui;

b) Compétences professionnelles et connaissances techniques des officiers et soldats, ainsi que des scientifiques, techniciens et autre personnel des institutions et organismes qui épaulent l'organisation militaire proprsment dite;

c) Materiel de toute nature allant de6 armes individuelles aux chars, des navire6 et aéronefs aux instruments de laboratoire perfectionnés;

d) Fonds alloués par les gouvernements pour le traitement du personnel dans lea divers services de la défense, pour l'entretien du matériel existant et pour la recherche-développement et l'achat de nouveaux materiels:

e) Infrastructure - utilisation du sol, matériel, usinos de fabrication, machines, installations, bureaux d'étude et bâtiments aur diverse6 étapes de leur vie active:

f) Capacités techniques, y compris la recherche-développement en cours.

78. A certain6 égards, les organisations militaires sont particulièrement à même de renforcer les moyens dont dispose le secteur civil international pour appliquer de6 strategies de protection de l'environnement. Le personnel militaire est parfaitement équipé pour faire face à des situations catastrophiques, d'où son utilité pour répondre aux catastrophes icologiques et pour la manutention et l'élimination de substances radioactives hautement toxiques et autres substances nocives. Les organismes militaires disposent d'une masse de données réunies par les services de renseignements qui peuvent aider à suivre les changements dens l'atmosphère, les océans et à la Surface de la Terre. Les aéronefs militaires, les navires de surface et les sous-marins disposent des appareils nécessaires pour réunir de6 informations supplémentaires sur les changements climatiques, les courants et la temperature de6 océans. De6 techniques utilisées en Surveillance militaire comme le "marquage" pourraient être facilement employee6 pour Surveiller le transport de polluants et de substances toxiques et pour verifier que l'élimination de6 armements s'effectue selon des méthodes écologiquement sûres. La technique du "marquage" a déjà été mention&e à propos de la

verification des limitations numériques et géophysiques imposées dans des traités comme celui de 1990 sur les forces armées conventionnelles en Europe 6/.

79. En se fondant. sur les résultats obtenus dans certains pays et les caractéristiques des organisations militaires, on peut envisager, en principe, les roles multiples que le personnel et le materiel militaire pourraient remplir en matière de protection de l'environnement. Il faut toutefois établir une distinction prudente entre l'utilisation de personnels et de materiels militaires à l'intérieur des frontières d'un pays et dans un contexte mondial dans des territoires relevant de la juridiction d'autres nations souveraines. L'utilisation éventuelle des ressources affect&es à des activités militaires dans le cadre des efforts multilatéraux internationaux déployés pour faire face au problème de la protection de l'environnement devrait donc être conforme aux principes établis du droit international et du respect de la souveraineté nationale. Certains enseignements peuvent également être tires de l'expérience acquise par l'Organisation des Nations Unies dans le cadre de6 efforts faits pour promouvoir la cooperation technique internationale :

a) Le personnel militaire pourrait être assigné temporairement à des operations de nettoyage et de remise en état des zones polluées ou dégradées. A toutes fin6 pratiques, ce genre d'opération s'apparenterait à des travaux de campagne de sorte qu'elle devrait être confiée de preference à des unites du genie. L'aide d'unités militaires spéciales serait précieuse pour les operations de nettoyage entreprises à la suite de catastrophes accidentelles mettant en jeu des substances chimiques ou radioactives. Dsns le cas d'une operation de grande envergure mais n'exigeant pas des compétences spéciales, les unites du genie pourront être renforcées par des troupes d'autres unites:

b) Une autre utilisation possible des compétences militaires serait de les appliquer à la surveillance des activités préjudiciables pour l'environnement. L'utilisation de navires, d'aéronefs ou de spationefs faciliterait la collecte de données sur l'environne - et les observations: des opérations de surveillance policière des cours d'eau ou Aes régions isolées aideraient à prévenir - ou du moins à détecter et à dépister - les déversements de déchets et d hydrocarbures qui dégradent l'environnement, de mdme que les catastrophes na. relles comme les feux de forêt. En haute mer, une surveillance aérienne ou de surface pourrait être particulièrement utile, la surveillance à partir de l'espace ayant un caractère plus ou moins global. Les unites navales pourraient utilement contribuer à la protection au milieu marin. Los mers et les oceans qui recouvrent plus de 70 % de la surface du globe constituent en droit international un patrimoine mondial. Comme on peut le lire dans les conclusions de l'étude de 1985 des Nations Unies sur La course aux armements navals 11/, les forces navales pourraient contribuer à la mise en oeuvre efficace, à titre de mesure de confiance, de politiques multilatérales de gestion des oceans aux fins de leur utilisation pacifique. Cette gestion, sous les auspices de l'Organisation des Nations Unies, pourrait englober la surveillance du milieu marin, la mise en oeuvre de mesures de protection et la vérification des accords internationaux sur l'environnement:

c) Lee unités militairee habituées à réagir rapidement pourraient se charger, dans les limites de6 frontières nationales, de6 opérations de secours d'urgenco destinées à limiter lee atteintes à l'environnement. Cette tâche devrait être confiée à de6 unités spéciales et il conviendrait de mettre au point de6 procédures d'alerte. On pourrait, à l'exemple d'autres pays, constituer un corps de secours en cas de catastrophe compose de civils et de militairee qui seraient chargés de faire face aux situations d'urgence. L'élément militaire de cette force pourrait être composé de personnel médical et de6 unités du génie. Il pourrait être équipé de véhicules chenillés légers, de véhicules amphibies, d'hélicoptères et d'avions de transport;

d) Considérées comme *une* forme particulière d'assistance internetionale adapt&e à la protection de l'environnement. ces ressources nationales pourraient être placées sous le contrôle de l'Organisation des Nations Unies de sorte que, sur demande, elles pourraient être mises à la disposition d'un pays touché par une catastrophe écologique.

80. Un important facteur à étudier avant de decider de l'utilisation des ressources affectées à des activités militaires pour la protection de l'environnement est lo facteur rentabilité. Dan6 la catégorie coûts entreraient non seulement les dépenses occasionnées par le recyclage, le redéploiement et le remboursement, mais également de6 restrictions d'ordre politique concernant l'utilisation de matériel militaire à de6 fins non mili taires. Ainsi, de6 operations écologiques pourraient être confides, sans formation supplimentaire ou presque, à du personnel militaire, à condition qu'il soit dispose à entreprendrs cette mission et que le pays hôte accepte son détachement. L'utilisstion éventuelle à des fins non militaire; de matériel et d'infrastructures militaires risque de surcroît d'entrainer des coûts considerable6 autres que ceux nécessaires à la remise en état. D'importants enseignements peuvent être tirés de6 mesures prises pour transférer les ressources militaires au secteur civil à la suite des réductions récentes intervenues dans le domaine des armements et de6 forces armies.

81. D'une manière générale, le secteur de la défense, en particulier celui des grandes puissances militaires, accorde une plus grande importance à la recherche-développement, fait davantage appel aux techniques de pointe en matière de fabrication, a recours aux service6 de spécialistes, ingénieurs et scientifiques plus hautement qualifies et dépend moins de6 fluctuations de la demande que les secteurs civils de l'économie. Les caractéristiques du secteur civil et ses besoins en ressources et technologies sont généralement radicalement différents des exigences du secteur militaire. Cette difference ne s'applique pas seulement aux techniques, aux technologies, à l'équipement et aux ressources humaines, mais igalement aux méthodes de gestion, à l'accent mis sur les études technique6 et à l'utilisation finale des produits du secteur civil. Les chevauchements il est vrai sont fréquents : une usine ou un bureau d'étude travaillant à la construction ou à la mise au point d'un avion de combat peut assez facilement se convertir à l'aviation de transport: lee installation6 lourdes de forgeage et de moulage d'une usine de chars peuvent servir à la Eebrication de locomotives et de matériel ferroviaire roulant. Mais, le plus souvent, la correspondance ne sera pas parfaite et les ressources ne seront utilisable6 qu'après avoir subi de6 modifications coûteuses 12/.

82. La plupart des chars, pièces d'artillerie et autre materiel militaire devenus sans emploi par suite des accords sur la limitation des armements finiront à la ferraille s'ils ne sont pas recycles. De même, le materiel affecté par la reduction de certains types d'armes risque d'avoir une durée d'activité limitée et le coût de sa remise en état pourra excider la valeur de sa production escomptée. En outre, il peut arriver que les entreprises, les bureaux d'étude et les installations ne soient pas adaptables à la production civile.

83. Des experiences récentes de diversification ou de conversion du secteur militaire vers la production civile ont également montré que, dans bien des cas, il est plus économique de fermer une entreprise ou de la mettre en cocon que de la rééquiper. A diverses reprises on a souligni qu'avant d'être rentable, un projet de conversion à des utilisations non militaires exige des apports substantiels. En Union soviétique par eremple on a estimé qu'une reorganisation des capacités operationnelles et la creation de nouvelles installations civiles dans les entreprises militaires demandera 40 milliards de roubles plus une somme équivalente pour la recherche-developpement consacrée à la production civile du complexe militaro-industriel 13/.

84. Les economies resultant de la reduction des armements ne compenseront peut-être pas intégralement les coûts de la modification du matériel et de l'infrastructure militaires. L'importance de l'infrastructure d'appui pour le personnel et la production militaire n'est pas directement proportionnelle au chiffre des effectifs ou au nombre d'installations. Les éléments invariables du coût sont là quel que soit le volume de travail. L'iquipe qui conçoit un avion sera la même que cet avion soit construit à 100 ou 1 000 exemplaires. Ceci explique que la plupart des pays n'ont plus les moyens de concevoir et de construire eux-mêmes un nouvel avion de combat, Toute reduction du nombre d'éléments achetés pendant une période donnée se traduira par des économies budgétaires proportionnellement plus faibles 14/.

85. La conversion à des fins civiles de materiel militaire devenu inutilisable ou interdit par suite d'accords de limitation des armements pourrait soulever des problèmes de sécurité. Les négociateurs voudront assurer que le materiel interdit ou converti ne servira pas de nouveau à des fins militaires. Même lorsqu'il est possible, par exemple, d'utiliser des chars comme véhicules de lutte contre l'incendie en cas de catastrophe nucliaire, on peut toujours se demander, à juste titre ou non, si en agissant ainsi on n'éluderait pas l'objectif d'un traité de contrôle des armements qui est de rendre ce materiel inutilisable. Il faudra également tenir compte des problèmes de sécurité lorsqu'on étudiera les possibilités d'utiliser la ressource militaire qui présente le plus d'intérêt pour la protection de l'environnement, c'est-à-dire la capacité scientifique et technique des organisations militaires.

C. Capacités technologiques des organisations militaires

86. Parmi les capacités technologiques des organisations militaires figurent leurs activités de R-D, leurs laboratoires, leur materiel et les connaissances spécialisées des membres de la communauté scientifique. Dans le cas des grandes puissances militaires, non seulement ces capacités sont considérables,

mais elles ont aussi été relativement épargnées par les tendances récentes en matière do restrictions budgétaires. C'est ainsi que, dans la plupart des pays membres de l'OTAN, le niveau de financement de la recherche-développement eat plus élevé que jamais. Selon des estimations, le budget de R-D du Ministère de la difense de la République fédérale d'Allemagne aurait augment6 de 11,3 % en 1990. L'accroissement du budget français de 1990 pour la R-D en matière d'armes classiques a été de 14 % et a attsint 52,3 % dans le cas des programmes spatiaux du Ministère de la defense. Au Royaume-Uni, la situation est un peu diffirente. Alors que le budget de la R-D dans le secteur public est généralement en baisse (en valeur réelle), la part allouée à la R-D dans le budget du Ministère de la défense est restée constante. Le Gouvernement s'est efforcé d'inciter les entreprises privies à prendre elles-mêmes à leur charge une partie des dépenses consacries à la R-D. Actuellement, les gouvernements de la plupart des pays semblent appliquer une stratégie à deux vitesses. D'une part, les nigociations sur la limitation des armements classiques sont menées plus sérieusement qu'auparavant et la politique officielle est aux riductisns négociées des effectifs et du materiel. D'autre part, la mise au point d'armes nouvelles perfectionnées n'a pas été interrompue. Rares sont les plus grands projets annulés jusqu'ici, bien que quelques programmes sans grande ampleur et d'un faible degré de priorité aient été ajournés et que parfois le nombre des systèmes devant être achetés ait été réduit. Il est par consequent probable qu'à l'échelle mondiale, le secteur militaire restera dans le proche avenir un consommateur de premier plan des techniques de pointe, comme il l'a été durant les 40 dernières années.

87. La plupart des technologies modernes sont par essence à double fin et peuvent être utilisées en vue d'applications tant civiles que militaires. Cette dualiti encourage à envisager la possibilité de réorienter les technologies à vocation militaire vers le secteur civil sans modifications coûteuses, et notamment leur application aux problèmes de l'environnement. Les mesures pratiques en ce sons doivent toutefois tenir compte du fait que les systèmes militaires très complexes fondés sur des techniques de pointe ne sont pas précisément conçus à des fins écologiques. *Dans* de nombreux cas, ils répondent à des specifications trop rigoureuses et sont trop complexes et trop peu rentables pour une utilisation civile dans le domaine de l'environnement. Néanmoins, on devrait pouvoir tirer parti deo investissements deja consacrés au diveloppement des capacités technologiques des organisations militaires, en particulier dans le domaine de la R-D.

88. Dens de nombreux pays, la R-D en matière de défense est souvent plus diversifiée et polymorphe qu'on ne s'en rend généralement compte. C'est peut-être une question de tradition, à quoi s'ajoute le fait qu'il peut falloir bien des années pour déterminer si un résultat scientifique a des applications et, dans l'affirmative, à quelles fins. En consequence, et contrairement peut-être aux opinions généralement répandues, les laboratoires travaillant pour la défense consacrent une large part de leurs efforts à des recnerches dont le caractère intrinsèque n'est pas purement militaire: les applications peuvent servir les deux types d'objectifs. Jusqu'b ce qu'on puisse en disposer, elles ne peuvent être considérées que comme des instruments potentiels en matière d'erivironnement. On peut en citer comme exemples la technologie des matériaux et les bien moins récentes technologies

/...

nucléaires telles que celles concernant la transmutation des dichets radioactifs. Une approche analogue pourrait également être appliquée à d'autres grands domaines technologiques.

89. Les armées modernes attachent de la valeur à cinq grands domaines de technologie, à savoir la technologie nucliaire, la technologie spatiale, la technologie des matériaux, les technologies de l'information et la biotechnologie - l'utilisation militaire de cette derniire faisant déjà l'objet d'un tabou international très strict. Dans son rapport sur les progris scientifiques et techniques et leurs incidences sur la sécurité internationale (A/45/568), le Secrétaire général fait observer qu'il est peu probable que les applications militaires de la technologie nucléaire fassent bientôt des avancées spectaculaires. Les progrès de la technologie spatiale continuent d'être alimentis par une multitude de disciplines scientifiques différentes, qu'il s'agisse des propriétés chimiques du propergol pour fusées, des effets psychologiques de l'isolement en apesanteur ou de l'aspect mathématique des calculs orbitaux. D'importants progrès sont en cours aussi bien dans le domaine de la technologie des matiriaux que dans celui des sciences de l'information.

90. Les techniques de l'information (tant pour le matdriel que pour le logiciel) semblent être, à court terme, particulièrement adaptées aux besoins concernant la protection de l'environnement. Résultant d'une multiplicité d'innovations interdépendantes dans les domaines de la micro-electronique, de l'informatique et des télécommunications, les techniques de l'information ont des ramifications innombrables. Elles sous-tendent les progrès de la technologie des matériaux, de la technologie spatiale, de la technologie nucléaire et de la biotechnologie, mais ne dependent elles-mêmes que des matériaux. Toutes les technologies d'importance sont tributaires de l'information pour leurs systèmes de recherche, de gestion et de contrôle, à tel point que l'information est parfois considérée comme étant au centre de l'essort technologique act el 15/.

91. Les technologies de l'information sont généralement associies à quatre missions militaires essentielles : la reconnaissance des forces mobiles ennemies: l'établissement de communications permettant d'assurer des possibilités suffisantes de liaison et de contrôle des forces amies; l'exercice du commandement et du contrôle avec l'appui de systèmes d'information, et la mise au point de systèmes d'armes automatisis et intelligents. Les sous-branches technologiques qui revêtent de l'importance au regard de ces fonctions sont la micro-electronique, le traitement des images, l'ingénierie assistée par ordinateur, le genie logiciel, le calcul informatisé des structures (architectures, configuration), la technologie des communications, les systèmes d'intelligence artificielle et les systèmes experts. L'étude annuelle des nouvelles technologies militaires pour 1989, établie par le Department of Defense des Etats-Unis, énumère 22 domaines critiques dont la plupart présentent de l'intérêt pour les systèmes d'information dans le secteur civil comme dens le secteur militaire (voir appendice I).

92. Les organisations militaires modernes ont mis au point en vue de l'exécution des missions militaires des techniques et moyens perfection&s

parmi lesquels des détecteurs, des plate-formes (comme les satellites), du materiel (comme les ordinateurs), des réseaux de communication, des systèmes mondiaux de localisation et des enercices de simulation et de modélisation. Dans certains cas, des applications des techniques d'information à l'environnement ont déjà été réalisées ou sont en voie de l'être, ou pourront l'être sans difficult6 après adaptation. Dans d'autres, la technologie de base peut être adaptée. Un aperçu des applications de technologies à l'environnement est donné au chapitre IV.

D. Perspective de participation du secteur militaire à la protection de l'environnement

93. A premiere vue, il peut sembler qu'invoquer les besoins à satisfaire en matière d'environnement ne soit qu'un exemple de plus des nombreuses demandes dont font l'objet les ressources actuellement consacries au secteur militaire et doive par suite se heurter à tous les obstacles habitue16 : institutionnels, économiques, politiques et strategiques. Les rapports entre civils et militaires au sein de la société, les revendications concurrentes en faveur de la production militaire et de la production civile dans l'économie, les priorités politiques et les considerations touchant la sécurité peuvent affaiblir le soutien apporté à l'utilisation des ressources de caractère militaire *en* tant qu'instruments au service de l'environnement. En revanche, une nouvelle sirie de possibilités encore inexplorées a été amorcée par l'ivolution récente de la situation internationale, à savoir la detente politique, la désescalade militaire et la prise de conscience croissante que nombre des problèmes soulevés par l'environnement sont de portée mondiale. Dans ces conditions, une mission de protection de l'environnement pourrait fort bien devenir pour l'appareil militaire une chance à saisir. Quoi qu'il en soit, la protection de l'environnement recouvre une large gamme de questions et l'optimisation icologique des activités à caractère militaire doit être envisagée en consequence. Bien qu'elle implique nécessairement des choix pour la repartition des ressources entre objectifs concurrent6 et parfois incompatibles, il importe de souligner que le programme de protection de l'environnement doit être établi en fonction des impératifs ecologiques et non militaires.

94. Le secteur environnemental et le secteur militaire ont l'un et l'autre à l'égard de leurs objectifs respectifs une approche multidisciplinaire et axée sur leur propre mission. Tous deux sont aussi soumis à de pesantes contraintes et réglementations gouvernementales. Le secteur militaire possède un personnel de gestion très entraîné, rompu aux itudes de systèmes et analyses décisionnelles requises pour la selection de projets nationaux compte tenu de l'infrastructure nationale et des ressources locales. Ces compétences pourraient être appliquies des plus utilement à l'évaluation des risques environnementaux et des techniques ainsi qu'à la mise au point de technologies écologiquement bénignes et énergétiquement rationnelles.

95. La possibilité que la perspective de consequences économiques avantageuses soit déterminante dans la decision de prendre ou non les problèmes écologiques en consideration est un facteur crucial pour la reorientation des organisations militaires au service de l'environnement. Des matériels à caractère militaire comme les superordinateurs et les aides à la navigation

sont de plus en plus utilises à des fins environnementales, alors que des centaines d'entreprises travaillant pour la défense dans les pays industrialises voient se rdduire le marché offert à leurs produits. Les organisations militaires devraient par exemple évaluer les coûts et avantages qu'il pourrait y avoir à utiliser une frégate comme plate-forme d'observation météorologique en mer plutôt qu'à la laisser à quai en pure perte.

96. Un trait caracteristique commun à toutes les ressources destinées au secteur militaire est qu'elles sont en principe à la disposition immediate des gouvernements. Les decisions gouvernementales en matière de relocalisation seraient facilitées si, pour toute tâche concernant l'environnement, une comparaison était faite entre le coût de son execution grâce aux ressources militaires, et le coût correspondant du recours à d'autres moyens. Une telle comparaison, intégrée à chaque stratégie nationale de reconversion des ressources militaires, pourrait encourager les organisations militaires à y coopérer, en particulier lorsqu'une part importante de la R-D et de la production militaires est réalisée dans le secteur industriel privi. Il se peut que le recyclage du personnel et lo renovation du materiel de6 organisations militaires ne constituent pas de6 solution6 optimales du point de vue de l'environnement, mais représentent cependant la meilleure option au regard de l'économie nationale dans son ensemble.

97. Pour les gouvernements, une decision de principe visant à mettre les ressources à caractère militaire au service de l'environnement dans le cadre national serait plus commode à prendre que celle d'intigrer ces ressources à un programme écologique mondial. Les ressources destinies à des fins militaires sont inégalement réparties entre les pays industrialises et les pays en développement ainsi qu'au sein de ces pays. Pour nombre d'entre eux, les capacités humaines, technologiques et matérielles de leur appareil militaire ne sont pas à la mesure des énormes problèmes que leur pose l'environnement. Des actions nationales peuveat aussi être engagies à court terme sur certains de ces problèmes, mais il est peu probable qu'elles apportent des solutions à long terme aux problèmes mondiaux en matière d'environnement. Chaque pays doit donc assumer dans la protection de l'environnement une part de responsabilité correspondant à ses capacités. Dans ce contexte, un effort de cooperation international en vue d'utiliser les ressources de caractère militaire au profit de l'environnement pourrait servir un double objectif : il pourrait d'une part constituer un exercice politiquement symbolique visant à accroître la confiance dans le cadre d'opérations en association, et d'autre part encourager dgalement des organisations militaires d'envergure mondiale à assumer une part proportionnelle à leurs capacités des obligations envers l'environnement. Deux grands domaines éminemment propices à pareilles activités de cooperation seraient d'une part le transfert des techniques, et d'autro part la formation et l'éducation.

1. Transfert des techniques

98. Les capacités techniques des organisations militaires modernes, si prometteuses qu'elles soient pour la protection de l'environnement, ne sont pas facilement accessibles à tous ceux qui en ont besoin. Pour plus d'un milliard d'habitants des pays en développement, les rapides progrès de la

science et ses possibilités spectaculairas n'ont guère de signification. L'amélioration de leur environnement résulterait d'un accbs élargi à des techniques simples, comme celles qui permettent par exemple d'obtenir un approvisionnement en eau potable, des sources d'énergie et des façons culturelles viables, ainsi que les soins de santé de base tels que vaccination: et mesures d'hygiène. L'éducation et l'accès aux techniques essentielles mais peu coûteuses aujourd'hui tenues pour acquises aideraient les déshérités de la terre à améliorer leur environnement et contribueraient au succbs des efforts tendant à réduire les risques auxquels celui-ci est exposi.

99. L'accès aux technologies existantes ou nouvelles est une condition préalable pour l'élaboration de strategies mondiales efficaces dans le domaine de l'environnement. Le transfert de techniques aux économies en développement apparaît comme un élément clef pour la protection mondiale de l'environnement. Ce transfert porte sur une multitude d'activités supposant une circulation international% dans les domaines de la recherche, des connaissances, de la formation, des études et des procédés techniques ainsi que du matériel. Sous sa forme la plus simple, cela signifie qu'une technique mise au point ou détenue par un secteur ou domaine donné (autrement dit la source) est utilisée par un autre (l'assimilateur), ordinairement dans un lieu different et parfois à des fins différentes. Cela se traduit souvent par le transfert de techniques d'une branch% d'activité à une autre, d'établissements universitaires ou de R-D à une branche d'activité, ou d'un pays développé à un pays en développement. Dans la conjoncture actuelle, 1% transfert des techniques peut englober tous ces aspects, mais prend une dimension nouvelle du fait de l'engagement particulier du secteur militaire et du caractire implicitement international de ce transfert.

100. Les p&occupations commerciales au sujet des brevets industriels, des droits à la propriété intellectuelle et des considérations de sécurité concernant le partage d'informations importantes du point de vu% stratégique sont devenues désormais des arguments familiers dans les débats internationaux relatifs au transfert des techniques entre les donateurs développés et les bénéficiaires moins avancés. Les exemples les plus réussis de transferts de techniques sont ceux où donateurs et bénéficiaires ont trouvé l'un et l'autre un intérêt appréciable sinon Qgal à l'opération. Pareils transferts des organisations militaires d'envergure mondiale au secteur mondial de l'environnement devraient être possibles si le secteur militaire se considère aussi concerné que la communauté civile international% devant une ddgradation icologique grave et parfois irréversible. Les risques écologiques mondiaux tels que la raréfaction de l'ozone et la réduction de la diversité biologique ne conaaissent pas de frontières; ils ne font pas non plus de distinction entre le secteur civil et le secteur militaire.

101. Cette approche mondiale des problèmes de l'environnement est axée sur la reconnaissance du fait que des technique6 non polluantes à haut rendement énergétique, des moyens de production (tant d'articles manufacturés que de produits agricoles) et des méthodes d'évaluation, de surveillance et de restauration de l'environnement doivent être mis à la disposition des pays en développement.

2. Education et formation

102. La bonne volonté des pays à permettre que les ressources destinies au secteur militaire soient utilisées à l'échelle mondiale en tant qu'instruments au service de l'environnement pourrait être renforcée par une sensibilisation de l'opinion publique au moyen de l'éducation. La conscience de la degradation subie par l'environnement du fait de l'homme est insuffisante dans de nombreux pays. Certains de ceux-ci ne sont pas informés de l'impact de leurs activités jour.alières sur l'environnement. Les pays manquant des compétences nécessaires gagneraient à ce que leur personnel soit formé de manibre à renforcer leurs organisations de protection de l'environnement. Ce personnel contribuerait à l'éducation du public en vue de susciter une large prise de conscience dos dangers réels ou potentiels menaçant l'environnement national et de cc que les particuliers eux-mêmes peuvent faire pour réduire ct. dangers. L'appui du public en faveur de l'utilisation des ressources destinées au secteur militaire en tant qu'instruments au service de l'environnement pourrait aussi être renforcé par une participation de personnel tent militaire que civil à l'éducation on matière d'environnement.

103. 11 est dans l'intérêt de tous les pays qu'ils utilisent de façon optimale les ressources dont ils disposent, y compris celles qui sont actuellement consacrées au secteur militaire. A cette fin, investir dans la formation et l'éducation est de la plus haute importance pour promouvoir une utilisation écologiquement efficace des ressources naturelles. En outre, une partie des ressources financières libérées par les reductions des budgets de défense pourrait faciliter une conversion à de6 schémas de croissanco et de consommation tenant compte de l'envi ronnement . Les mithodes de type militaire utilisées pour disposer des produits dangereux seront utiles pour assurer convenablement l'élimination des déchets toxiques au lieu de les déverser dans des endroits qui ne sont pas aménagés pour les recevoir.

IV. APPLICATIONS A L'ENVIRONNEMENT DES TECHNOLOGIES DU SECTEUR MILITAIRE

104. Le rôle crucial de la science et de la technique dans la protection de l'environnement a été reconnu dans la resolution 44/228 de l'Assemblée générale, relative à la Conference des Nations Unies sur l'environnement et le développement. Les technologies du secteur militaire présentent en gros deux types d'intérêt pour l'environnement. 11 faut des technologies de pointe pour résoudre efficacement les problèmes écologiques. Or, les ressources disponibles pour la protection de l'environnement sont toujours insuf fisantss. Les technologies de pointe existent, mais elles ne sont pas suffisanunent orient&es vers des objectifs écologiques. En revanche, le secteur militaire continue à en consommer une part importante.

105. De toutes les ressources du secteur militaire, les technologies sont celles qui se prêtent le mieux à un usage en faveur de l'environnement, et la plupart d'entre elles sont mixtes par nature. Bien souvent, les applications écologiques ne diffèrent pas fondamentalement des applications mflitaires, sauf que ces dernières sont plus complexes et plus coûteuses. De nombreux systèmes ont été élaborés en parallèle ou, s'ils l'ont été à des fins militaires, ils ont eu des retombées dens le secteur civil. Dens les pays à

iconomie de marché, il arrive que les fabricants et lee organisations de R-D travaillent pour les deux secteurs, et les laboratoiras et organfsmes de défense ont souvent d'importants objectifs non militaires, et vice versa. Le fait qu'une partie de la R-D et de la production à des fins civiles soit ainsi financée par lss budgets militaires est parfois jugé bénéfique par le secteur fndustriel. La présente étude traite des ressources à caractère militaire, mais il n'est pas toujoure possible de faire la distinction entre les aspects militaires et non militaires, surtout en ce qui concerne la technologie. L'inverse est évidemment vrai, et l'on peut affirmer que le secteur civil joue un rôle pilote dans de nombreux domaines.

106. Lee techniques d' information, notamment, sont faciles à adapter à la protection de l'environnement. Bon nombre de leurs applications militaires peuvent ssrvir à des fins icologiques sans modification coûteuse du matériel ni recyclage du personnel. A certains égards, les impératifs techniques sont moins stricts pour l'environnement que pour le secteur militaire. Bien entendu, l'applicabilité dépend souvent des caractéristiques techniques.

107. Pour pouvoir atteindre des objectifs à long terme en matière de protection de l'environnement, il faut évidemment comprendre les problèmes techniques que posent les risques d'origine naturelle et humaine, savoir formuler des politiques claires et pouvoir répondre rapidement aux situation6 d'urgence qui présentent un danger pour l'environnement. Les établissements militaires peuvent contribuer à la réalisation de ces objectifs en participant à la mise au point des méthodes et des systèmes de surveillance de l'environnement et en renforçant les moyens d'intervention rapide en cas d'urgence, ainsi que les capacités en matière d'étude d'impact sur l'environnement et de prise de décisions, et en prenant des mesures à caractère 6cologique.

108. Pour l'accomplissement des missions militaires, les établissements militaires modernes ont mis au point des méthodes et du matériel perfection&s : capteufs, plates-formes telles que les satellites, ordinat.eurs, réseaux de communication, système mondial de localisation, modèles de simulation, etc. Dans certains cas, des applications à l'environnement sont déjà en place ou le seront prochainement. Dans d'autres, les technologies de base peuvent être adapt&s. Le présent chapitre est essentiellement consacri aux domaines où le caractère mixte des capacités technologiques à caractère militaire favorise lour utilisation pour la protection de l'environnement.

A. Surveil ance de l'environnement

109. Les menaces qui pèsent sur l'environnement sont souvent le résultat cumulatif de longues périodes de négligence et d'abus. Qu'il s'agisse de faire face à des problèmes mondiaux tels que l'appauvrissement de l'ozone dans la stratosphère, le changement climatique ou la disparition de la diversité biologique, ou de répondre à des situations d'urgence dans certaines régions du monde, il eat très pricieux de pouvoir prévoir les événements. La surveillance de l'environnement est donc reconnue comme l'une des grandes mesures de prévention et de diagnostic. Dans ce domaine, la technologie joue un rôle essentiel et est fréquemment mise à contribution, par exemple dans 18

cadre de programmes internationaux tela que le Système mondial de surveillance continue de l'environnement, la Base de données sur les ressources mondiales et le Programme mondial d'étude de l'oxone 16/. Toutefois, les moyens actuellement mis en oeuvre ne suffisent pas pour faire face à l'ensemble des problimes. Le recours aux technologies à caractère militaire permettrait d'améliorer sensiblement les capacités techniques et de pallier en grande partie l'insuffisance des ressources. Les installations et les techniques militaires pourraient offrir un intérêt tout particulier pour la surveillance de 1' environnement .

110. Le secteur de la défense a rassemblé des données précieuses sur les océans, la banquise, l'atmosphire, les systèmes hydrologiyues et végétal et autres domaines. Bien intégrées, ces données pourraient aider à mieux comprendre le milieu nature1 ainsi que l'environnement perturbé par l'homme. Lee laboratoiree de l'armée pourraient utiliser leurs ressources en matière d'informatique et de modélisation pour exploiter de manière plus complete des données faciles à ohtenir. On pourrait recourir à des méthodes informatiques perfection&es pour interpréter les résultats produits par les systèmes de capteurs.

111. Les établissements militaires ont los moyens de localiser les données intéressantes, de vérifier si elles conviennent et de fairs progresser la compréhension des phénomènes et modèles climatiques locaux, régionaux et mondiaux. On pourrait par exemple utiliser les instruments perfectionnés et très sensibles des laboratoires militaires pour tirer davantage d'informations des échantillons géologiques et atmosphériques, afin de mieux connaitre les climats passes, l'ère glaciaire, l'alimentation des nappes aquifères, les cycles biogéochimiques, la circulation atmosphérique et la chimie de 1' atmosphère.

112. En améliorant la collecte des don&es, on pourrait étudier tout un éventail de problèmes d'environnement et de santé, aliant des effets du gaz carbonique et autres emissions due6 à la production d'inergie aux consequences du rejet accidentel de matières dangereuses. Il faut combler les lacunes relatives à la determination Au bilan radfatif de la Terre et aux mesures à haute resolution verticale de variables climatiques essentielles telles que la vapeur d'eau, les aérosols, los vents et la temperature. Bien qu'on mette actuellement en place des moyens valables de cartographier les concentrations variables de l'oaone, il faut élargir les etudes de la dynamique et de la chimie de l'atmosphère af in d'améliorer les prévisions relatives aux futurs niveaux d'ozone et aux effets des substituts des chlorofluorocarbones. 11 faut à la fois des interventions en cas d'urgence et une surveillance à long terme, ces deux types d'action pouvant être facilités par les plates-formes et les capteurs perfectionnés mis au point par l'armie.

113. Les plates-formes de télédétection conviennent bien à la collecte des informations nécessaires pour mieux comprendre l'environnement, par exemple en ce qui concerne l'atmosphère (couche gazeuse), la lithosphère (croûte solide de la Terre), la biosphère organique (support biologique) et l'hydrosphère (couche d'eau), y compris la cryosphère (couche de glace). (L'annexe III comprend un inventaire des capteurs satellisis et de leurs applications à divers elements de l'environnement.)

114. Lea capteurs sont soit actifs, soit passifs. Ils peuvent être fixes ou mobiles (c'est-à-dire places à bord d'aéronefs, de satellites ou de véhicules pilotés à distance). (Un inventaire technique figure à l'annexe III.)

115. L'épine dorsale des opérations de défense aérienne stratégique et tactique es' constituée par un grand nombre de radars de surveillance au sol, fixes ou mobiles. Los systèmes aéroportés permettent d'effectuer des vastes operations de reconnaissance des limites spatialea à partir de l'air et du sol. Les avions de reconnaissance SR-71 et TR-1 des Etats-Unis offrent un système de surveillance à haute altitude du champ de bataille en temps proche du temps réel. L'Agence nationale de l'aéronautique et de l'espace des Etats-Unis (NASA) en exploit8 une version civile (le ER-2) pour ses recherches sur lee ressources terrestres 17/. 11 exist8 également d'autres aéronefs dans ce domaine.

116. Les satellites d'observation de la Terre constituent des plates-formes idéales de télédétection pour les etudes à échelle mondiale. Les prlncipaux types de satellites militaires sont les suivants : satellites de reconnaissance photographique, satellites de reconnaissance radar, satellites de reconnaissance électronique, satellites d'alerte rapide, satellites de surveillance des oceans, et satellites météorologiques et géodésiques. (Des exemples de satellites americains figurent à l'annexe III.)

117. Certains systèmes de detection employés par les militaires pourraient être installés sur des camions, des hélicoptères, des avions et des navires. Leurs applications à l'envlronnement sont notamment l'analyse de l'eau et des incendies, la determination des niveaux de pesticides, et les mesures de la pollution après un accident.

118. On a mis au point des marqueurs radioactifs qui, associés à une analyse chimique sensible, permettent de dresser la carte du cheminement des contaminants et de mesurer leur durée de migration. Diverses techniques, notamment la spectrométrie de masse au moyen d'accélérateurs, permettent de détecter de faibles concentrations d'isotopes dans de très petits echantillons. Les radio-isotopes peuvent servir à étudier le cycle de l'eau, à mesurer l'érosion, à suivre les flux d'énergie à travers les réseaux alimentaires aquatiques, et à determiner l'âge des eaux souterraines, de la glace, des rochers, des sediments, etc. (voir annexe III).

119. Pour les mesures envahissantes, on peut mettre au point des méthodes de forage plus rapides, moins coûteuses et moins nuisibles, et utiliser des capteurs en bout de tubes de forage pour opérer des mesures in situ et surveiller à long terme la progression des actions correctives. On peut aussi associer des techniques non envahissantes de levé géophysique avec des géoradars améliorés, ainsi que des combinaisons de données perfectionnées et des images informatiques pour obtenir en temps reel des images claires en relief de la subsurface.

120. Les instruments perfection&s de télédétection permettent d'étudier les terree, les eaux intérieures et les oceans ainsi que les écosystèmes naturels ou gérés par l'homme. Les capteurs passifs perçoivent les regions de l'infrarouge thermique et des ondes d'hyperfrequence du spectre, qui ne sont

pa6 fortement absorbées par l'atmosphère, et certaines parties du spectre visible et proche du visible. Les capteurs actifs, qui balaient la surface do la Terre au moyen d'une source de rayonnement électromagnétique dans 18s gammes d'ondes radar et optiquss, ne Sont pa6 perturbés par le rayonnement nature1 de la planète. Les capteurs actifs et passifs sont l'un et l'autre utile6 à la surveillance de l'environnement (voir annexe III).

121. Les capteurs passifs sont particulièrement intéressants pour évaluer les formes de relief et leur mode de variation (giomorphologie fondamentale telle que failles, altitude des couches, plissements, géomorphologie de6 côtes, couverture terrestre, évaluation des ressources en eau, couverture glaciaire, volcanologie, etc.). La détection dans l'infrarouge thermique, par exemple, est très efficace pour étudier l'activité volcanique secondsire, 18s courants océaniquer et côtiers, 18s in ondies de forêt et l'écoulement des eaux souterraines.

122. Les radars peuvent servir à surveiller les inondations, les déversements d'hydrocarbures en mer, la banquise at l'humidité du sol. Les lasers ont des application6 croissantes dans l'écologie, par exemple pour la télédétection de6 constituants, condition6 et propriétés de l'atmosphère.

123. Parmi les perfectionnements attendus figure la prochaine generation de6 instruments de télédétection à laser, qui se distinguent notamment par leur robustesse sur le terrain, leur fonctionnement exigeant un minimum de service, leur facilité d'emploi, leur miniaturisation et l'applicntion de6 lasers aux plates-formes spatiales. Pour l'étude des nuages et les expériences qui demandent une analyse chimique et une surveillance de l'atmosphère, on peut utiliser de6 plates-formes aéroportées telles que 186 aéronefs et les ballons autoguidés, sous leur forme actuelle ou perfectionnés.

B. Amélioration des moyens d'intervention rapide dans les cas d'urgence qui présentent un danger pour 1'environnement

124. Dans les situations d'urgence due6 aux accidents OU aux catastrophes naturelles qui 68 sont produits récemment et qui présentaient un danger pour l'environnement, on aurait souvent pu réduire considérablement 18s pertes humaines et matérielles si les organismes de secours avaient eu les moyens d'intervenir plus rapidement. Pour cela, il faut à la fois diffuser immédiatement les information6 et organiser efficacement les interventions.

125. Dans le cadre de leurs systèmes de commandement, de conduite de6 operations, de transmission et de renseignement (dits C3I), les militaires ont mis au point des systèmes de communication qui permettent de coordonner dans un délai minimal un grand nombre d'éléments complexes et divers. Les satellites militaires de reconnaissance transmettent 8n temps proche du temps reel des masse6 de données à des stations de reception au sol, fixes ou mobiles. Ces donnies sont recueillies et analysées dans des centres de commandement et d'opérations militaires, qui pourraient en principe servir à la surveillance de l'environnement. Ainsi, depuis la déclassification de 1973, les données du Programme de satellites météorologiques de la défense de6 Etats-Unis sont mises partiellement à la disposition de la communauté scientifique.

126. L'OTAN met actuellsmcnt au point son système intégré de communications, qui comprend différents éléments : communication6 radio dans différentes gammes de fréquence, systèmes téléphoniques et télégraphiques, communication6 par satellite, communications par fibres optiques, etc. 18/.

127. Les systèmes de communications militaires sont capable6 de traiter et de transmettre de grandes quantités da données à partir de nombreux appareils de détection (à distance) et da les intégrer rapidement, souvent en temps réel. 116 pourraient être utilisés dans de6 cas d'urgence grave6 tels qu'une violente éruption volcanique, un tremblement de terre, la fusion du coeur d'un réacteur nucléaire ou la Chute d'un météorite. L'armée est capable de mettre en place des équipes et des systèmes mobiles de communication. Les techniques militaires de dipouillement de6 données et de conception de6 réseaux pourraient se révéler très utile6 pour l'évaluation de l'environnement, surtout avec le nombre croissant de satellites en direct.

128. On peut faire appel à un réseau informatisé d'intervention en cas d'urgence pour prévoir la dispersion et les conséquences de6 dégagements de produits chimiques tels que les déversements de riservoirs ou de canalisations, les évaporations à plusieurs constituants provenant de6 réservoirs de liquide, les infiltrations de bâtiment, etc. Parmi les exemples d'application dans le secteur civil, on peut citer les systèmes SAFER (Allemagne), UMBLDR et UMBL-NET (Autriche), NABEL (Suisse) et RAINS (Institut international pour l'étude des systèmes appliqués) 19/.

129. L'Agence fédérale allemande de la défense civile gère uc système de surveillance et d'information qui surveille en permanence la radioactivité de surface et diffuse au public de6 information8 sur les danger6 d'origine radioactive et chimique. Un systbme analogue existe pour la surveillance physique et chimique de l'eau.

130. Les Etats-Unis et l'Union soviétique ont tous deux lance des systèmes à haute précision de satellites de localisation à l'échelle mondiale. La code d'accès civil du système américain Navstar est suffisamment précis pour fournir des données de navigation en temps réel à l'intention de6 aéronefs, navires et véhicules terrestres. 11 peut servir à effectuer de6 levés au cours de6 activités d'observation de l'environnement ou à girer les crises écologiques.

131. Le code d'accès militaire, qui est plus précis, offrirait évidemment des avantages pour certaines applications civiles, notamment écologiques, telles que la recherche géophysique et océanographique. On pourrait amiliorer la précision du canal civil, mais cela coûterait très cher en matière d'acquisition, de stockage. de transmission et de traitement de6 données. (Une description technique est donnée à l'annexe IV.) L'accès au canal militaire permettrait de tourner ces obstacles.

C. Etude d'impact sur l'environnement et prise des décisions

132. L'étude d'impact sur l'environnement est le processus qui consiste à déterminer les conséquences probable6 (evaluation de6 risques) d'activités telles que la construction de barrages ou de centrales électriques sur

l'environnement, la santé et les conditions de vie de l'homme. L'objectif est d'indiquer aux responsables, sous forme de notice d'impact sur l'environnsment, les consequences probables de leurs dicisions 20/. Le PNUE a élaboré des principos directeurs relatifs à l'évaluation des projets de développement et soutenu la recherche en matière d'étude d'impact sur l'environnement dans les pays en développement. Depuis quelque temps, on se penche de plus en plus sur l'intégration de cette itude dans l'ensemble du processus de prise des dicisions. Les décideurs doivent être correctement inform& pour pouvoir faire le bilan réel des gains, des coûts et des risques d'une opération, et ils doivent choisir les mesures qui conviennent en fonction de modèles de l'environnement. Il faut certes des ressources humaines, administratives et financières, mais la technologie peut elle aussi contribuer à l'efficacité des décisions prises en matière d'étude d'impact sur l'environnement grâce au traitement des données, à la modélisation, à la simulation et à l'analyse des systèmes.

133. Pour traiter la masse de données produites par les appareils de détection utilises à des fins militaires ou écologiques, il faut disposer de gros ordinateurs rapides, qui existent surtout dans le secteur militaire dss pays industrialises.

134. Les ordinateurs sont très utilisés dans les études sur l'environnement pour l'analyse des données acquises par télédétection, l'analyse des banques de données, les applications en matière de systèmes experts, la surveillance et la prevision des variations da l'environnement, et la modélisation ainsi que la simulation numériques.

135. Les satellites météorologiques transmettent des millions de données par seconde, qui doivent être soit stockées soit dépouillées en temps reel. Des ordinateurs rapides sont nécessaires à cette fin. Dans le cas des forêts endommagées, par exemple, il faut des bases de données très completes, telles qu'un système d'informaticn géographique.

136. Dans le domaine écologique, les systèmes experts aident à interpreter des données apparemment sans relation, provenant de sources disparates. Aux Etats-Unis, par exemple, le système McIDAS permet d'intégrer des données classiques et des données satellitaires et de surveiller en temps réel l'évolution rapide des conditions météorologiques. Des systèmes experts ont déjà été mis en place pour surveiller la qualité de l'air, le niveau des pesticides, les eaux souterraines et les eaux de surface, ainsi que pour procéder à la planification écologique.

137. L'intelligence artificielle, les systèmes experts et la robotique jouent un rôle important dans l'élaboration de nouvelles méthodes de renseignement, et les militaires ont investi de grosses sommes dans les systèmes d'armement et de défense ainsi que dans la recherche relative à ces domaines. (Un bref exposé de l'intelligence artificielle et des questions qui s'y rattachent figure à l'annexe IV.)

138. Il est clair que bien des applications militaires de l'intelligence artificielle et des systèmes experts pourraiant servir à la protection de l'environnement. Tout ce qui rend l'industrie plus efficace doit réduire le

nombre d'accidents, d'émissions fugaces, etc. Les fonctions d'appui à la décision et d'analyse des options ont un rôle à jouer dans la lutte contre les catastrophes icologiques. Il ne fait aucun doute que certaines de ces méthodes peuvent être appliquées à la mise au point de techniques de télédétection destinées à la surveillance et à l'évaluation, à la prise de décisions lors des crises, à la conduite des opérations de production, et à l'analyse à distance des matières dangereuses et radioactives.

139. Pour effectuer des études et des interprétations, il faut aussi pouvoir modéliser et simuler toute une variiti de phénomènes liés à la migration des déchets dangereux, aux opérations d'assainissement et aux interventions en cas d'urgence. Ces activités repoeent sur des processus complexes qui exigent généralement une modélisation informatique. Pour la simulation des processus, il faut en outre pouvoir modéliser les phénomènes sur des piriodes longues ou courtes. L'estimation du coiit des interventions ainsi que l'évaluation de leur efficacité passent inévitablement par la simulation, qui permet en outre de réaliser les analyses rapides nécessaires en cas d'urgence.

140. Dans les simulations, il faut inclura les aspects physiques et chimiques de la propagation à travers l'environnement. Chaque situation en matière d'assainissement ou d'intervention urgente peut presenter des caractéristiques particulières du point de vue de l'environnement et des déchets. Seule la simulation informatique permet d'étendre les connaissances sur les processus de transport et sur l'efficacité d'une intervention à une autre situation ou de passer du laboratoire au terrain.

141. La plupart doe établissements militaires des pays avancés ont déjà mis au point des interventions d'urgence touchant l'atmosphère ou les eaux de surface ainsi que des simulations pour l'écoulement et le transport des eaux souterraines et des eaux de surface. La collaboration avec le secteur industriel en vue d'améliorer la récupération des hydrocarbures est directement applicable à ce problème. Les programmes qui portent par exemple sur les rejets dans l'atmosphère et les capacités en matière de consultation co stituent la base des modèles d'intervention d'urgence. Il existe déjà des codes informatiques permettant de comprendre les phénomènes de transport dans les eaux souterraines.

142. Les applications aux études militaires et écologiques sont une tâche typique pour les superordinateurs d'aujourd'hui. Depuis la fin des années 70, l'importance croissante des systems C3I dans la stratégie de l'OTAN a renforcé l'intérêt pour l'analyse théorique et l'évaluation des systèmes de comtnandement et de conduite des opérations. (Divers modèles de C3I ont été mis au point, dont certains sont décrits à l'annexe IV.)

143. Grâce aux connaissances acquises dans la modélisation géophysique et chimique, *on* pourrait combiner les modèles perfection&s appliqués à l'atmosphère, à la chimie, aux oceans et aux écosystèmes pour construire des modèles préliminaires du système terrestre. Pour élaborer des modèles complets, il faut utiliser au mieux les systèmes informatiques les plus récents, et notamment les ordinateurs massivement parallèles. Pour les provisions climatologiques et la surveillance de la pollution atmosphérique à l'échelle mondiale, on utilise des ordinateurs rapides, mais pour certaines

simulations plus simples, on peut se servir d'un ordinateur personnel. Voici quelques exemples d'utilisation dans le domaine civil 21/ :

a) OECOSYS est un modèle de simulation informatique qui permet de prévoir la dose par habitant en cas de contamination radioactive de grande ampleur. Des mesures peuvent être prises pour réduire cette dose. La validité du modèle a été prouvie grâce aux données recueillies sur les retombées de l'acciddent de Tchernobyl;

b) Avec une simulation à base de particules et des modiles météorologiques, on peut calculer le comportement des emissions de gae polluants daes différentes couches atmosphériques. Le résultat de la simulation peut être affiché sur des stations graphiques de haute qualité;

c) Des méthodes de simulation ont été mises au point pour analyser la degradation des forêts. Elles reposent sur un modèle de dynamique des systèmes relatif à la croissance et à la mort de la forêt et comprennent des sous-modèles relatifs à la croissance des arbres, à l'écoulement de l'eau dans le sol, aux reactions chimiques dans le sol avoisinant et aux échanges de minéraux;

d) Un modèle utilisable sur micro-ordinateut a été élaboré pour simuler les flux de déchets et leurs consequences sur la prise des decisions. Lb aussi, il y a différents sous-modèles ou niveaux tels que les sources de déchets, les installations de traitement et leur &bit.

144. Les laboratoires du Ministère de l'énergie des Etats-Unis, où se déroulent une grande partie des recherches militaires et nucléaires du pays, ont une experience approfondie de la simulation informatique. Voici quelques exemples de leurs applications :

a) Depuis plus de 25 ans, ces laboratoires participent aux recherches sur les effets climatiques mondiaux d'une guerre nucliaire. Depuis 1963, des etudes exploratoires de l'hiver nucléaire ont été menées en cooperation avec la Defence Nuclear Agency et avec l'assistance du National Climate Program Office 22/;

b) Les modèles à milieux multiples permettent de simuler le d&placement et la transformation des substances chimiques à mesure qu'elles se répandent dans l'air, l'eau, les organismes vivants, le sol, les sediments et les eaux souterraines. Ils servent aussi à étudier les risidus des procédés de fabrication industrielle (solvants utilisés pour la fabrication des semi-conducteurs, fumée dégagée par les combustibles fossiles, etc.) et pour gérer les risques. Sur l'écran de l'ordinateur, on peut voir les contaminants se déplacer dans l'air, le sol et l'eau, et la quantité que les individus absorberont (radionucléides, plomb, arsenic, dioxine, benzene, etc.). Ces modèles illustrent aussi les effets causés par les résidus chimiques des déchets explosifs que l'on fait brûler ou exploser 23/;

c) Le Système consultatif sur les rejets dans l'atmosphère, destine aux interventions d'urgence, permet de prédire en temps réel la dose et le dépôt atmosphérique résultant des rejets accidentels de ma ières radioactive6 ou

toxiques. On a analyse des événements réels tels que les accidents de Tchernobyl (Union soviétique) et de Three Miles Island (Etats-Unis) et la chute des satellites soviétiques COSMOS à propulsion nucléaire. Les données permettent de montrer sous forme visuelle le d&placement des contaminants dans l'atmosphère et au-dessus du sol 24/.

145. Les moyens de gestion et d'analyse des systèmes utilisés dans le secteur militaire peuvent aussi jouer un rôle utile dans le domaine de l'environnement. En voici quelques exemples : gestion de l'information et systèmes experts tels que les bases de données r&parties contenant des données sur l'environnement; analyse des decisions grâce à l'élaboration d'un cadre permettant de choisir des elements dans une proposition de projet et de leur affecter une priorité; evaluation de l'exposition, c'est-a-dire élaboration de méthodes fiables permettant de quantifier l'exposition et la dose pour tous les agents dangereux: analyse des risques sanitaires liés aux diverses possibilités offertes en matière d'inergie et d'environnement par les projetst analyse de systèmes et simulation pour l'application de techniques perfection&es de simulation afin d'évaluer les avantages comparés des divers procédés et technologies, et conception et programmation des systèmes; analyse coût-avantage afin de determiner le coût des technologies ou des procédés prévus dans le projet et le marché auquel ils peuvent s'adresser, et quantification des avantages financiers et sanitaires qu'ils offrent.

D. Mesures a` prendre pour protéger l'environnement

146. La protection de l'environnement exige souvent une approche multisectorielle et pluridisciplinaire, notamment en ce qui concerne la mise au point de technologies à haut rendement énergétique et sans danger pour l'environnement: l'améñioration des normes écologiques et l'adoption de méthodes efficaces de nettoyage 25/. Les militaires se sont également, pour des raisons différentes, intéressés à ces questions. Ils auraient intérêt à mettre en commun avec les environnementalistes leurs connaissances techniques et leurs ressources dans ces domaines d'intérêt mutuel.

1. Améliorations à apporter dans le domaine de la production, du stockage et de l'utilisation de l'énergie

147. La structure de la consommation d'énergie préoccupe de nombreuses nations dans deux domaines importants : la sécurité énergétique et l'impact sur l'environnement. La plupart des véhicules terrestres utilisent des carburants pétrochimiques, de même que les générateurs d'énergie électrique diesel fixes. Les secteurs civil et militaire sont tous deux intéressés aux technologies énergétiques et ont avancé des idées prometteuses qui pourraient réduire la consommation d'énergie sans porter atteinte à l'environnement. Les activités dans ce domaine peuvent être centrées sur les deux catégories de la production et du stockage d'énergie sur les sites de défense; et sur l'amélioration de la consomrnation d'énergie.

148. L'amélioration de la production et du stockaqe de l'énergie *sur* les sites de défense contribuerait à riduire les emissions dans l'environnement et la production des déchets danqereux. Une attention prioritaire doit être accordée à la mise au point d'écotechnologies, notamment pour l'exploitatioa

des sources d'énergie renouvelables (énergie éolienne, photovoltaïque, thermosolaire, géothermique et biomasse) et à d'autres approches (véhicules à propulsion électrique ou par gaz naturel, accumulateurs perfection&s, production de methane et d'hydrogène et accumulsteurs et piles à combustible). Les systèmes de production mixtes, utilisant certaines sources d'énergie renouvelables (inerqie éolienne, photovoltaïque, thermosolaire et piles à combustible) en conjonction avec l'énergie accumulée, peuvent réduire considérablement la consommation de carburant diesel. 11 est urgent que les pays en développement puissent utiliser de6 générateurs hybrides.

149. L'une des priorités pourrait consister à adapter les programmes antérieurs et en cours afin de réduire la consommation d'énergie par tous les secteurs : bâtiments, procédés industriels, transport et production d'enerqie. Diverses mesures novatrices ont été prises concernant les moyens d'économiser l'énergie, qui permettent de riduire la demande en matibre de chauffaqe, de climatisation et d'éclairage. De6 mesures analogues ont été prises dans le domaine de6 transports, notamment grâce à la mise au point de moteurs plus performants et de moteurs qui peuvent utiliser efficacement d'autres carburants que ceux dérivés du pétrole.

150. Pour améliorer la consommation d'énergie, il est essentiel d'utiliser des systèmes perfectionnés, intelliqemment contrôlés qui permettent d'optimiser l'efficacité des moteurs diesel utilisés par les poids lourds et les générateurs d'électricité fixes, de sorte gu'ils puissent brûler du gac nature1 ou du methanol. Les mime6 combustibles domestiques peuvent être utilises dans les brûleurs perfectionnds, intelligemment contrôlés, de diverses installations, afin d'obtenir un rendement énergétique élevé et de riduire l'impact sur l'environnement, et notamment les émissions provoquies par la combustion.

151. On peut modifier les moteurs diesel fixes de grandes dimensions de sorte qu'ils fonctionnent avec du gaz nature1 ou du méthanol ou les deux, à l'aide de systèmes d'injection et de combustion perfection&s en cours d'élaboration. On devrait s'efforcer à la fois d'améliorer l'efficacité des moteurs et de réduire sensiblement les émissions de fumée et d'oxydes d'azote dans l'atmosphère.

2. Application des mesures de protection de l'environnement et opérations de nettoyage

152. Le respect des normes d'environnement ot son assainissement pose de graves problèmes. Les information6 publiées indiquent que les lois exigeant l'observation de telles normes sont plus ou moins rigoureuses suivant les pays. Le Protocole de Montréal de 1987 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, traité international qui a été modifié en 1990, exige l'élimination complète d'ici à l'an 2000 des halons réglementés, sauf pour les "utilisations essentielles", et de tous les chlorofluorocarbones. Parmi les problèmes qui se posent sur les sites de défense, on mentionnero les operations de nettoyaqe et l'dlimination des acmes classiques, chimiques et biologiques, des agents propulseurs, des déchets radioactifs dangereux, et la contamination des eaux souterraines et de6 sols par les combustibles ou carburants, les agents propulseurs, les solvants et

lea métaux. Des besoins analogues sont identifies de plus en plus fréquemment à l'échelle mondiale. Ramener les contaminants souterrains à la surface pour les traiter est une operation souvent difficile, coûteuse ou peu efficace. Jusqu'à présent, la plupart des tentative6 de traitement ou de destruction sur place des contaminants souterrains ont été imprévisibles ou n'ont donné aucun résultat car les processus souterrains correspondants et leurs interactions n'étaient pas pleinement appréhendés.

153. On peut examiner au moins quatre possibilités dens ce domaine : a) minimisation des ddchets; b) traitement et elimination des déchets; c) mesures correctives; et d) moyens d'application. La meilleure solution est de riduire au maximum les quantités de dechets produites en adoptant une approche structures de minimisation. Les instruments perfectionnés de mesure et de contrôle utilisés pendant ce processus, de même que les operations de traitement, la caractirisation du site et les opirations de nettoyage, sont des instruments très ef f icaces.

Minimisation des déchets

154. La plupart des activités du secteur manufacturier produisent. des dechets dont l'enlèvement, le transport et l'élimination exigent de l'énergie. La reparation et la remise *en* service de matériels créent également des flux do dechets. L'objectif essentiel consiste à mettre au point d'autres procédés de fabrication écologiquement acceptables et d'utiliser des analyses fonctionnelles avancées pour éliminer ou riduire considérablement la production de dechets. Cela peut exiger des operations de nettoyage, d'enrobage, de soudage, de conditionnement et des procédés de fabrication en circuit fermé (absence d'effluents). En outre, dans le cadre de la mise au point da capteurs chimiques et d'analyseurs automatises, on peut mettre en place des systèmes de commands de6 processus industriels en vue de minimiser les dechets et de faciliter le nettoyage.

155. On peut concentrer les efforts *sur* les techniques et procédés de minimisation des déchets. On mentionnera notamment à ce sujet les technologies avancées utilisées pow le traitement des métaux, des polymères, des céramiques sans plomb et des verses. Un objectif serait d'éliminer les composés organiques volatiles, les produits chimiques qui contribuent à l'appauvrissement de la couche d'ozone et les métaux lourds. On peut mettre au point des modèles chimiques ot mécaniques permettant de prévoir les caractéristiques de fiabilité et de vieillissement des produits fabriqués à l'aide de ces nouvelles techniques. On pourrait utiliser du dioxyde de carbone supercritique et d'autres solvants doux pour le traitement des polymer-es, ce qui présenterait d ' importants avantages pour 1 'environnement et sur le plan des economies d'énergie. Il faut également évaluer la réduction à base de plasma et la concentration cellulaire des ions metalliques.

Traitement et élimination des déchets

156. Les progrès récents, de même que l'inquiétude croissante de l'opinion publique au sujet des dechets dangereux, ont rendu de nombreuses technologies actuellement utilisées pour le traitement des dechets inappropriées ou indesirabies. Il est urgent de mettre en place de nouvelles capacités pour le

traitement de6 dechets dangereux et, dans le cas de6 déchets radio-isotopiques, de6 déchets mixtes (à la fois radioactifs et dangereux). Ces nouvelles technologies et installations doivent être conformes à toutes les réglementations en vigueur et prévues.

15'7. On peut traiter les déchets dangereux et les déchets organiques mixtes en recourant à divers procédés de destruction thermique et par oxydation. L'utilisation des biotechnologies est actuellement étudiée pour different6 flux de déchets et operations de protection de sites. 11 s'agit tout d abord d'isoler les espèces appropriees et de trouver les nutiiments adéquats pour améliorer leur activité. De6 biotechnologies sont aussi mises au point pour la désintégration des explosifs et la decomposition de6 solvants et des hydrocarbures. La réduction des armes en application des traités, et comme moyen de templacer l'incinération, accroit l'intérêt porté à la technologie. Le traitement de6 dechets dangereux et inorganiques mixtes contenant des métaux toxiques et radioactifs est effectué à l'aide de diverse6 technologies comme la séparation magnétique, la dissolution ou la decontamination par des agents chimiques. On met également au point de6 biotechnologies comme méthode de traitement des dechets.

158. Il est indispensable de disposer de technologies d'appui pour appliquer les procédés susmentionnes de traitement de6 déchets. Certaines, comme les systèmes de commande automatique des processus industriels, les senseurs et la robotique, sont en cours d'élaboration. Les méthodes de traitement de6 dechets mises au point ne doivent pas aggraver la contamination de l'environnement par la production et l'émission de substances radioactives.

Mesures correctives

159. Afin d'empêcher le rejet de substances ou de polluants dangereux, les sites qui ont altéré ou risquent d'altirer la santé publique ou l'environnement doivent être décontaminés. Cette operation exige des technologies sptkiales, la caractérisation, l'évaluation et l'interprétation du site et les instruments appropriés. Suivant cette definition générale, toutes les installations qui cnt pollué le sol ou l'eau, du fait de remblayages, de fuites de reservoirs, de diversements ou d'autres interventions ou accidents, doivent parfois faire l'objet de mesures de decontamination qui sont à la fois on&reuses et longues à executer. Cela est particulièrement important pour les installations qui seront déclassées et rendues à une utilisation privée ou publique. Les méthodes actuellement appliquées pour la décontamination des sites sont inadéquates. De nouveau, à l'échelle mondiale, les lois nationales et internationales en vigueur et future6 donnent lieu aux mêmes considérations.

160. Plusieurs activités en cours ou proposées portent sur les technologies relatives à la decontamination in situ. Sur de nombreux sites, il faut utiliser des technologies multiples pour arriver à une restauration à long terme. Il faut choisir et caractériser des sites potentiels de démonstration et examiner les questions liées à la réglementation. Il est indispensable de procéder à un examen systematique des technologies appropriées qui sont utilisées ou en cours de mise au point. Si les méthodes existantes ne sont pas suffisantes, il faut étudier de nouvellus approches. 11 faut régler les

problimes d'extrapolation liés au passage du laboratoire aux operations sur le terrain en procédant à des essais in situ, afin que les demonstrations puisseat fournir l'expbrience opérationnelle et la preuve que la technologie en question fonctionne biea. Il est indispensable de suivre la performance de la technologie pendant toutes les activités effect&es sur le site et ultérieurement.

161. De nombreux pays devront relever le difi technique extrêmement coûteux consistant à caractériser, à évaluer et à Qliminer la contamination souterraine dans les décennies à venir. Un autre problème réside dans le fait que les mesures correctives ne tiennent parfois pas compte des processus souterrains qui rendent inefficaces les méthodes traditionnelles de nettopage par pompage.

162. Il est possible de mettre au point des méthodes permettant d'ilaborer et de tester des techniques intégrées pour la détection et la mesure de la contamination souterraine: de surveiller le mouvement et le sort des contaminants; et de simuler, d'évaluer et d'extrapoler les effets d'autres méthodes de nettoyage. La caractérisation d'un site contribue à sa decontamination, à l'analyse des politiques et à l'élaboration de strategies en focrnissant des informations sur les conditions initiales et les contraintes, les processus actifs et les tendances privues pour les evaluations et les mesures correctives à prendre au niveau du laboratoire et sur le terrain.

Instruments

163. Des instruments analytiques permettant de caractériser les contaminants environnementaux sont utilisés pour la solution de nombreux problèmes. Il faut identifier les sources de la pollution de l'air, du sol et des eaux souterraines et mesurer son importance. 11 faut disposer de moyens perfection&s pour appliquer un processus de contrôle sans danger pour l'environnement.

164. Les technologies décrites plus haut couvrent de nombreuses applications et sont utilisies de manière plus ou moins extensives. Certaines sont déjà disponibles, d'autres le seront dans un avenir proche et d'autres encore dans un avenir plus éloigné. En tant qu'activitb'complitant le transfert de technologie, les efforts communs déployés par les pays disposant de ressources technologiques accélèrent l'utilisation de ces techniques. Les approches actuelles sont parfois onéreuses et inefficaces ou se contentent pour l'essentiel de déplacer l'impact sur l'environnement.

V. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

A. Contexte

165. Les &percussions croissantes des activités humaines sur l'environnement sont devenues un facteur determinant pour les perspectives que la planète Terre peut offrir en matière de survie et de bien-être. L'environnement mondial possède une faculté d'adaptation remarquable et la vie sur la Terre a résisté à de nombreux cataclysmes qui étaient beaucoup plus redoutables que

toute intervention humaine. Pourtant, la capacité d'autopréservation de la nature a des limites que l'on ne connait pas. L'humanité doit, dans son propre intérêt, s'attacher à preserver le pouvoir intrinsèque de régénérescence de la planite.

166. Protéger l'intégrité de l'environnement et assurer un développement durable sont des preoccupations qui rev&tent la plus haute importance. Dans un contexte international qui évolue rapidement. la preservation du milieu pourrait offrir un champ d'action immédiat pour de nouvelles initiatives multilatérales et une affirmation du role de l'ONU. Etant donné la dimension planétaire du défi écologique, il est impératif qu'une action internationale vienne renforcer les mesures nationales.

X67. Le monde a bien change depuis l'époque où les questions écologiques ont acquis pour la premiere fois une actualité internationale. Les années 70 ont été caractérisées par une série d'initiatives nationales pour tenter de résoudre les problimes d'environnement. Les années 80 ont vu l'éclosion d'une conscience écologique mondiale. On peut espérer que les années 90 donneront naissance à un vaste plan de sauvetage de l'environnement mondial.

168. L'environnement ne connait pas les distinctions entre les blocs politiques, les alliancec militaires ou les systèmes économiques. Les occasions qui se présentent pour traduire cette constatation en actions concretes n'ont jamais it6 aussi propices qu'elles le sont à present. Les progrès de la technologie ouvrent de nouvelles perspectives pour apprehender et relever le défi écologique. L'attention du public se focalise de plus en plus sur les problèmes d'environnement pour demander des remèdes. Ces dernières années plus qu'à n'importe quells autre période de l'histoirc récente, les questions écolo ues ont été examinées par un grand nombre de chefs d'Etat et de gouverneme. ., d'organismes économiques et politiques et d'experts. La preservation de l'environnement est un nouvel objectif qui peut mobiliser les vactes énergies libérées depuis la fin de la guerre froide.

169. La detente politique a créé un contexte plus favorable pour une désescalade militaire. La paix n'est plus simplement synonyme d'absence de guerre. On r&examine les doctrines de sécurité pour y inclure dos dispositions qui permettent de faire face à des menaces d'origine non militaire et de nature diverse contre la sécurité. Il y a une résurgence des espoirs pour essayer d'assurez la sécurité à des niveaux plus bas d'at-moments et de forces armées.

170. A l'heure actuelle, de nombreux gouvernements réduisent la taille de leur dispositif militaire, soit sur la base d'accords bilatéraux ou multilatéraux négociés, soit par le jeu d'une decision unilatérale. Les ressources humaines, matérielles et technologiques affectées aux activités militaires sont réduites ou libérées, ou restent sans emploi. Même lorsque aucune reduction de6 armements n'a été décidée, on pourrait utiliser avantageusement les capacités de6 etablissements militaires à des fins écologiques.

171. a protection de l'environnement exige un ensemble de mesures portant sur les aspects suivants : prévention et limitation des dommages; réparation de6 dommages, remise en état de l'environnument et respect des normes écologiques;

mise au point de techniques qui ne portent pas atteinte à l'environnement et assurant un haut rendement énergétique; campagnes de sensibilisation icologique par le biais d'activités éducatives. 11 est également impératif de mettre en place des dispositions d'intervention repide en cas de catastrophes icologfques et de prévenir ces phénomènes par une surveillance continue de l'environnement.

B. Constatations

172. Les établissements militaires du monde entier offrent très souvent des moyens d'action privilégiés pour développer les activités civiles de protection de l'environnement. Les organisations militaires sont bien équipées pour faire face aux situations catastrophiques. On pourrait faire appel aux peraonnels militaires qui possèdent les compétences voulues pour gérer les catastrophes écologiques, ainsi que pour traiter et iliminer les substances radioactive6 hautement toxiques ou autres matières dangereuses. Lee milieux de la défense ont à leur disposition une vaste somme d'informations recueillies par les services de renseignement qui peuvent aider à repérer des modifications dans l'atmosphère, dans les oceans et à la surface de la Terre. Les satellites, aéronefs et navires (bâtiments de surface et sous-marins) militaires sont capables de recueillir des données supplémentaires sur les changements climatiques, les courants marins et la temperature des océans. On pourrait aisément faire appel aux techniques de surveillance militaire pour contrôler le transport des produits polluants et toxiques et garantir l'emploi de méthodes non polluantes pour éliminer les armements.

173. Parmi toutes les ressources du secteur militaira, c'est la technoloqie qui se prête le mieux à une utilisation au service de l'environnement car elle autorise intrinsèquement un usage mixte. La technoloqie de l'information, en particulier, s'adapte facilement à des utilisations écologiques. Très souvent, les produits des applications militaires de la technoloqie de l'fnformation peuvent être utilises à des fins 6coloqiques sans que cela nécessite des modifications coûteuses du matériel ou un recyclage du personnel. Il est évident qu'une politique de protection de l'environnement à long terme suppose une bonne compréhension des données techniques sous-jacentes relativos aux risques naturels et aux risques d'oriqine humeine, une aptitude à formuler des décisions de principes claires et une capacité de mobilisation rapide face aux situations d'urgence qui présentent un danger pour l'environnement. Les établissements militaires peuvent aider à realiser ces objectifs *en* prêtant leurs connaissances techniques spécialisées, leur matériel de pointe et leurs systèmes de communication et de surveillance.

174. Les pays technoloqiquement avancés allouent une part importante de leurs dipenses militaires à la recherche-developpement. C'est un secteur d'activité militaire qui n'a pas été touché par les coupes récentes généralement opérées dans les budgets militaires. C'est aussi un secteur qui exiqe des investissements très lourds pour la protection de l'environnement. Si les gouvernements décidaient d'intégrer les préoccupations écologiques dans les activités de recherche-développement, cette initiative pourrait se révéler extrêmement profitable pour développer les sources d'énergie non polluantes et

mettre au point des procédés qui ne portent pas atteinte à l'environnement pour la destruction des armements et le traitement des Substances dangereuses et toxiques.

C. Conclusions

175. Gardant à l'esprit la nécessité de préserver l'élan politique actuel en vue d'une coopération mondiale efficace dans le domaine de l'environnement, le Groupe est parvenu aux conclusions suivantes :

a) Le monde commence tout juste à appréhender pleinement les effets des tendances qui se dessinent en matière de réduction des armements, et l'expérience de6 pays concernant La possibilité d'utiliser à d'autres fins les ressources du secteur militaire est quelque peu limitée. Par conséquent, il convient d'exploiter le6 enseignements qui se dégagent de l'expérience antérieure et d'intensifier les efforts dans ce domaine en associant le secteur militaire à la protection de l'environnement;

b) Les ressource6 du secteur militaire relèvent par essence du patrimoine national, alors que le6 problèmes écologique6 ont une dimension mondiale. Il faudrait donc définir les modalités d'une coopération internationale pour redéployer ce6 ressources et le6 utiliser éventuellement comme un instrument au service de l'environnement;

c) La façon dont le public perçoit les risques écologiques ne coïncide pas toujours avec le6 évaluations scientifiques. Il est donc nécessaire d'améliorer la compréhension de6 processu naturels et de leurs répercussions sur l'environnement. Les activité6 de recherche-développement et le matériel de pointu des établissements du secteur militaire pourraient offrir un moyen d'action supplémentaire pour promouvoir cette compréhension;

d) D'une façon générale, le6 coûts liés à la protection de l'environnement n'ont pas encore été confronté6 aux coûts qui pourraient résulter d'une attitude passive à l'égard de l'environnement. Aussi faudrait-il essayer d'établir une analyse coût-avantage des stratégies en faveur de l'environnement. Cette analyse devrait explorer notamment la possibilité de redéployer, réorienter ou réaffecter les ressource6 du secteur militaire et celles qui ont été libérées ou restent sans emploi à la suite des réduction6 d'armements récentes;

e) Le but commun qui consiste à restaurer la santé de l'écosystème de notre planète ne saurait être atteint si l'on ne fait pas simultanément preuve d'un souci d'équité dans l'utilisation des ressources mondiales. Il est donc nécessaire de faciliter la coopération technique internationale et de promouvoir, aux fin6 de la protection de l'environnement, le transtert de technique6 appropriées du secteur militaire dans le cadre d'une stratégie plutôt qu'à titre de contrainte:

f) L'inquiétude que l'opinion publique éprouve face à in dégradation de l'environnement et aux risques écologiques majeurs appelle la fixation de priorités dans le6 centres de décision nationaux. Il faut donc réagir de façon efficace aux situations d'urgence qui présentent un danger pour

l'environnement, domaine où l'on pourrait utiliser aisément et avec de bons résultats les compétences et le matériel des établissements militaires;

g) Si le6 réglementation6 écologiques varient d'un pays à l'autre, les dommage6 causés à l'environnement ont de6 conséquences qui débordent les frontière6 nationales. Aussi faudrait-il améliorer les normes relatives à la protection de l'environnement qui sont susceptibles d'être appliquées dans un laps de temps réduit en faisant appel aux techniques et aux matériels de surveillance aérienne et maritime dont disposent les établissements militaires nationaux,

D. Recommandations

176. Etant donné la néces ité urgente de relever le défi écologique mondial, et l'insuffisance de6 ressources disponibles pour la protection de l'environnement, le Groupe recommande que l'Organisation de6 Nations Unies encourage l'utilisation des ressources du secteur militaire à des fins écologique6 par les mesures suivantes :

a) En facilitant la mise en commun des données sur l'environnement à l'échelle mondiale, y compris celles qui sont obtenues à l'aide de satellites appartenant au secteur militaire et d'autres moyens de collecte;

b) En planifiant la création d'équipes internationale6 de secours écologique qui utiliseraient le personnel, le matériel et les installations du secteur militaire mis à la disposition de l'ONU par les gouvernements pour renforcer les autres dispositif6 internationaux et multilatéraux de lutte contre le6 catastrophes écologiques;

c) En jouant le rôle de centre d'échange international d'informations sur l'expérience concrète acquise par les pays qui utilisent des ressources du secteur militaire à des fin6 écologiques;

d) En encourageant la participation du personnel militaire à des activités d'éducation et de formation visant à sensibiliser le public à la nécessité de respecter les norme6 écologiques, ainsi que la collaboration de ce personnel pour surveiller les dommage6 causés à l'environnement;

e) En prêtant l'attention voulue au développement durable et au transfert des techniques militaires vers les secteurs civils et en étudiant les moyens de surmonter le6 obstacles qui s'opposent au transfert des écotechniques à l'intérieur de6 Etats et entre les Etats.

177. Etant donné que les expériences concrètes sur le terrain sont limitées et que la coopération des Etats souverains est essentielle pour un effort mondial visant à utiliser les ressources du secteur militaire à des fins écologiques, le Groupe recommande aux gouvernement6 des pays :

a) De dresser un inventaire de leurs besoins en matière d'environnement et des ressources du secteur militaire susceptibles d'être utilisées à des fins écologiques, d'employer ces ressources dans le cadre de plans d'action écologiques nationaux et de rendre compte des résultats à l'Organisation des Nations Unies;

b) D'examiner quelles ressources du secteur militaire ils pourraient mettre à la disposition de l'Organisation des Nations Unies ou d'autres organes internationaux à titre temporaire, à long terme ou comme appoint, dans le cadre d'une coopération internationale multilatérale pour faire face aux catastrophes écologiques et aux situations d'urgence qui présentent un danger pour l'environnement:

c) De veiller à ce que les activités militaires soient conformes aux normes et aux réglementations écologiques et de réparer les négligences antérieures dans ce domaine;

d) De mettre au point des techniques écologiquement rationnelles pour l'élimination des armements;

e) D'incorporer les préoccupations écologiques dans leurs programmes de recherche-développement militaires;

f) D'intégrer les objectifs de la préservation de l'environnement et du développement durable dans leurs concepts de sécurité;

g) De promouvoir plus activement le désarmement, étant donné que les activités militaires portent atteinte à l'environnement aussi bien en temps de paix qu'en temps de guerre.

178. Le Groupe recommande également que le Comité préparatoire de la Conférence internationale des Nations Unies sur l'environnement et le développement qui se tiendra en 1992 examine la possibilité d'intégrer les conclusions et recommandations du présent rapport dans la "Charte de la Terre" et le programme "Action 21".

Notes

1/ Environmental problems: A Global Security Threat, rapport de la Fondation Stanley, 1989.

2/ Jim MacNeil, "The greening of international relatiors". International Journal, vol. XLV, No 1 (hiver 1989-1990), p. 1 à 35.

3/ Ibid.

4/ Nations Unies. Recueil des Traités, vol. 480, No 6964.

5/ Nations Unies, Annuaire du désarmement, vol. 12 : 1987 (publication des Nations Unies, numéro de vente : 88.IX.2), appendice VII.

6/ Ibid., vol. 15 : 1090 (publication des Nations Unies, numéro de vente : 91.IX.8), appendice II.

7/ Nations Unies, Recueil des Traités, vol. 944, No 13446.

8/ Umweltschutz in Bereichen der Bundesregierung (Protection de l'environnement par le Gouvernement fédéral), Bonn, Département de la presse et de l'information, 1989.

9/ Zukunftskonzept Informationstechnik (Schéma directeur pour la technologie informatique), Bonn, Ministère fédéral de la recherche et de la technologie, 1989.

10/ C. Boyden Gray, David B. Rivkin, Jr., "A 'No Regrets' Environmental Policy", Foreign Policy No 83, été 1991, p. 47 à 65.

11/ La course aux armements navals (publication des Nations Unies, numéro de vente : 8.86.1X.3) par. 308 à 326.

12/ Arthur A. Alexander, "National Experiances in the Field of Conversion: A comparative Analysis", analyse présentée à la Conférence de6 Nations Unies sur la reconversion : rééquilibrages économiques à l'heure de la réduction des armements, Moscou, 13 au 17 août 1990.

13/ Yuri Andreev et Alexander Kislov, "Conversion in the USSR : Gaining Experience", Peace and the Sciences, No 4, 1990, p. 22 et 23.

14/ Alan Shaw, "Problems arisiag from the implementation of disarmament measures", document présenté à la Conférence des Nations Unies sur les questions de désarmement, Kyoto (Japon) 27 au 30 mai 1991.

15/ Nouvelles technologies : une stratégie socio-économique pour les anne 1990, OCDE, Paris, janvier 1989.

16/ World Resources 1990-1991, rapport du World Resources Institute, Oxford University Press, 1990, 227 pages.

17/ On trouvera une description technique de ces systèmes dans The C3I Handbook, 3e édition, Palo Alto, 1988.

18/ Pour un aperçu général du système C3I ainsi que des techniques d'information et de communication qui s'y rattachent, voir les ouvrages suivants : J. Grin, Military-Technological Choices and Political Implications Command and Control in Established NATO Posture and a Non-Provocative Defence Amsterdam: W University Press, 1990; P. Stares, Command Performance: The Neglected Dimension of European Security, The Brookings Institution, Washington, D. C., 1991; J. Scheffran, NATO Command and Control Between High-Tech Warfare and Disarmament, Peace Research Institute, Francfort, 1991.

19/ Les différents systèmes sont décrits dans W. Pillman, A. Jaeschke, Bas., Informatik für den Umwelschutz (L'informatique pour la protection de l'environnement), Springer. 1990.

20/ P. Wathern (dir.) Environmental Impact Assessment, Londres, Hyman, 1988.

21/ Pour une description plus précise des modèles, voir W. Pillmann, op. cit.

22/ M. C. MacCracken, "Global Atmospheric Effects of Nuclear War", Energy and Technology Review, mai 1985, p. 10 à 35.

23/ T. E. McKone, "GEOTOX: Simulating Contaminant Behavior and Human Exposure", Energy and Technology Review, mai 1987, p. 14 à 20.

24/ R. D. Belles, H. Walker et T. J. Sullivan, "Data Visualization and the ARAC Emergency Response System", Energy and Technology Review, janvier/février 1990, p. 3 à 15.

25/ La plupart des informations figurant dans la présenta section sont extraites d'un projet de document fourni par les laboratoires d'armement du Département de l'environnement à ce département, en application du Programme stratégique de recherche-développement sur l'environnement établi par le Département de la défense. En ce qui concerne l'énergie, la référence est la suivante : Energy Technol Issues forveloping Countries: the US National Energy Strategy, Lawrence Berkeley Laboratory, décembre 1989.

APPENDICE 1

Programme de technologies critiques du Ministère de la défense des Etats-Unis a/

Technologies critiques \ Applications aux produits et procédés	Armes					Plates-formes				Systèmes d'information						Dispositifs auxiliaires							
	Armes intelligentes	Missiles balistiques	Armes antisatellites/défense antimissile balistique	Combat électronique	Armes électromagnétiques	Chars/véhicules de l'armée de terre	Sous-marins/navires de guerre	Avions	Engins spatiaux	Recherche et surveillance	Reconnaissance	Gestion de la bataille/C3	Identification non coopérative	Guidage et commande	Maîtrise des armements	Conception et intégration	Fabrication	Maintenance/logistique	Essais et évaluation	Entraînement	Défense chimique et biologique	Services de santé	Environnement de combat
1. **Circuits micro-électroniques** et fabrication de ces circuits	X	X		X		X	X		X		xx	xxxx		x		xxxxx	xx			x		x	
1. Elaboration de **semi-conducteurs à l'AsGa et autres mini-conducteurs** composés	xx		x			xx		x		xx	xxxx		x			xxx	xxxx			x		x	
1. **Productibilité** do **logiciels**	xx		x		x					x	x	x	X	x	x	x	x		xx		x		X
4. **Architectures d'ordinateurs parallèles**		x	x		x					x	x	x	x		x			x	x			x	X
5. **Intelligence artificielle/robotique**	xx		x		x		x		xx	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x		X
6. Simulation **et** modélisation	X	x		X	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	X	X	X	X	X	X	X	X
7. Optique **intégrée**	xx		x			xx		x		x	xxxx	x		x		xxx							
8. **Fibres optiques**						x	x	x	x	x	x	x				x	x	x					
9. **Radars** sensibles	X		x		xx					x	x		x		x	x	x				x		xx
0. **Capteurs passifs**	xx		x		x		x		xx	x	x		x	x	x	x	x	x			x		xx
1. Repérage **automatique** de l'objectif	xx		x							x	x	x	x	x	x	x							X
2. Dispositifs **à commande** de phase	xx		x		x					x	x	x	x		x	x	x						
3. Fusion des **données**	X		x		X		x		x	x	x	x	x	x	x	x			x	x			X
4. Contrôle de **la** signature					X		x		x	x	x	x	x			X							X
5. **Modélisation** numérique **appliquée à** la **dynamique** des **fluides**							x		x							X			X				
5. Propulsion **aérobie**	X		X				X									x	x						
7. **Micro-ondes grande puissance**						X				x	x	x				X	X						
3. Energie des **impulsions**			X			x	x		xx														
3. **Projectiles** a **hypervélocité**			X			X																	
0. **Matériaux composites légers à forte** résistance aux hautes températures	xx		x			xx			xx							x	x	x					
1. **Supraconductivité**	xx			X		xx		x			xxxx	x			x		xxx						
2. **Matériaux biotechnologiques** et **traitement**																x	x					x	x

A/ Critical Technologies Plan, Washington, D.C., Ministère de la défense, 1989.

/...

APPENDICE II

Techniques de gestion des déchets

Dioxyde de carbone surcritique

Les composés organiques étant solubles dans le dioxyde de carbone surcritique, on peut élaborer un procédé d'extraction sélective pour les phases solides, qui concentre ces composés tandis que le solvant est recycle. Ce procédé peut servir de traitement préalable en vue de l'extraction des composés organiques par concentration, suivi d'un traitement destructif tel que l'oxydation à l'eau surcritique.

Oxydation à l'eau surcritique

L'oxydation destructive de déchets dangereux pour le6 transformer en dioxyde de carbone, en eau et en autres petites molécules peut réduire le volume des déchets et détoxiquer de nombreux composés dangereux. L'eau surcritique est un milieu solvant exceptionnel dans equel l'oxydation peut se produire à des températures inférieures à celle à laquelle est mise en oeuvre la technique d'oxydation ia plus courante, à savoir l'incinération (l'air à la pression atmosphérique. Les applications possibles de cette technique sont les suivantes : propergols, munitions, poudres, fusées lumineuses, déchets explosifs, eaux souterraines contaminées par des pesticides ou des déchets d'origine animale, nitrates provenant des engrais et déchets industriels.

Oxydation électrochimique

Deux techniques sont utilisées : 1) oxydation électrochimique de déchets solides et liquides à température et pression basses, et 2) utilisation de membranes perfectionnées qui permettent, en étant employées parallèlement aux cellules électrochimiques, d'éliminer les composés organiques de l'eau.

Robotique

La robotique sert à produire des systèmes automatiques d'analyse chimique à distance des matières dangereuses et radioactives. La recherche correspondante se poursuit depuis plusieurs années à titre d'élément fondamental des activités de défense.

Séparation magnétique des déchets

Les aimants supraconducteurs à forte intensité de champ permettent de séparer magnétiquement toute une série de composés, dont les actinides, de déchets liquides, solides ou gazeux.

Nettoyage aux cellules végétales (la stramoine)

La réalisation d'appareils de culture des cellules et la mise au point de méthodes d'ingénierie associées permettent d'utiliser les cellules de stramoine pour extraire le plutonium, le baryum et autres métaux de solutions aqueuses et de nettoyer l'"eau rose" qui est le sous-produit de la fabrication des explosifs.

/...

Evaluation des résultats, interprétation des données et modèles

Les activités d'évaluation des résultats et d'interprétation des données portent notamment sur le cheminement des polluants dans l'atmosphère, 18 transport des contaminants par l'eau de surface, la migration souterraine, l'interprétation des données pour la caractérisation des aires de stockage des déchets, la caractérisation et le comportement prévisible des déchets, et l'utilisation d'indicateurs isotopiques pour la vérification des modèles. Des instructions pourront être fournies aux réseaux neuraux et l'analyse d'incertitude appliquée à l'ensemble des outils de calcul.

Biotechnologie environnementale

L'utilisation des procédés biologiques est intéressant8 pour dégrader les déchets organiques. Les micro-organismes transformeront une quantité impressionnante de substrats organiques par le métabolisme. Durant le métabolisme, les composés organiques sont chimiquement transformés en intermédiaires réactionnels que les microbes utilisent pour produire de l'énergie et faire la synthèse biologique des matières cellulaires. C'est pourquoi les substrats organiques sont chimiquement transformés en produits inoffensifs : dioxyde de carbone, eau, produits minéraux et bfomasso. De nombreux produits chimiques dangereux, y comprit les classes de produits se trouvant dans les déchets composés, comme les hydrocarbones, les produits aliphatiques halogénés et les polychlorobiphényles, peuvent être dégradés par les micro-organismes. On a isolé des micro-organismes naturels qui utilisent les explosifs comme source alimentaire. On vient d'isoler des organismes capables de détruire le TNT et la nitroglycérine. On est en train de sélectionner des organismes capables de digérer Le HMX, le PBX et la nitrocellulose.

Fermeture et confinement des sites de stockage des déchets

Techniques de fermeture des sites de stockage des déchets liés à la défense qui sont directement transférables dans 18 cas de sites de déchets composés et dangereux, moyannant certaines modifications pour satisfaire au critère de proximité. L'une de ces techniques consiste à établir un plan intégré de fermeture dans lequel *on* prend en considération le bilan d'eau de surface et de subsurface, les incidences des intrusions biotiques et les variations saisonnières. Pour la faire accepter plus rapidement par les instances réglementaires, cette technologie pourrait *donner* lieu à une démonstration du plan sur un site de stockage semi-aride et humide où se trouvent emmagasinés des déchets composés.

Capteurs chimiques

A utiliser pour le dosage à distance! des radionucléides et des composés organiques dangereux. L'utilisation d'oscillateurs électrochimiques ou pilotés par cristal, et de techniques spectroscopiques mettant en oeuvre certaines polymères, supports ou matériaux d'encapsulage et revêtements protecteurs, et la fixation des polymères aux substrats, l'accent étant mis sur la sélectivité, la durabilité et la répétabilité.

Diagnostics optiques pour la surveillance sur place à distance des contaminants environnementaux

La technique consiste à choisir et à intégrer les méthodes de diagnostic optique d'une gamme de contaminants, à savoir les composés organiques, les composés inorganiques, les radionucléides et les mélanges. On utilise à cette fin la spectroscopie phytothermique et la fluorescence excitée par laser, l'absorbance/luminescence dans le proche infrarouge ou dans l'infrarouge moyen, la spectroscopie vibratoire Raman, le spectrométrie à photoionisation laser et la détection et télémétrie par la lumière laser (lidar).

Technologies destructives concernant les déchets

On étudie dans cette catégorie les plasmas, les micro-ondes et la transmutation des déchets par accélérateur (ATW). Cette dernière technique utilise un accélérateur pour générer un puissant flux de neutrons en dirigeant un faisceau de particules subatomiques vers une cible en alliage de plomb et de bismuth. L'interaction du faisceau et de la cible libère les neutrons de la cible; ces neutrons pénètrent alors dans un modérateur à eau lourde qui les ralentit. Le système est conçu pour que les neutrons entrent ensuite au contact des déchets radioactifs pour les transformer en substances radioactives à courte période ou stables (non radioactives). L'isolement des déchets ainsi transformés devrait dans bien des cas continuer à être la règle, mais la durée du stockage serait ramenée de plusieurs dizaines de milliers d'années à quelques centaines d'années à peine.

APPENDICE III

Les capteurs : généralités et applications

Les capteurs sont les transducteurs physiques qui permettent de transformer certaines caractéristiques environnementales en informations, généralement sous forme de signaux électroniques quantitatifs. Les principaux indices de la performance d'un capteur sont sa résolution spatiale, ou précision, et sa capacité de distinguer le signal émis par l'objet observé des variations aléatoires dans cet objet, seuil qu'on appelle le rapport signal-bruit. La performance globale est un compromis entre la résolution et la superficie observée.

Les capteurs peuvent réagir à des phénomènes physiques, chimiques ou biologiques, souvent à un ensemble de ces phénomènes. Selon les principes physiques fondamentaux utilisés pour effectuer les mesures, on peut distinguer les capteurs sismiques-acoustiques, qui réagissent à la pression mécanique (les sonars, par exemple), les capteurs magnétiques, qui mesurent les perturbations du champ magnétique terrestre, les détecteurs qui mesurent la radioactivité, et les capteurs électromagnétiques, qui sont sensibles à différentes régions du spectre électromagnétique. Dans cette dernière catégorie, les plus importants sont les capteurs à ondes radar et les capteurs qui opèrent dans les régions visible et infrarouge du spectre (généralement appelés capteurs opto-électroniques). La télédétection, comme son nom l'indique, est la détection des modifications (environnementales ou militaires) qui surviennent à une certaine distance du capteur, et le terme est devenu synonyme de l'utilisation de plates-formes aéroportées et de plates-formes spatiales a/.

1. Les capteurs passifs

Les capteurs passifs se composent d'un récepteur qui détecte telle ou telle caractéristique de l'objet (par exemple la chaleur émise par différentes masses terrestres ou par un char ennemi). On trouvera ci-après quelques illustrations de l'utilisation de ces capteurs pour l'étude de l'environnement :

a) Les capteurs photographiques (visible et infrarouge proche)

Dans des conditions optimales, les photographies aériennes peuvent donner une résolution spatiale de i'ordre du centimètre. Les satellites militaires de reconnaissance seraient capables de donner des résolutions allant jusqu'à 10 centimètres et les satellites civils jusqu'à 10 mètres. Cette disparité laisse à penser que les applications non militaires pourraient tirer profit des technologies et des données militaires. La photographie, tant à partir d'aéronefs que de satellites, est un important outil de téléobservation de la lithosphère, car elle est particulièrement utile pour évaluer la morphologie du terrain et son évolution (géomorphologie de base, couverture du terrain, évaluation des ressources en eau, couverture de glace, vulcanologie, etc.), et donne des mesures de la distance, de la superficie, du volume, de l'altitude et de la direction. Les photographies à haute résolution, alliées à la photogrammétrie et à l'accentuation informatisée de l'image (numérisation des donnée6 de densité) est un outil extrêmement versatile.

/...

b) L'appareil de prise de vues Vidicon (visible et infrarouge proche)

L'appareil de prise de vues Vidicon est l'équivalent électrique de l'appareil photographique classique dans lequel l'image optique est formée sur la surface photosensible d'un canon à électrons qui transforme ensuite l'image en signal électrique. Des caméras de télévision Vidicon sont embarquées sur un certain nombre de satellites météorologiques, et la série Landsat est dotée d'une version améliorée appelée le capteur Vidicon à retour de faisceau (RBV).

c) Le scanneur infrarouge thermique

Dans ce procédé fonctionnant dans l'infrarouge thermique, le détecteur convertit l'intensité du rayonnement en signaux électriques que l'on envoie sur un tube à rayons cathodiques, lequel enregistre une ligne sur pellicule. A mesure que le capteur se déplace, il balaie successivement de nouvelles lignes, et une image se forme perpendiculairement à la direction du mouvement. La détection dans l'infrarouge thermique est particulièrement efficace pour étudier l'activité volcanique secondaire (fumerolles, exhalations de gaz à la suite d'une éruption), les courants océanique6 et côtiers, les incendies de forêts et les déversements d'eaux souterraines. La cartographie par inertie thermique permet également d'étudier les transferts de chaleur conductrice près de la surface.

d) Le scanneur optico-mécanique multibandes

Le scanneur optico-mécanique multibandes (MSS) utilisant des détecteurs étalonnés ou conçus pour certaines bandes spectrales précises du rayonnement radioélectrique peut rassembler simultanément des données sur toute une gamme de longueur d'ondes. Par exemple, le MSS à bord de la série de satellites Landsat fournit des données sur la surface de la Terre simultanément dans quatre bandes différentes. La bande exploitable par ordinateur (BEO) sur le MSS de Landsat permet d'utiliser des méthodes perfectionnées de prétraitement, de rehaussement et de classement de l'information. Du fait que l'eau limpide transmet l'énergie dans la gamme bleu-vert et l'absorbe dans l'infrarouge proche, le MSS peut détecter les eaux turbides, chargées de sédiments, et s'est révélé extrêmement utile dans l'étude des crues fluviales.

e) Les capteurs hyperfréquences

Les capteurs passifs hyperfréquences (PMS) détectent le rayonnement émis. réfléchi et transmis dans la gamme des hyperfréquences du spectre radioélectrique. Comparé aux capteurs optiques (fonctionnant dans le visible et l'infrarouge), les PMS sont efficaces la nuit, par mauvais temps et peuvent pénétrer les nuages. Néanmoins, la résolution est médiocre (plusieurs mètres) et la puissance du signal est déterminée par la température et les propriétés diélectriques de la surface de la Terre. Un radiomètre hyperfséquences à balayage électrique est monté à bord du satellite Nimbus-5. La télédétection passive sur hyperfréquences est particulièrement utile pour surveiller les ressources en eau.

2. Les capteurs actif6

Les capteurs actifs sont composé6 d'un émetteur qui balaie l'objet, en général dans une certaine bande du rayonnement électromagnétique (hyperfréquences, infrarouge, ondes radio, etc.), et d'un récepteur qui détecte la façon dont le faisceau réagit à la cible (c'est-à-dire la façon dont le faisceau radar est réfléchi à partir d'un aéronef, de la surface de la mer ou d'une masse terrestre).

a) La détection et télémétrie par radioélectricité (radar)

Les systèmes radar ont été mis au point pour usage militaire, essentiellement pour détecter des objectifs (en général de6 aéronefs). Outre mesurer la distance, le radar peut être utilisé pour mesurer la vitesse de cibles mouvantes (suppresseur d'écho fixe) en déterminant la différence de fréquence entre les ondes radio émises et captées (effet Doppler). La capacité du radar aéroporté à visée latérale (SLAR), qui utilise des impulsions d'ondes courtes émises perpendiculairement à la trajectoire de vol d'une plate-forme aéroportée pour produire des images en deux dimensions du terrain à partir du signal réfléchi, est d'une très grande utilité pour la télédétection environnementale.

Les radars fonctionnant sur réseau d'antenne6 en phase utilisent une antenne statique (c'est-à-dire non orientable) qui permet un balayage plus rapide, la poursuite simultanée de plusieurs objectifs, ainsi qu'une grande fiabilité et une grande exactitude. Les radars à synthèse d'ouverture (SAR) sont capable6 de simuler la performance d'une très grande antenne par calcul électronique, de façon à donner une résolution très fine. Les radars qui fonctionnent sur Onde6 courtes (ondes millimétriques) permettent d'obtenir une grande exactitude et sont mains vulnérables aux perturbations. La miniaturisation électronique a permis de mettre au point des unité6 radar extrêmement petite6 pouvant être montées sur des plates-formes non habitées.

Le6 radars, en particulier le radar à synthèse d'ouverture, peuvent être utilisé6 pour surveiller les inondations, les déversements de pétrole dans l'océan, la glace de mer et l'humidité du sol, mesurer la vitesse du vent et l'intensité de la pluie et de la neige. Ces dernière6 années, on a mis au point de6 radars Doppler spécifiquement pour détecter les tornades et autre6 types de tempêtes.

b) La détection et télémétrie par la lumière (lidar)

Le dispositif de détection et télémétrie par la lumière appelé lidar vient compléter le radar dans les régions visible et infrarouge du spectre. Cet instrument a des applications militaires et civile6 poux localiser les objet6 dans l'atmosphère et dans l'espace. Le lidar à absorption différentielle (DIAL) donne des mesures télémétriques de6 concentrations de polluants chimiques en réfléchissant les impulsions d'un laser sur deux longueurs d'ondes. Lorsqu'on utilise un laser à impulsions, l'enregistrement à résolution temporelle des photons rétrodiffusés permet d'obtenir des informations sur l'altitude.

On a essayé des systèmes lidar à bord de ballons et d'aéronefs et on en a mis au point pour des applications de techniques spatiales. Normalement, la technologie du lidar spatial sert essentiellement à estimer les profils de température, à déterminer des éléments constituants mineurs de l'atmosphère comme l'ozone (essentiellement dans la haute atmosphère) et à déterminer les aérosols b/. On peut choisir des lasers à impulsions que l'on peut régler sur la longueur d'onde appropriée parmi les lasers semi-conducteurs à diode, les lasers Ramen à rotation modifiable, les oscillateurs optiques paramétriques. les lasers à gaz haute pression, etc. c/. Certains de ces types de lasers sont développés dans le domaine militaire. Leurs différences essentielles tiennent à la résolution spectrale, les meilleurs étant ici les lasers semi-conducteurs à diode, et à la production d'énergie, qui est la meilleure pour les lasers à gaz. Les principaux inconvénients sont le coût élevé de ces systèmes et/ou leur poids (en particulier pour les lasers à haute énergie). Il y a également des limites pour ce qui est de détecter les éléments chimiques couverts par des nuages.

c) Le sonar

Le sonar (navigation et télémétrie par réflexion des ondes sonores) est une technique visant à détecter des objets sous-marins, en déterminer la distance et la direction, par des moyens acoustiques. Dans le domaine militaire, on utilise le sonar pour la détection des sous-marins et on l'applique aux torpilles à guidage acoustique, aux mines acoustiques et à la détection des mines. Pour l'étude de l'environnement, on peut utiliser le sonar pour détecter les icebergs, trouver les bancs de poissons, déterminer la profondeur par échosondage, dresser des cartes du fond marin et pour la navigation Doppler. On peut également lâcher de petites bouées sonores par hélicoptère.

d) La recherche sur les isotopes

Les variations naturelles des isotopes stables du carbone, de l'azote et du soufre peuvent être utilisées pour suivre les courants d'énergie le long de la chaîne alimentaire de la faune aquatique. Depuis le début des années 60, on mesure tous les mois la teneur en tritium, en deutérium et en oxygène-18 des précipitations grâce à un réseau mondial de stations gérées en commun par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Les informations recueillies montrent que la concentration de certains constituants de l'atmosphère, présents à l'état de trace, comme le gaz carbonique, le méthane, l'oxyde de carbone, l'ozone, les chlorofluorocarbones (CFC), les oxydes d'azote et de soufre, sont en train de changer en raison des émissions anthropiques. Dans la région de Tchernobyl, les recherches portent sur la migration des radionucléides libérés à la suite de l'accident de la centrale nucléaire en 1986. Pour l'avenir, il sera nécessaire d'élaborer des modèles d'interprétation et de pronostics plus appropriés et d'établir des bases de données sur les caractériques de la migration des polluants dans des conditions géologiques et thermodynamiques typiques d/.

3. Le6 plates-formes

Les chars de reconnaissance

Le char de reconnaissance allemand "Fox" est fondé sur le TM-170 déjà en production et en service g/. Le6 instruments à bord du char comprennent essentiellement des détecteur6 gamma pour détecter les rayonnements ionisants, et des spectromètres de masse pour identifier des substances organique6 comme le6 agents de guerre chimique. Une base de données stocke jusqu'à 900 substances, et on peut tirer les information6 sur papier. Le6 capteurs météorologiques embarqués peuvent mesurer la température, l'humidité. la vitesse et la direction du vent et la pression barométrique. Un système militaire de localisation est utilisé pour déterminer la position exacte. Le spectromètre de masse mobile peut fonctionner dans des conditions extrême6 de température et d'humidité et est entièrement commandé par de6 microprocesseurs. Parmi les application6 à l'étude de l'environnement, on peut citer l'analyse de l'eau et du feu, la détermination des pesticides et la mesure de la pollution après un accident.

Les satellite6 de reconnaissance des Etats-Unis

Le8 satellites de photoreconnaissance militaires le6 plus perfectionnés comme les satellites américains "Keyhole" (KH-11, RH-12) sont composés d'un réseau de millions de petits pixels et auraient une résolution spatiale de 15 à 30 centimètres, ce qui serait beaucoup mieux que ceux dont on dispose à bord des photosatellites civils. On peut prendre des images la nuit en utilisant de6 détecteurs infrarouge et de6 photomultiplicateur qui Ont une résolution nettement plus fine que les image6 dans le visible. Le système Lacrosse est un radar spatial fonctionnant par tout temps, capable de pénétrer les nuage6 et doté d'un certain nombre de capteurs spécialement conçus pour durer très longtemps. On suppose qu'il a une résolution de l'ordre de 2 à 3 mètres. Selon la fréquence utilisée, le radar à synthèse d'ouverture du Lacrosse serait, estime-t-on. capable de pénétrer de plusieurs mètres de récoltes mûres de plantes vertes f/. Le6 satellite6 de reconnaissance sont importants pour suivre le6 crises, donner une alerte avancée et pour le6 vérification6 en matière de désarmement, mais pourraient remplir principalement des fonctions de surveillance de l'environnement avec une résolution très élevée.

Le Programme d'appui à la défense des Etats-Unis (DSP) fournit un système de surveillance par satellite pour l'alerte avancée en cas d'attaque par missile balistique. Ce système est composé de trois satellites géostationnaires, de plusieurs stations de traitement au sol et d'un réseau de communications. Le capteur principal est un grand télescope doté d'un réseau de détecteurs infrarouge dont chacun observe une superficie de moins de 3 kilomètres carrés sur la surface de la Terre g/. Outre qu'il détecte l'émission thermique d'un missile, ce capteur est capable de localiser les grosses sources de chaleur (comme de6 incendies). qu'elle6 proviennent de catastrophes naturelles ou anthropiques.

Le système de satellite6 météorologiques de défense des Etats-Unis (DMSP) rassemble des données grâce à un certain nombre de capteurs différent6 : les capteurs à haute résolution (radiomètres à balayage) dans le visible et

l'infrarouge thermique, qui sont utilisés pour analyser les formations de nuages à l'appui d'opérations militaires (par exemple alerte aux tempêtes); de sondeurs de température passifs fonctionnant sur hyperfréquences et dans l'infrarouge; un imageur hyperfréquences capable de pénétrer le couvert nuageux pour obtenir toute une série de données environnementales, un spectromètre électronique qui mesure l'activité des particules chargées de la Terre; et une caméra de télévision. On prévoit d'y ajouter un lidar pour mesurer le champ éolien sur trois dimensions dans l'atmosphère, un capteur ultraviolet sous vide pour déterminer la hauteur du sommet des nuages et la teneur en aérosols des nuages, et une ionosonde qui mesure l'altitude des réflexions des ondes radio décamétriques dans l'atmosphère h/.

4. Les applications de la télédétection à l'écologie i/

a) L'atmosphère

Traditionnellement, les données météorologiques sont recueillies au sol, à l'aide de divers instruments - baromètres, thermomètres, anémomètres, pluviomètres et enregistreurs d'ensoleillement - déployés en réseau serré sur un pays. On utilise des fusées-sondes spécialisées pour obtenir des informations sur la pression, la température, la densité et les vents dans la très haute atmosphère pour la météorologie et la géophysique. Les satellites de télédétection sont particulièrement utiles pour mesurer les structures de température, étudier les rayonnements de surface, classifier les types de nuages , estimer les précipitations, analyser la vapeur d'eau, analyser le champ du vent, déceler la formation de grosses tempêtes, analyser et prévoir le temps, apprécier l'appauvrissement de la couche d'ozone et surveiller l'effet de serre.

ii) La lithosphère

Les principales applicationo d'observation aérospatiale de la lithosphère à l'écologie sont les suivantes : repérer, identifier et cartographier les détails à la surface de la Terre et en dessous et en déduire les phénomènes en jeu. La photographie aérienne a permis d'enregistrer des éruptions volcaniques, par exemple celle du mont St. Helens. L'analyseur infrarouge thermique se prête à la surveillance des activités volcaniques secondaires : fumerolles, évents, etc. Quant aux zones côtières, la photographie aérienne permet de voir les grands détails du relief côtier ainsi que les schémas de circulation de l'eau de mer. Le télésondage spatial de la lithosphère est également utilisé pour la reconnaissance géologique dans un environnement inhospitalier, la délimitation des plaines inondables et la détection des réseaux d'eau souterraine, la cartographie des phénomènes géothermiques, la cartographie par inertie thermique, la détection des roches siliceuses, la détermination des pentes, la détection des structures linéaires, le calcul des paramètres des réseaux d'écoulement, la cartographie géologique des zones fortement boisées, la cartographie des champs de neige et de la cryosphère, la cartographie des sédiments dans des régions désertiques, l'évaluation des dégâts causés par les incendies de forêts et de savanes, l'analyse des formes de relief et la cartographie des structures de surface.

iii) La biosphère

Lorsqu'on étudie la végétation, les cultures et les sols, il est invariablement nécessaire d'en déterminer la répartition spatiale, la structure et le type. Ce type d'information est indispensable pour les décisions de gestion et de planification en agriculture et sylviculture, pour les études de faisabilité de projets de mise en valeur des terres et pour nombre d'ouvrages d'art. L'utilisation de satellites pour le télésondage de la biosphère est bien établie lorsqu'il s'agit d'évaluer les dégâts causés à la végétation, d'identifier les différentes cultures et d'en déterminer l'état, de cartographier les sols, de faire l'inventaire des forêts et de la végétation des zones humides, de déterminer l'humidité du sol, de déterminer la température des cultures et d'en prévoir le rendement et d'estimer la quantité de végétation verte. On peut également mentionner le sauvetage d'aéronefs ou de navires en détresse grâce à la détection par satellite des signaux émis j/.

iv) L'hydrosphère

L'importance des satellites de télédétection pour la collecte de données sur las caractéristiques physiques, biologiques, géologiques et chimiques des mers est évidente. La photographie tant aérienne que spatiale permet de suivre la dérive et la dispersion des déchets industriels en mer, par exemple, les métaux lourds et les composés organiques. L'observation aérienne est essentielle lorsque l'on veut surveiller diverses activités et disposer de preuves en cas de violation : déversements autorisés ou non de produits chimiques, incinération de produits chimiques, trafic maritime, pêche, activités au large des côtes, recherche et sauvetage, cartographie des glaces de mer, contrebande et étude de l'environnement en général. Les capteurs ultraviolets, infrarouges thermiques et en hyperfréquence permettent en principe de déceler les déversements accidentels d'hydrocarbures. Le fluorocapteur à laser permet d'obtenir une classification des huiles. On utilise les radiomètres en hyperfréquenso passifs pour mesurer la température à la surface de la mer, la glace de mer et la salinité et on utilise le radar pour cartographier la glace de mer, mesurer la hauteur des vagues, repérer les plantes aquatiques et les réserves de poisson, mesurer la nrofondeur de l'eau et repérer les nappes d'hydrocarbures k/.

Tableau 1

Les capteurs des satellites civils et militaires 1/

Satellite	Pays	Capteur	Longueur d'onde ou fréquence	Résolution spatiale
DMSP Block 5D	Etats-Unis	Dispositif de balayage linéaire opérationnel	0,41 à 1,1 Mm, 8-3 Mm	1 km
		Détecteur gamma		
		Spectromètre à précipitation d'électrons		
		Sondeur de densité		
		Sondeur infrarouge de température, vapeur d'eau et ozone		
		Moniteur de plasma		
		Moniteur ionosphérique passif		
		Sondeur de température en hyperfréquence		
		Fluxmètre infrarouge		
		Capteurs de panache (sur Block 5D)		
		Imageur en hyperfréquence (sur Block SC 2-3)		
		Capteur ultraviolet à vide (sur Block 5D 3)		
ERS-1	ASE	Radar à synthèse d'ouverture (imagerie)	5,3 GHz (bande C)	30 m
		Radar à synthèse d'ouverture (ondes)		5 km
		Radar à synthèse *d'ouverture (vent)*	5,5 GHz	50 km
		Altimètre	Bande K	
		Diffusiomètre	Bande C	
		Radiomètre à balayage à visée latérale		
ERS-1	Japon	Radar à synthèse d'ouverture	1,275 GHz (bande L)	25 m
		VNR	4 bandes (0,45 à 0.90 Mm)	25 m
LRS	Inde	LISS-1	4 bandes comprises entre 0,45 et 0,90 Mm	73 m
		LISS-2	4 bandes comprises entre 0.45 et 0.90 Mm	44 m
w-11, KH-12	Etat s-Unis	Caméra de reconnaissance	Visible	0,30 m
		Dispositif de transfert de charge	Visible	0,30 m
Lacrosse	Etats-Unis	Radar à synthèse d'ouverture		1,5 à 3 ai
Landsat 4 et 5	Etats-Unis	Analyseur multibande	Quatre bandes, visible et infrarouge réfléchi	80 m
		Instrument de cartographie thématique	Visible, proche infrarouge	25 m
			Infrarouge thermique	100 m
METEOSAT	ASE	Analyseur multibande	Visible 0,5 à 0,9 Mm	2,5 km
			Infrarouge 10.5 à 12,5 Mm	5 km

Tableau 1 (suite)

Satellite	Pays	Capteur	Langueur d'onde ou fréquence	Résolution Spatiale
M. ROSS (Annulé)	Etats-Unis	Altimètre Diffusiomètre Radiomètre en hyperfréquence basse Imageur spécial en hyperfréquence		
RADARSAT	Canada	Radar à synthèse d'ouverture Diffusiœètre en hyperfréquence Radiomètre en hyperfréquence Capteur optique	5,3 GHz (bande C), 1,3 GHz (bande L)	25 à 30 m
Salyout 6	URSS	Analyseur aultibande	Visible Infrarouge	20 m 60 •
		Chambre photographique Vidicon à retour de faisceau	Visible Visible	80 → 120 m □□□ m
SEASAT	Etats-Unis	Radar à synthèse d'ouverture Altimètre Radiodif fusiœètre Radiorètre à balayage multifréquence Radiœètre dans le visible et l'infrarouge	Bande L	25 m
Capteurs placés à bord de la navette	Etats-Unis	Chambre photographique grand format (STS-41G) Chambre photographique grand format (STS-4) Radar à synthèse d'ouverture (STS-2)	Visible Visible	18 m 20 a 30 m
	Allemagne	Analyseur multibande optoélectronique modulaire (STS-7 et STS-11)	Bande 1 : 0,58 à 0,63 Mm Bande 2 : 0,83 à 0,98 Mm	20 a 20 m
Soyout-22	URSS	Chambre photographique multibande (MFK 6)	Visible (6 bandes)	10 a
SPOT	France	Haute résolution dans Le visible Dispositif à transfert de charge	Visible panchromatique Visible multibande	10 m 25 m
TIROS-N	Etats-Unis	Radiomètre perfectionné à très haute résolution : spectrœètre infrarouge, sondeur en hyperfréquence	Visible, infrarouge thermique (5 bandes)	1 km
TOPEX Poséidon	Etats-Unis/ France	Altimètre haute précision Sondeur en hyperf réquence Système précis de repérage de satellites (DORIS)		

Tableau 2

Les capteurs de Nimbus 7, objectifs scientifiques et domaine d'application a/

Capteur	Longueur d'onde	Paramètres mesurés	Domaines d'application
CZCS	0,44, 0,55, 0,56, 0,67,0,75 et 11,5 Mm	Température, radiance spectrale, chlorophylle sédiments	Géodynamique des zones côtières, pollution chimique et thermique, ressources halieutiquee, observations des profondeurs océaniques, surveillance des déversements d'hydrocarbures
ERB	10 bandes pour l'observation du Soleil entre 0,2 et 50 Mm; bandes pour observation de la Terre entre 0,2 et 50 Mm	Flux terrestre et solaire, ensoleillement zona1	Climatologie, dynamique des océans et de l'atmosphère, modélisation du temps, étude de la réflectance terrestre
LIMS	6,25, 6,75, 9,65, 11,35, 15,25 et 1 bande large 13,2 à 17,2 Mm	Concentration de gaz et profil thermique dans la etratoephère	Surveillance de la pollution atmosphérique, études photochimiques, dynamique des gaz de l'atmosphère, climatologie
SAMS	9 bandes définies par modulation cellulaire 4,1 à 15 Mm et 25 à 100 Mm	Concentration des gaz et profil des températures dans la stratosphère	Surveillance de la pollution atmosphérique, études photochimiques, dynamique de s gaz de l'atmosphère, climatologie
SAMS II	1 Mm	Extinction des aérosols et profil des taux d'extinction et épaisseur optique de la stratosphère	Sources et puits atmosphériques, étude du bilan radiatif de la Terre, dynamique des injections aérosols
SBUV/ TOMS	12 longueurs d'ondes fixes entre 0,255 et 0,380 Mm et balayage continu de 0,160 à 0,400 Mm	Profils de l'ozone, ozone atmosphérique total, irradiance solaire, radiance terrestre	Dynamique et modélisation de l'ozone, climatologie et météorologie, relations ozone-Soleil
SMMR	Fréquence de 6,6, 10,7 18,0, 21,0 et 37,0 GHz, radiomètre à balayage mult ibande	Paramètres des glaces de mer, conditions à la surface des océans, conditions atmosphériques, paramètre8 à la surface de la Terre, caractéristiques glaciales	Dynamique des océans, dymamique des glaces, interactions océan/atmosphère, climatologie et surveillance du temps
THIR	0,75 et 11,5 Mm	Température de surface, température du sommet des nuages	Effets de la nébulosité sur les données des autres instrument a de Nimbus 7

/...

Tableau 3

Utilisation des bandes de l'inetrumsnt de cartographie thématique de Landsat-4 a/

Bande	Plage spectrale	Utilisation
1	0.45 à 0,52 Mm	Pénétration des masses d'eau, cartographie des eaux côtières, distinction entre sol et végétation.
2	0.52 à 0,60 Mm	Mesure de la réflectance maximum du rayonnement vert de la végétation pour en évaluer la vigueur.
3	0,63 à 0,69 Mm	Bande d'absorption de la chlorophylle, Utile pour distinguer des types de végétation.
4	0,76 à 0,90 Mm	Détermination du contenu de la biomasse. Délimitation de6 masses d'eau
5	1,55 à 1,75 Mm	Détermination du degré d'humidité de la végétation et du sol. Différenciation entre neige et nuages.
6	10,40 à 12,50 Mn	Analyse du stress de la végétation. Mesure de l'humidité du sol, cartographie ther .ique.
7	2,08 à 2,35 Mm	Détermination de6 types de roches. Cartographie hydrothermique.

Notes

a/ On trouvera une bonne description des techniques de capteurs pour les applications environnementales dans C. P. Lo, Applied Remote Sensing, Longmans, 1986.

b/ En 1977, la NASA a convoqué un groupe d'étude international chargé de mettre au point les concepts d'un système lidar atmosphérique pour la navette spatiale; ce groupe a proposé 26 expériences pour démontrer toute la gamme d'applications du lidar. Une version à plus petite échelle est appelée LITE (laser in space technology experiment - expérience sur les techniques laser dans l'espace). Voir D. B. Horgan et A. Rosenberg, "Spaceborne Lidar Sensors: Opportunity and Challenge", dans l'ouvrage compilé par A. Schnapf, Monitoring Earth's Ocean, Land and Atmosphere from Space, New York, Institut américain de l'aéronautique et de l'astronautique, 1985.

c/ R. Trapp, "Verification of an international agreement banning chemical weapons - the possible role of satellite monitoring". dans l'ouvrage compile par B. Jasani et T. Sakata, Satellites for Arms Control and Crisis Monitoring, Oxford University Press, 1987.

d/ Voir l'édition spéciale sur les isotopes et la recherche environnementale du Bulletin de l'AIEA, avril 1990.

e/ "NBC version of TM-170 unveiled", dans Jane's Defence Weekly, No 13, août 1988, p. 278.

f/ Voir l'ouvrage compile par R. Kokoski et S. Koulik, Verification of Conventional Arms Control in Europe, SIPRI, Stockholm, Westview Press, 1990.

g/ The C^3I Handbook, troisième édition, Palo Alto, 1988.

h/ L. Gomberg, "Remote Sensing of the Earth with the Defense Meteorological Satellite", dans A. Schnapf, op. cit.

i/ On trouvera dans C. P. Lo, op. cit., une analyse descriptive détaillée des différentes régions écologiques.

j/ Le programme multinational COSPAS/SARSAT a donné certains résultats positifs dans ce domaine.

k/ Il y a différents types de capteurs spatiaux conçus pour les applications océanographiques, par exemple l'Analyseur couleur pour Ses zones côtières (CZCS) de Nimbus 7, conçu expressément pour recueillir des informations pour les biologistes de la mer et les organismes de surveillance de la pollution (voir tableau 2) et l'expérience SEASAT d'étude de la surface des océans à l'aide de capteurs en hyperfréquence. Etant donné les résultats obtenus, de futurs systèmes à satellite sont prévus : MOS-l pour le Japon, SPOT-2 pour la France et ERS-1 pour l'ASE.

l/ Satellite Remote Sensing for Resources Development, Graham et Trotman, publié par A.-H. Szekielda, 1986; El. Jasani, op. cit.; et A. Schnapf, op. cit.

m/ R. Reuter et R. H. Gillot, Remote Sensing of Pollution of the Sea, Proceedings of the International Colloquium, Université d'Oldenburg, mars 1987.

n/ R. Reuter, op. cit.

APPENDICE IV

Calculs, communications et modélisation : les tendances

1. Ordinateurs

En micro-électronique, la tendance reste à l'intégration 8 très grande échelle et à très grande vitesse. Des superordinateurs avec de6 milliers de microprocesseurs montés en parallèles, capable6 d'effectuer des milliard6 et des milliards d'opérations par seconde, servent de base à la simulation en temps quasi réel de systèmes militaires et écologique6 complexes. La vitesse de calcul et la capacité de stockage et recherche d'information dépasse de beaucoup la capacité de programmer l'ordinateur et de créer un code logiciel fiable. Cette situation a inspiré l'élaboration de nouvelles méthodes de génie logiciel. La construction de puces conçue6 pour certaines fonctions illustre l'intégration croissante du matériel et du logiciel.

2. Intelligence artificielle et robotique

Les systèmes experts enregistrent des connaissances sur un point ou un domaine précis et, en réponse à des questions concrète6 posées selon certaine6 règles formelles, ils offrent des conclusions, des solutions et de6 options. Les robots sont des machines commandées par des programme6 qui tentent d'imiter les capacités et activité6 humaines et ils peuvent également servir pour la formation. L'intelligence artificielle est utilisée pour la reconnaissance, la classification, l'identification et la reproduction de formes selon des critères et des caractéristiques spécifies. Dans l'autre sens, ces méthodes peuvent être utilisées pour la génération graphique et la synthèse de la parole. De plus en plus, on utilise les concept6 mathématiques de logique floue et de géométrie fractale pour les algorithmes d'aide à la décision et de reconnaissance/génération de caractères respectivement. Les principes du cerveau humain seront appliqués dans les réseaux neuronaux pour résoudre des problèmes techniques.

3. Systèmes de communication

Un système de communication transporte des messages d'un émetteur à un récepteur par des voies de communication qui peuvent être des câble6 (en métal ou en fibre de verre) ou des voies de propagation radio. Le spectre des radiofréquences est divise en huit bandes correspondant à différentes longueurs d'ondes, depuis les ondes myriamétriques jusqu'aux onde6 millimétriques. Les communications par satellite sont importantes jusqu'aux plus haute6 fréquences et permettent de transmettre d'énormes quantités de données en très peu de temps, ce qui est utile pour la surveillance de l'environnement. Les fibre6 optiques présentent plusieurs avantages sur les câbles métalliques : le poids, le volume, les signatures électroniques, les délais d'installation et les coûts associés sont moindres alors qu'on augmente la largeur des bandes, le débit, la sécurité, la fiabilité et l'immunité aux contre-mesures électroniques. Afin de normaliser les télécommunications, le Comité consultatif international télégraphique et téléphonique (CCITT) et l'Organisation internationale de normalisation (ISO) ont adopté comme référence l'interconnexion de systèmes ouverts qui prescrit diverses régies

(protocoles) à sept niveaux, que doivent respecter certains réseaux informatiques. Le réseau numérique à intégration de services a été introduit pour tous les types de messages (voix, télex, télécopie, données) sous forme normalisée par les calculateurs numériques.

4. Système mondial de localisation (GPS)

Le GPS Navstar des Etats-Unis est constitué par plusieurs satellites dont les orbites sont telles qu'idéalement une station au sol peut capter simultanément les signaux émis par quatre satellites. Après traitement, on obtient une information précise sur les coordonnées géographiques et l'altitude du récepteur. Les satellites et les récepteurs sont équipés d'horloges atomiques synchrones et le temps entre l'émission et la réception des signaux permet de calculer les distances entre le satellite et le récepteur. Les quatre distances obtenues permettent la localisation tridimensionnelle d'un point à la surface de la Terre. Certains récepteurs sont suffisamment petits pour être transportés par un soldat et ils équipent divers types de véhicules militaires ainsi que des troupes. Le système des Etats-Unis fonctionne sur deux bandes, selon le principe d'"accès sélectif" : un code brut, accessible au personnel civil, qui a une précision de 100 mètres et un code militaire, avec une précision de 17,8 mètres horizontalement et 27,7 mètres en altitude a/.

5. Modélisation et simulation en commande et contrôle

La modélisation et la simulation jouent un rôle important dans le système militaire de commande. contrôle, communications et renseignement (C3I). Le matériel, le personnel et des connaissances spécialisées dans ce domaine peuvent être mis au service de l'environnement. On trouvera quelques exemples ci-après b/ :

1) D'un point de vue théorique, le modèle cybernétique de Lawson de la boucle de prise de décisions de commande et contrôle est important en ce qu'il décompose le processus en plusieurs fonctions : explorer (l'environnement), traiter (les données), comparer (l'état réel et l'état souhaité), décider (selon la mission) et agir (par ses propres moyens).

2) Les modèles de processus décrivent l'inceraction dynamique avec l'environnement commande et contrôle : modèles de combat et de conflit bilatéral; la conception en direct (par exemple pour une attaque par des missiles balistiques intercontinentaux et pour le lancement à l'alerte): des équations différentielles déterministes telles que le modèle de Lanchester; des modèles statistiques probabilistes ou encore des modèles utilisant la logique floue, la théorie des catastrophes et du chaos, la théorie de commande et la théorie des jeux.

3) Il existe des modèles détaillés qui décrivent et analysent certains aspects de C3I : prises de décisions et aide à la décision dans les centres de commandement et les quartiers généraux; surveillance et fusion des informations aux fins de reconnaissance, alerte et prévision: aspects physiques et mathématiques des communications (par exemple débit, connectivité et taux d'erreur), le contrôle de l'information et la guerre électronique

(déception, brouillage). Si en théorie des communications on comprend bien les procédures de conception, on comprend beaucoup moins la fusion des informations, en partie à cause du volume des données et parce qu'il est. difficile de décider ce qui est essentiel et ce qui ne l'est pas.

4) Les modèles d'évaluation permettent de mesurer le fonctionnement et. l'efficacité des systèmes de C3I. Il s'agit de déterminer dans quelle mesure un système est capable d'accomplir d'une part ses taches "internes", d'autre part une mission militaire donnée.

5) Etant donné la complexité et la vulnérabilité des systèmes de C3i, la simulation, la formation, les essais et les exercices sur le terrain réalistes sont particulièrement importants. Un modèle n'est utile que s'il correspond à un scénario réaliste et peut être expliqué au décideur dans des termes qu'il comprend. Aux Etats-Unis, on connaît beaucoup d'installations de simulation et de bancs d'essai. Les exercices sur le terrain portent sur le fonctionnement intégré de toutes les catégories d'armes et de troupes, y compris les structures de C3I. Les systèmes experts y sont utilisés à l'appui de la planification.