

HC120
.T4
W714
QUEEN
c.1

La technologie et l'innovation dans l'industrie canadienne

Une trousse d'information préparée
à l'intention des professeurs de sciences

Canada

HC
120
.T4
W714
Queens
c.1

La technologie et l'innovation dans l'industrie canadienne

Une trousse d'information préparée
à l'intention des professeurs de sciences

INDUSTRY, SCIENCE AND
TECHNOLOGY CANADA
LIBRARY

NOV 17 1994

BIBLIOTHÈQUE
INDUSTRIE, SCIENCES ET
TECHNOLOGIE CANADA

J. Douglas Wigglesworth
et
Graham Orpwood

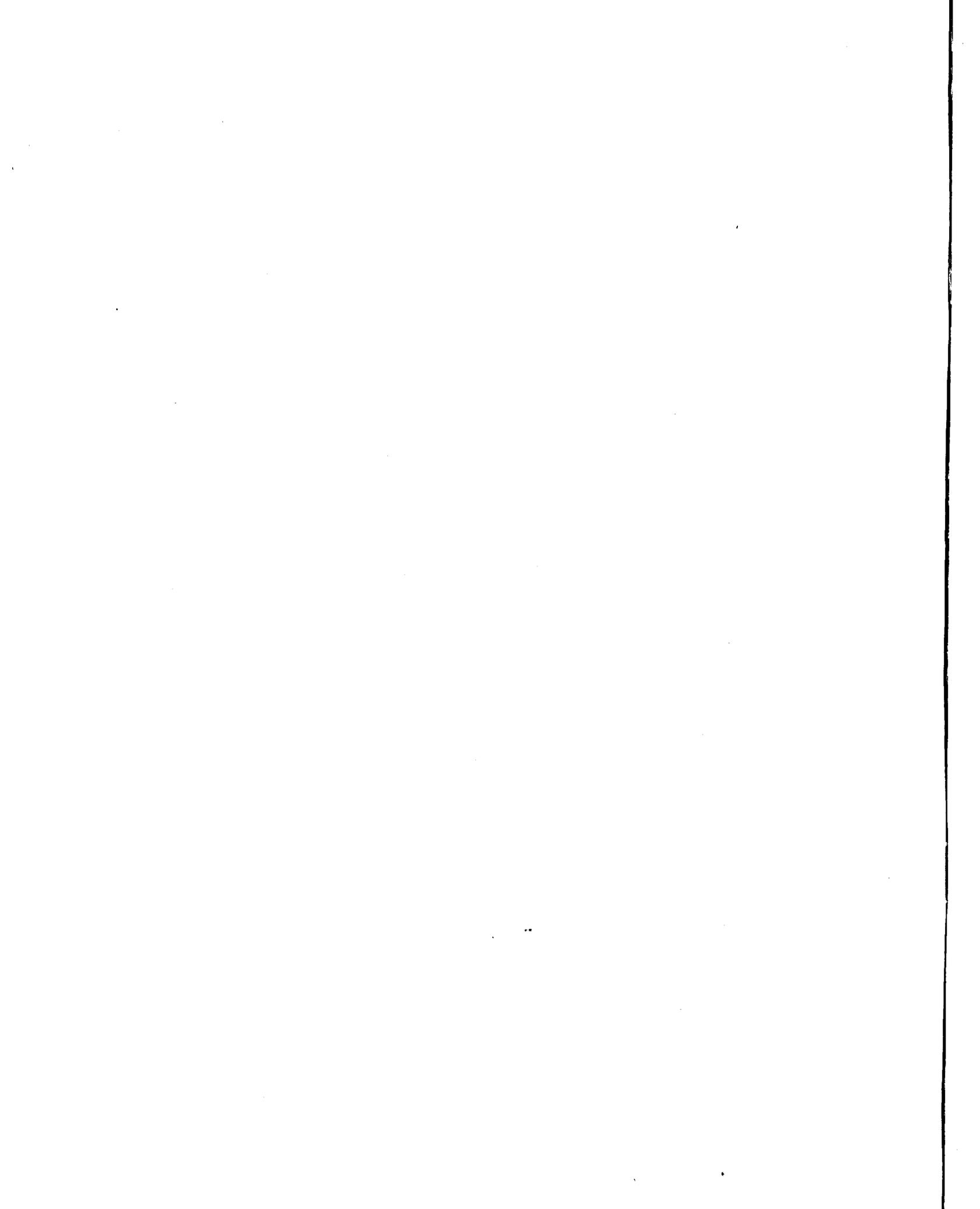
Orpwood Associates
Toronto

1988

Conférence nationale sur
la technologie et l'innovation

TABLE DES MATIÈRES

	Préface	
1.	LA TECHNOLOGIE ET L'INNOVATION: Enseigner les sciences en vue du 21e siècle	7
	Les sciences et la technologie	
	La technologie et l'innovation	
	Les buts et objectifs éducatifs	
	Références	
2.	SHARP: L'avion propulsé par micro-ondes.....	15
	Les principes physiques qui sous-tendent le SHARP	
	Convertir les micro-ondes en courant électrique	
	L'avion même	
	Les applications du SHARP	
	Suggestions pour l'exploitation pédagogique	
	Références	
3.	ALUPOWER: La batterie air-aluminium.....	23
	La batterie idéale	
	Les principes chimiques de la cellule électro-chimique	
	La cellule air-aluminium	
	Les applications de l'ALUPOWER	
	Suggestions pour l'exploitation pédagogique	
	Références	
4.	L'HUITRE BELON: La génétique au service du secteur des ressources naturelles.....	31
	L'aquiculture et la biotechnologie	
	La nature de la biotechnologie	
	La génétique et l'élevage de mollusques et de crustacés	
	D'autres applications de la biotechnologie	
	Suggestions pour l'exploitation pédagogique	
	Références	



PRÉFACE

En janvier 1988, le très honorable Brian Mulroney, Premier ministre du Canada, a invité quelque deux cents "principaux décideurs du monde de l'industrie, des universités, des syndicats et des gouvernements" à venir de partout au pays le rejoindre à Toronto pour une raison spéciale. Il s'agissait de "débatte le défi lancé à l'économie canadienne et . . . élaborer ensemble les réformes qui s'imposent."

Les objectifs de cette conférence étaient:

- d'envisager les défis internationaux lancés à l'industrie canadienne sur le plan de la compétitivité;
- de mettre en évidence l'importance du rôle de la technologie et de l'innovation dans le processus du changement; et
- d'encourager l'industrie, les gouvernements, les universités et le monde syndical à s'engager à accélérer l'avènement d'une économie fondée sur les connaissances et les technologies.

Même si l'éducation dans nos écoles primaires et secondaires n'était pas l'un des thèmes centraux de la conférence, les participants ont maintes fois fait référence à son importance pour le Canada en nous aidant à relever les défis techniques auxquels nous sommes confrontés. Le Canada a besoin non seulement de gens prêts à faire carrière dans les domaines de la science et de la technologie, mais aussi d'une population capable de mieux comprendre l'impact que la science et la technologie ont déjà sur la société. Nous avons besoin également de jeunes gens qui ont les connaissances, les habiletés et les attitudes qui sont pertinentes au travail dans une société à base d'information. Il est donc ressorti que la qualité de l'éducation dispensée dans nos écoles primaires et secondaires est l'un des facteurs les plus importants dans la capacité future de l'industrie canadienne de faire face à la concurrence.

Les organisateurs de la conférence ont jugé, par conséquent, qu'il est très important de diffuser auprès de nos écoles des renseignements sur la technologie et sur l'innovation. Les gens dans les écoles sont du même avis. Les nouveaux programmes d'études pour les sciences et les sciences humaines dans la plupart des provinces canadiennes soulignent à quel point il est important pour nos jeunes d'apprendre quels sont les liens qui existent entre les sciences, la technologie et la société, et de voir cette information présentée 'dans un contexte canadien'.

Les deux troussees que voici - l'une destinée aux classes de sciences et l'autre aux cours de sciences humaines - sont conçues sous la forme d'études de cas. Plusieurs récentes innovations techniques réalisées dans diverses industries canadiennes y sont décrites pour illustrer les grands thèmes qui sont la technologie et l'innovation. Notre espoir, c'est que les professeurs pourront facilement incorporer ce matériel à leur programme de sciences ou de sciences humaines dans les classes du cycle supérieur dans les écoles secondaires.

Nous espérons aussi que l'information comprise dans les troussees incitera les élèves et leurs professeurs à explorer en plus grande profondeur les différentes façons dont les compagnies

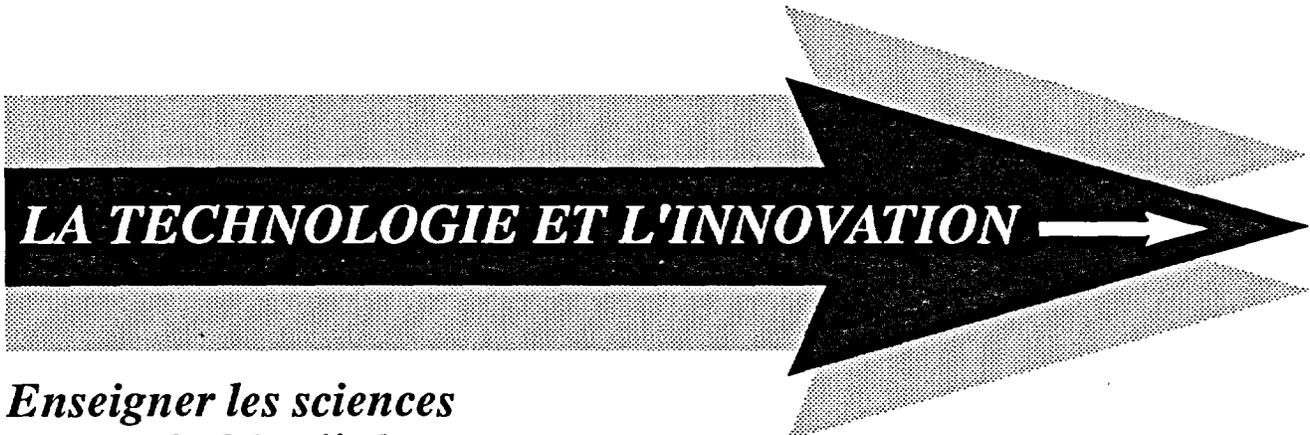
canadiennes se servent des sciences et de la technologie pour créer de nouveaux produits "d'une plus grande valeur ajoutée" et pour renouveler les méthodes qu'elles utilisent pour fabriquer des produits traditionnels.

Ces trousseaux ont été préparées par Orpwood Associates, une compagnie d'experts-conseils qui se spécialisent dans les sciences et l'éducation, en vertu d'un contrat consenti par le ministère d'Etat des Sciences et de la Technologie. Les auteurs des trousseaux sont Doug Wrigglesworth (Sciences) et Tim Fielding (Sciences humaines), tous les deux professeurs auprès du Conseil scolaire de North York que nous tenons à remercier d'avoir libéré ces deux enseignants pour qu'ils puissent assister à la conférence même.

Orpwood Associates reconnaît la contribution faite par un grand nombre de gens qui ont aidé à rendre possible la publication de ces trousseaux, et remercie surtout Janet Ferguson (gestionnaire de la Conférence nationale sur la technologie et l'innovation) et les membres du secrétariat; Christine Westover (Alcan International Ltée, Montréal) et James Davis (Alupower Inc., Bernardsville, N.-J.); Joseph Shlesak (Ministère des Communications, Ottawa); Catherine Enright (Seafarm Ventures, Sambro Head, N.-E.); Danielle Gagnon, Diane Hardy et David Nostbakken (Centre de recherches pour le développement international, Ottawa); Bruce Jenk et son personnel (Centre technique des eaux usées, Burlington, Ontario); Jim Hendry (MacDonald Dettwiler, Richmond, C.-B.); Don Nickerson (NewTech Instruments, St-Jean, T.-N.); Bill Atkinson (Forintek, Montréal); Lynda Moore (B.C. Forest Industries, Vancouver); James MacFarlane (International Submarine Engineering, Port Moody, C.-B.); Susan Forbes (Allelix, Mississauga, Ontario); et Graham Johnson (Ostred Sea Farms, Halifax, N.-E.). Les auteurs reconnaissent également l'aide que leur ont prêtée certains collègues, surtout Dave Simpson et Nicole Hodge (Conseil scolaire de North York), qui ont fait la critique des premières ébauches du présent document.

juin 1988

Graham Orpwood
Toronto



LA TECHNOLOGIE ET L'INNOVATION

Enseigner les sciences en vue du 21^e siècle

Incorporer la technologie et l'innovation industrielle au contenu d'un cours de sciences dispensé dans une école secondaire est, pour la plupart des professeurs, quelque chose d'assez nouveau. Plus traditionnellement, les objectifs des cours de sciences dans les classes supérieures du secondaire relevaient de l'apprentissage de la nature des sciences et des procédés qui leur sont propres - et aussi, bien sûr, de la maîtrise du contenu scientifique même. Mais de plus en plus souvent, les enseignants sont appelés dans les programmes d'études établis par leur ministère de l'éducation à faire ressortir les liens qui existent entre, d'une part, le contenu scientifique de leurs cours et, de l'autre part, la technologie, les questions sociales et le contexte canadien où ce contenu se trouve en application.

Ce livret renferme des données sur trois exemples de l'application des sciences telle qu'elle se manifeste dans trois innovations techniques mises au point au Canada. Chaque étude de cas est étroitement liée à un thème normalement traité dans les classes de sciences au secondaire, les trois relevant respectivement de la physique, de la chimie et de la biologie:

1. ***SHARP: L'avion propulsé par micro-ondes***
Le compte rendu du SHARP (Stationary High Altitude Relay Platform - Plate-forme relais fixe de haute altitude), un aéronef alimenté par micro-ondes, mis au point par le ministère fédéral des Communications, s'insérera bien à plusieurs thèmes du programme de physique, tels les transformations de l'énergie.
2. ***ALUPOWER: La batterie air-aluminium***
Le système de batteries air-aluminium a été perfectionné par Alcan Ltée dans ses laboratoires situés à Kingston en Ontario. Ce cas cadre bien avec l'unité d'oxydoréduction qui fait partie du programme de chimie dans les classes du cycle supérieur.
3. ***L'HUITRE BELON: La génétique au service du secteur des ressources naturelles***
Le génie génétique s'applique de plus en plus souvent à toute une gamme d'initiatives au Canada, entre autres cette entreprise d'aquiculture en Nouvelle-Ecosse. Des renseignements sur l'élevage des huîtres et d'autres crustacés et mollusques peuvent enrichir l'enseignement de la génétique dans le programme de biologie au cycle supérieur.

Avant de passer à l'étude de chaque cas individuel, nous jugeons qu'il est à propos de faire quelques commentaires sur les sciences, la technologie et l'innovation, et sur l'importance grandissante qu'elles revêtent pour l'industrie canadienne. Evidemment, il est intéressant pour les élèves d'apprendre davantage sur les applications des micro-ondes, de l'électro-chimie et du génie génétique, mais il est encore plus intéressant d'apprendre certaines leçons plus générales au sujet de la technologie et son impact sur notre société et sur notre économie.

Ce qui suit n'est qu'une brève introduction à des dossiers très complexes. Les lecteurs qui s'intéressent à explorer davantage ces thèmes voudront peut-être lire le compte rendu de la Conférence nationale sur la technologie et l'innovation (disponible auprès du ministère d'État, Sciences et Technologie, Ottawa) ainsi que des rapports publiés par des agences telles le Conseil économique du Canada, le Conseil des sciences du Canada, et le Conseil du premier ministre (ontarien).

Les sciences et la technologie

Les mots "sciences" et "technologie" peuvent tous les deux mener à confusion, parce que les deux peuvent avoir plusieurs sens. Chacun fait allusion à un certain processus (et de par là, à une entreprise professionnelle connexe). Ils peuvent aussi signifier le produit de ces processus, c'est-à-dire, pour les sciences, un ensemble de connaissances et, pour la technologie, un ensemble de techniques ou de "savoir-faire". Et encore, les mots peuvent s'appliquer plus spécifiquement à des sciences particulières (la génétique, par exemple) et à un matériel technique spécifique (les

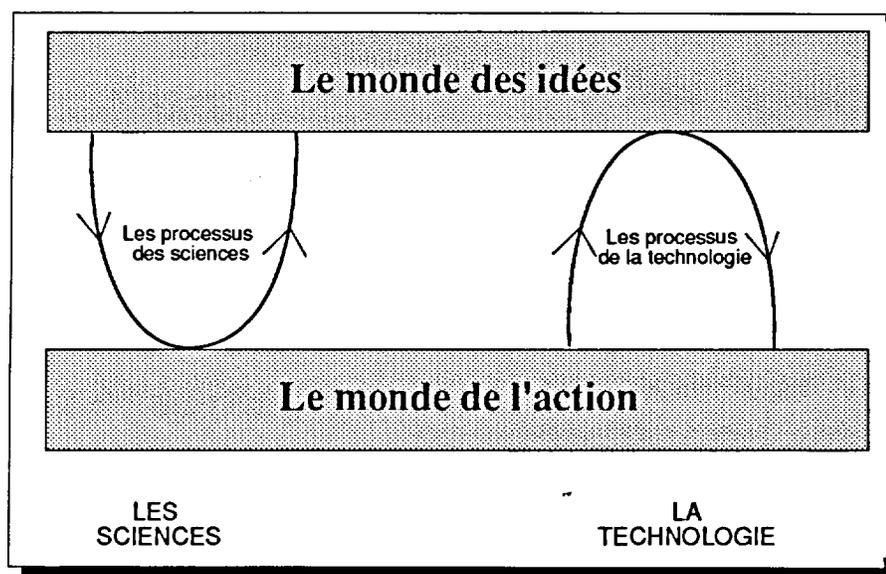


Figure 1: Les processus propres aux sciences et à la technologie

ordinateurs, par exemple). Enfin, l'expression "les sciences et la technologie" s'emploie pour exprimer un important facteur social et politique dans le milieu économique en évolution.

Pour nos fins actuelles, toutefois, il est important de bien établir la différence entre les des premières acceptations. La figure 1 se veut un moyen visuel de le faire. Dans les images exposées, les sciences et la technologie sont montrées comme étant en même temps processus et produit.

Le mot **sciences** a ses origines dans le mot latin qui veut dire "savoir". Dans le Petit Robert on le définit comme suit:

Tout corps de connaissances ayant un objet déterminé et reconnu, et une méthode propre.

Plus loin, on décrit la méthode qui permet de formuler ces connaissances. Par contraste, le mot **technologie** a ses origines dans un mot grec qui signifie "art" ou "technique." Ce dernier mot se définit comme:

les procédés utilisés pour obtenir un résultat voulu.

Il veut dire à la fois un produit technique et les procédés qui ont permis de développer ce produit.

Selon Aristote, la différence qui existe entre les deux est celle qui sépare la raison théorique (les sciences) et la raison pratique (la technologie). Plus simplement encore, l'essentiel des sciences, c'est les connaissances - et son but est une meilleure compréhension des phénomènes - tandis que l'essentiel de la technologie est l'action - faire en sorte que quelque chose se produise ou qu'il fonctionne mieux. Même si nous avons tendance à utiliser les deux mots ensemble, il est important de les différencier, surtout si l'on est un enseignant chargé d'aider nos jeunes à acquérir les connaissances, les habiletés et les attitudes dont ils auront besoin dans la vie.

Au cours de l'histoire, les sciences et la technologie ont connu une évolution plus ou moins distincte. A de rares occasions, la technologie a produit quelque chose (le télescope en est un exemple) qui a permis de faire de nouvelles découvertes scientifiques. Mais ce n'est que depuis une centaine d'années que les sciences ont fourni de quoi réaliser des avancées techniques. Et ce n'est que pendant les dernières années que la technologie a connu des poussées directes et rapides grâce aux recherches de base effectuées dans les sciences.

Les initiatives décrites dans nos trois études de cas servent bien à illustrer ce point. Par exemple, la génétique comme telle existe depuis quelque cent ans. Mais c'est seulement pendant les dernières années qu'on a su décrire en détail la base biochimique de la constitution génétique de la vie. Et pourtant, il n'a fallu que très peu de temps pour qu'on mette ces connaissances en application en effectuant de façon voulue des modifications très précises chez des espèces vivantes. Le cas spécifique qui est décrit dans le présent document montre comment des découvertes scientifiques faites dans les laboratoires de l'université Dalhousie ont été tout de suite mises en application dans la création réussie d'une entreprise d'ostréiculture basée sur cette technologie.

La technologie et l'innovation

Depuis les débuts de l'histoire, le changement technologique se réalise sans arrêt. Et comme tout autre changement vécu dans la vie humaine, il est souvent négligé, craint ou refusé par bien des gens. Mais tout en représentant une menace pour certains, le changement technologique offre à ceux qui ont l'esprit d'entreprise des occasions à saisir. A mesure que la rapidité du changement s'accroît dans presque tous les domaines techniques, le défi que doit relever l'industrie canadienne

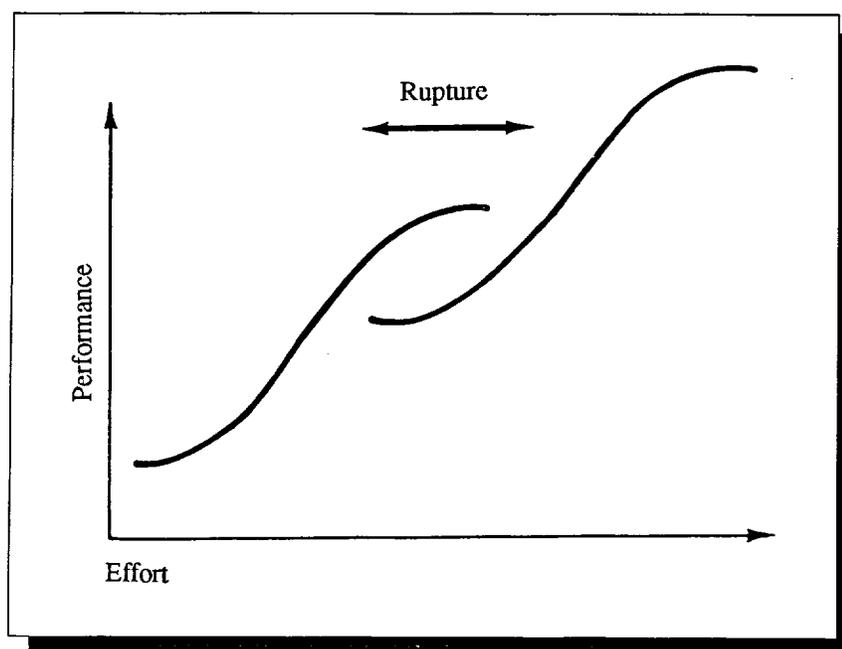


Figure 2: La courbe en S (Source: McKinsey et Cie.)

devient de plus en plus clair: il faut saisir les nouvelles occasions et mettre au point de nouveaux produits et procédés, ou bien il faut rester en arrière et finir par fermer les portes de son entreprise.

La nature du processus de changement a été bien décrite dans un document de travail préparé pour la Conférence nationale sur la technologie et l'innovation. Le document s'intitule "Le progrès technologique et l'innovation au Canada: un appel à la mobilisation", et ses auteurs sont Brian Schofield et Robert Thomson de McKinsey and Company. Ce qui suit résume leur introduction à la question.

Le déroulement du changement technologique est illustré par ce que les auteurs appellent la courbe en S (voir la figure 2). Cette courbe montre comment toute technologie évolue de façon non linéaire jusqu'au point où elle touche ses propres limites. Il s'ensuit une rupture brusque, occasionnée par l'apparition d'une nouvelle technologie. Au début - il faut le souligner d'ailleurs - la performance de la nouvelle technologie est inférieure à celle de l'ancienne, ce qui incite les industrialistes conservateurs à retenir, sans modification, les procédés ou produits traditionnels, éprouvés et pour le moment très profitables. Mais à mesure qu'on consacre de plus en plus d'efforts à la nouvelle technologie, sa performance vient dépasser celle de son prédécesseur.

Dans leur document, Schofield et Thomson citent plusieurs exemples pour illustrer cette suite d'événements. En décrivant, notamment, l'évolution de la corde de pneus, ils mentionnent la montée et la chute du coton utilisé à cette fin. Ce matériau fut remplacé tour à tour par la rayonne, le nylon et le polyester, tous suivant la courbe en S.

Le thème majeur du document est ce que cette idée implique pour les compagnies canadiennes. Les auteurs soutiennent que les compagnies canadiennes doivent absolument innover s'ils veulent être en mesure de faire face à la concurrence mondiale, et ils précisent les quatre grandes étapes à suivre:

- "1. **Prendre l'initiative.** Pour assurer leur compétitivité future, les entreprises canadiennes doivent innover et adapter activement la technologie, et non maintenir le statu quo.
- "2. **Investir dans les connaissances et les compétences.** Pour être en mesure de prendre l'initiative, les sociétés doivent acquérir des connaissances et des compétences à chaque étape de l'évolution technologique.
- "3. **Élargir les horizons.** Les entreprises canadiennes doivent conclure des liens internationaux et des alliances fondées sur la technologie pour être concurrentielles à l'échelle mondiale.
- "4. **Susciter une volonté de changement.** Les entreprises doivent compter sur le dynamisme de leurs cadres supérieurs pour franchir les obstacles à l'ouverture face à l'innovation et pour s'assurer que l'innovation et le progrès technologique font partie du mode de vie de l'entreprise."

Comme on l'a pu constater lors de la Conférence nationale, il y a des entreprises canadiennes qui ont relevé le défi et qui ont réussi leur mise en application d'une nouvelle technologie. L'exemple de la compagnie Alcan (dont la batterie air-aluminium fait l'objet de notre deuxième étude de cas) est cité en plus grand détail dans le compte rendu de la Conférence. Dans son allocution, le président de l'Alcan, M. David Culver, a parlé de "comment on peut recourir à la technologie et à l'innovation dans une situation réelle et dans un contexte de changement économique et industriel assez rapide."

Tout en reconnaissant le besoin d'innover et d'adopter les technologies les plus récentes, les responsables de l'industrie canadienne commencent aussi à reconnaître l'importance stratégique de l'éducation, surtout en mathématiques et en sciences, pour ceux qui veulent relever les défis de

l'avenir. Lors de la clôture de la Conférence, ces mêmes gens ont tenu des paroles comme ci-dessous:

"Nous devons faire en sorte que les systèmes d'éducation et de formation au Canada soient en mesure de produire le produit à valeur ajoutée le plus important - les chercheurs, les techniciens et les hommes d'affaires compétents qui nous montreront la voie vers le 21e siècle.

"Afin d'améliorer la qualité de l'enseignement et les normes dans ce domaine, il est crucial d'améliorer la perception qu'a le public de la valeur de nos enseignants.

"Nous devons également encourager l'excellence chez nos enseignants, qui sont les premiers à former l'intelligence de nos jeunes et à enseigner à ceux qui veulent apprendre."

Ces derniers mots ont été exprimés par le Premier ministre au cours de son allocution de clôture. La présente trousse se veut une petite contribution pour aider les professeurs des sciences qui cherchent à stimuler leurs élèves et à les préparer à faire carrière dans un monde basé sur la technologie.

Les buts et les objectifs éducatifs

Afin de fournir à l'intention des professeurs des sciences du niveau secondaire une aide pratique, cette trousse contient du matériel facile à utiliser et adapté aux besoins de la salle de classe. Son contenu respecte deux thèmes majeurs:

1. Les concepts des sciences, de la technologie, de l'innovation et de l'esprit innovateur, tels qu'on les comprend au Canada aux années 80.
2. La pertinence de certains exemples canadiens d'innovation en sciences et en technologie relativement à quelques unités spécifiques qui font partie des programmes de sciences établis pour le cycle supérieur des écoles secondaires partout au pays.

Grâce à l'utilisation de ce matériel, les élèves pourront :

- acquérir une plus grande ouverture d'esprit à l'égard de la mise en application pratique de concepts scientifiques et techniques;
- mieux reconnaître les réalisations de certains Canadiens dans les domaines des sciences et de la technologie et se sentir incités à poursuivre de leur propre initiative des activités innovatrices.

Suite à leur étude des divers cas présentés, les élèves devront pouvoir:

(en ce qui concerne le cas axé sur la physique)

- comprendre comment les principes de la transmission de l'énergie par le moyen du rayonnement électro-magnétique peuvent s'appliquer à l'alimentation d'un aéronef;
- se rendre compte des applications éventuelles dans le domaine des télécommunications d'un avion propulsé par micro-ondes;

(en ce qui concerne le cas axé sur la chimie)

- comprendre comment les principes de l'oxydoréduction s'appliquent dans le cas de la batterie air-aluminium;
- reconnaître certaines applications commerciales de la cellule air-aluminium, et les aspects exceptionnels de la cellule qui la rendent si parfaite pour ces applications;

(en ce qui concerne le cas axé sur la biologie)

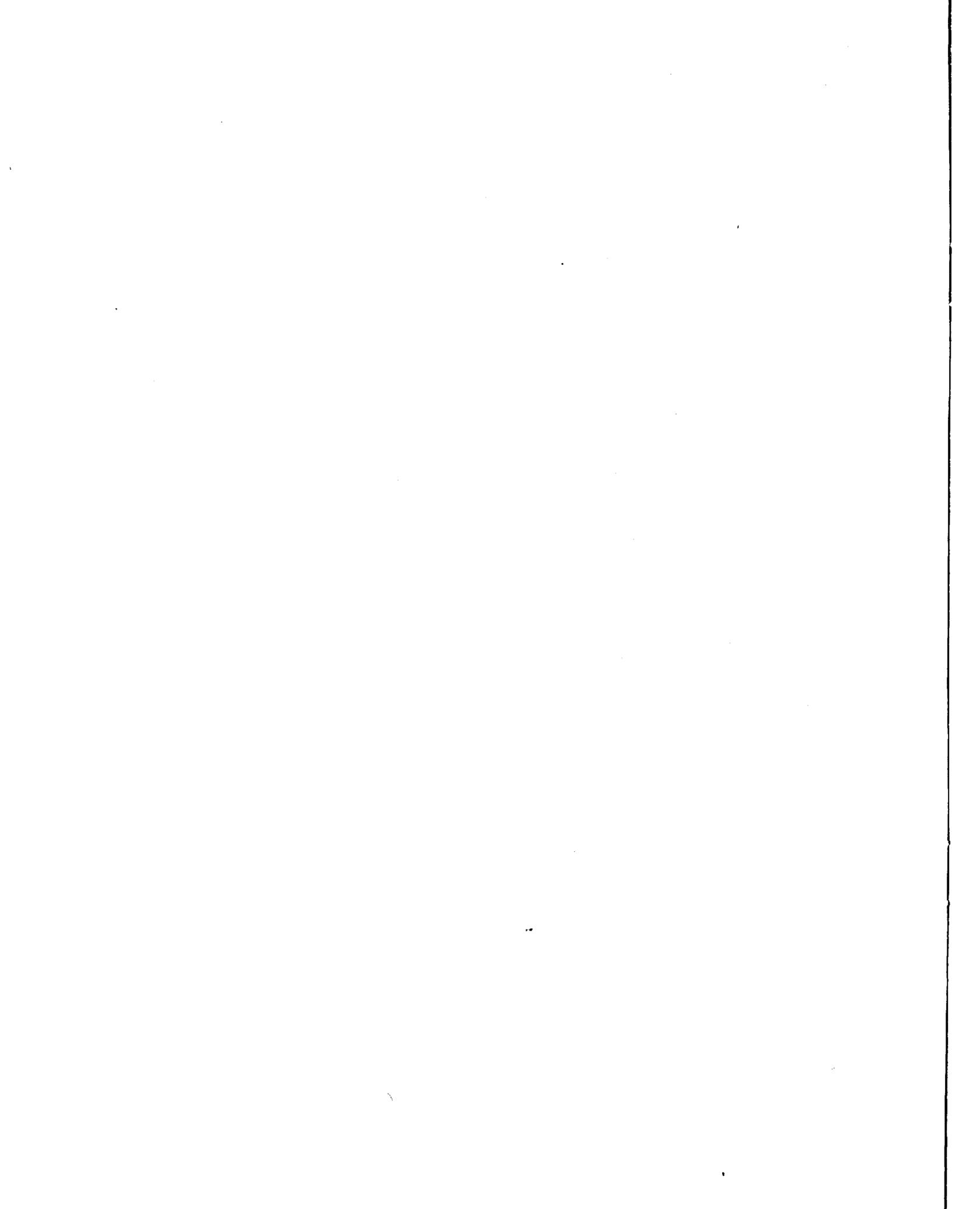
- comprendre comment les principes de la génétique sont mis en application dans le contexte commercial de l'aquiculture, notamment dans l'élevage de crustacés et de mollusques;
- apprécier comment un mariage de principes scientifiques et de méthodes basées sur l'esprit d'entreprise contribue au succès d'une initiative commerciale innovatrice, telle une entreprise d'aquiculture.

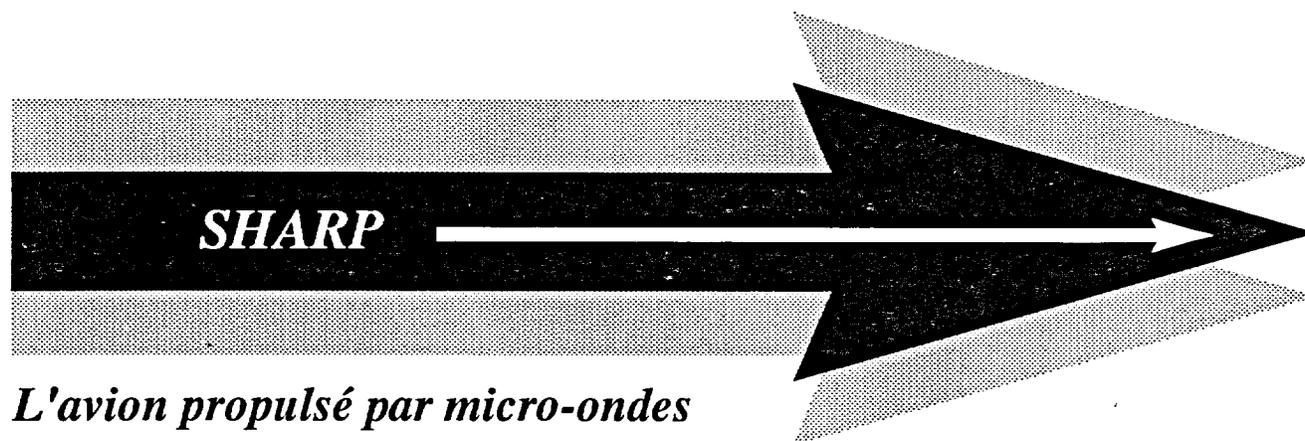
Références

Schofield, B.T. et Thomson, R. *Le progrès technologique et l'innovation au Canada: un appel à la mobilisation* Un document de travail préparé à l'intention de la Conférence nationale sur la technologie et l'innovation (Ottawa: Ministère d'Etat chargé des Sciences et de la Technologie, 1988).

Conférence nationale sur la technologie et l'innovation *Compte rendu* (Ottawa: Ministère d'Etat chargé des Sciences et de la Technologie, 1988).

Concurrer dans la nouvelle économie globale, Rapport du Conseil du Premier ministre (de l'Ontario) (Toronto: Gouvernement de l'Ontario, 1988).





L'avion propulsé par micro-ondes

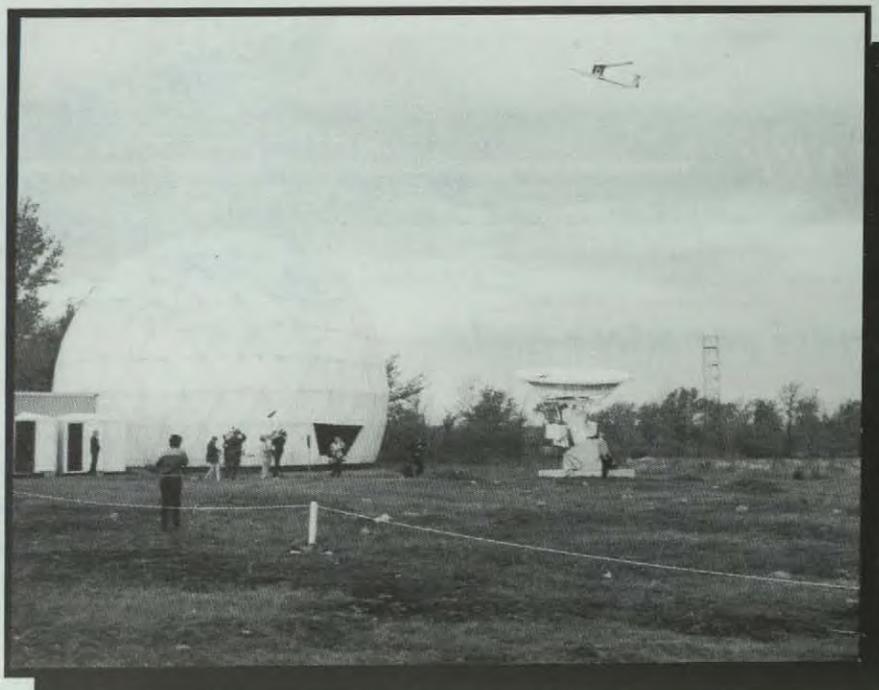
Les problèmes liés à la réalisation de communications à travers les énormes étendues sous-peuplées d'un pays comme le Canada n'ont été résolus qu'assez récemment grâce à l'utilisation de satellites conçus pour ce but. Depuis un certain temps, cependant, ceux qui habitent plusieurs vastes régions du Canada peuvent capter des signaux de télévision grâce aux satellites du type Anik.

Il y a, cependant, un certain nombre d'inconvénients liés aux satellites, entre autres celui de leur coût élevé. Par conséquent donc, dans un effort de créer une plate-forme moins coûteuse et plus flexible pour cette fin, les responsables du ministère fédéral des Communications ont entrepris le projet SHARP (Stationary High Altitude Relay Platform - plate-forme relais fixe de haute altitude). Les chercheurs de cet organisme et du Centre de recherches sur les communications (CRC), avec le concours de leurs collègues des milieux industriels et universitaires, travaillent depuis cinq ans à perfectionner le concept du SHARP et à mettre à l'essai les prototypes qu'ils ont développés.

Il s'agit en effet d'un avion à haute altitude alimenté par micro-ondes, qui sert de répéteur pour relayer les signaux de télécommunications. Les signaux peuvent être des émissions de télévision, un service de téléphone mobile, des réseaux de radar d'alerte et de surveillance des frontières, et même des systèmes de contrôle contre la pollution de l'environnement.

Le but du programme SHARP du ministère des Communications est de perfectionner le premier avion au monde alimenté par micro-ondes, sans pilote et capable de voler sans interruption. Un tel avion, portant une charge utile appropriée, assurerait un service de télécommunications plus fiable que celui fourni par un aéronef manoeuvré par un pilote humain et moins coûteux qu'un système basé sur un satellite spatial.

Le premier avion alimenté par micro-ondes a fait ses essais au cours d'une série d'épreuves menées à Ottawa à l'automne de 1987 (voir les photographies ci-jointes). Lors de ces expériences, une maquette de l'avion SHARP, d'un huitième des dimensions prévues et d'une envergure de quatre mètres, a été portée en haut par des moteurs alimentés par batteries. A quelque 100 m au-dessus de la terre, l'alimentation par batterie a été coupée pour que l'avion soit propulsé et manoeuvré par des micro-ondes transmises par une antenne parabolique située sur la terre. L'avion était muni d'une antenne réceptrice qui transformait l'énergie des micro-ondes en courant continu, qui alimentait le



Premier vol du prototype SHARP



Le SHARP et ceux qui ont collaboré à sa mise au point

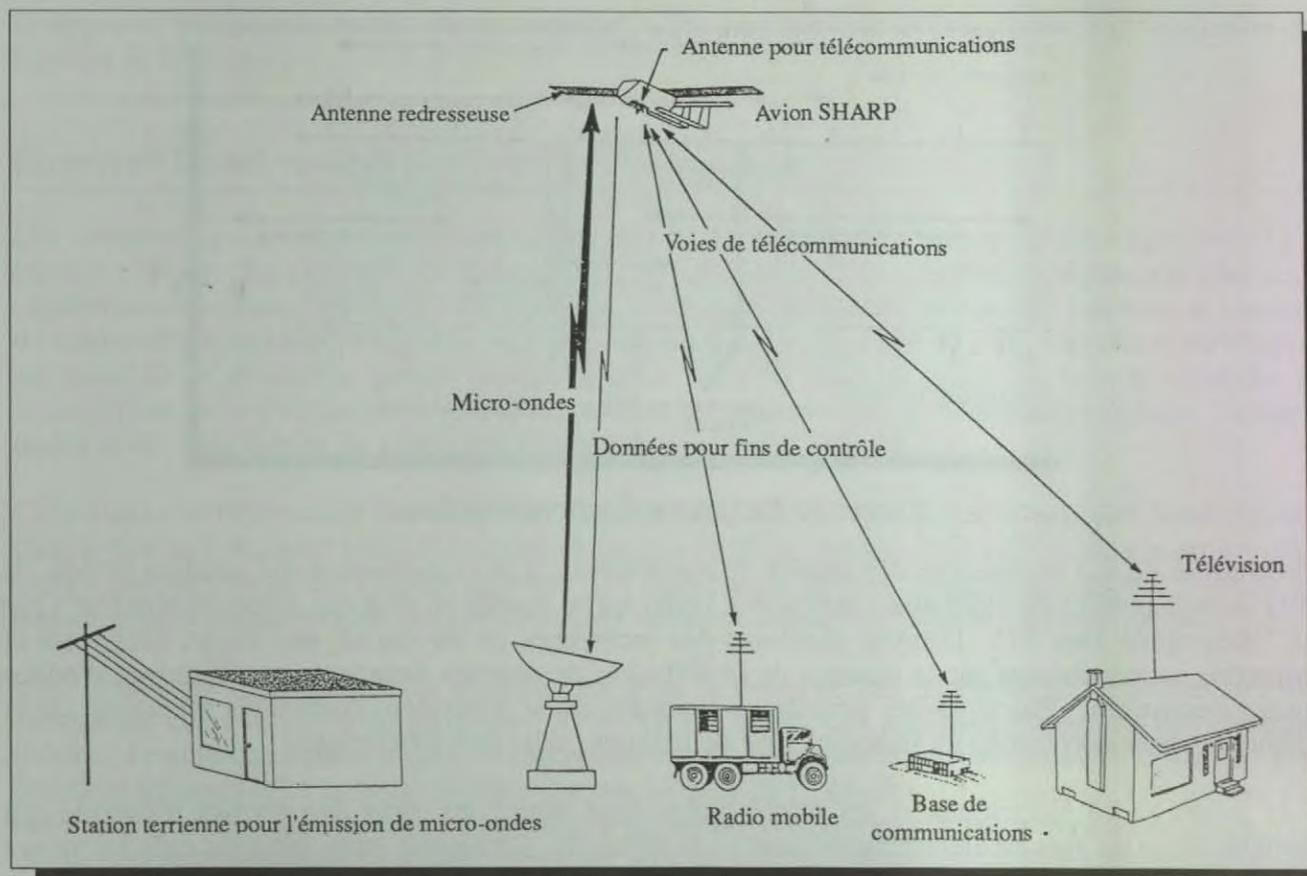


Figure 3: Le système SHARP

moteur électrique et l'hélice de l'engin. Au terme du vol, l'avion a regagné la terre ferme grâce aux batteries utilisées pour le décollage.

Cet exemple frappant de la technologie canadienne a suscité beaucoup d'intérêt à l'échelle mondiale, dans les revues de sciences et de technologie tout comme dans la presse populaire. La version commerciale du SHARP sera alimenté par au moins une douzaine d'émetteurs de micro-ondes installés au sol et pourra voler à une altitude de quelque 21 km. Sa charge utile sera de 100 kg et l'appareil lui-même pèsera 600 kg. Cela nécessitera un moteur de 25 kW et la vitesse sera de plus de 200 km/h. La figure 3 montre un système SHARP typique.

Les principes physiques qui sous-tendent le SHARP

Nikola Tesla (1856-1943), excentrique homme de génie, fut l'auteur de maintes découvertes et inventions qui ont beaucoup contribué au développement du domaine de la radiodiffusion et à nos connaissances de l'électricité. Tesla rêva aussi à la transmission du courant électrique sans

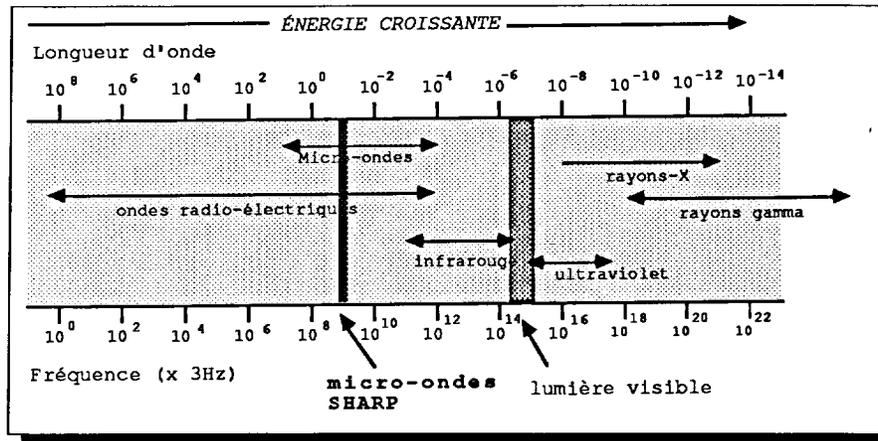


Figure 4: Le spectre électromagnétique

l'entremise de fils et consacra des années de vains efforts à des expériences qui visaient ce but. Il alla jusqu'à publier en 1928 une prédiction à l'effet qu'on verrait un jour des aéronefs alimentés par la "télégraphie sans fil". D'autres pionniers des recherches en électricité, tels Hertz, Steinmetz et Marconi, se penchèrent sur le concept de la diffusion de courant électrique par le moyen d'ondes radio-électriques. Plusieurs des problèmes auxquels ils se trouvaient confrontés relevaient de la difficulté de concentrer en un faisceau étroit de longues ondes radio-électriques.

Les ondes radio-électriques et les micro-ondes sont toutes les deux des formes d'énergie qui appartiennent au spectre électromagnétique (v. la figure 4). Le rapport entre l'énergie et la fréquence est exprimé par la formule bien connue de Planck:

$$E = h \nu$$

(lorsque E représente l'énergie, exprimée en Joules, ν signifie la fréquence en Hertz, et h veut dire la constante de Planck, qui a une valeur de $6,63 \times 10^{-34}$ J.s)

Le rapport entre la fréquence et la longueur d'ondes est exprimé par la formule suivante:

$$\nu = c/l$$

(lorsque ν représente la fréquence, exprimée en Hertz, c signifie la vitesse de la lumière, mesurée en $m.s^{-1}$, et l veut dire la longueur d'ondes en mètres)

La bande radio MA, dont les fréquences commencent à 560 kHz, compte des longueurs d'ondes mesurant des centaines de mètres, tandis que les ondes d'un four à micro-ondes ont une fréquence de 2,45 gigaHertz et une longueur d'ondes mesurée en centimètres. L'avantage des longueurs d'ondes minimales en ce qui concerne la transmission de puissance, c'est qu'elles permettent de concentrer

l'énergie en un faisceau étroit. Par conséquent, elles sont souvent utilisées pour la transmission de signaux de télévision.

Convertir les micro-ondes en courant électrique

Les communications, c'est une chose, tandis que la transmission de puissance électrique est tout à fait autre chose. En principe, les micro-ondes sont transmises à une antenne éloignée, où elles sont converties en courant électrique. Or, pour que ce courant soit fourni en quantité rentable, le nombre de micro-ondes transmis doit être très élevé. Avant la mise au point du tube magnétron développé au cours de la deuxième guerre mondiale pour des fins liées au radar, ce facteur entravait la transmission de la puissance. Aujourd'hui, ce sont les magnétrons qui alimentent nos fours à micro-ondes et qui sont la base du système d'alimentation du projet SHARP.

C'est l'antenne redresseuse (ou rectenna) installée sur l'aéronef qui assure le procédé fondamental, c'est-à-dire qu'elle capte les micro-ondes et les convertit en courant continu. L'énergie est en effet captée par un réseau de simples dipôles. La conversion de cette énergie en courant continu se réalise grâce à l'utilisation de circuits imprimés munis de diodes redresseuses à chaque dipôle.

Une grande part des premières expériences dans le domaine des antennes redresseuses ont été entreprises dans le contexte du projet de la NASA visant des satellites alimentés par l'énergie solaire. Le rôle des antennes était de capter, sur le sol, la puissance micro-ondes des satellites. Les premiers travaux, effectués par William Brown au sein de la Raytheon Corporation aux années 60, ont mené à la création d'un engin semblable à un hélicoptère, qui a effectué un vol à une altitude de 20 m, tout en restant attaché au sol. Mais les progrès les plus importants réalisés par Brown et ses collègues consistaient à mettre au point l'antenne redresseuse. Par contre, de sérieuses difficultés relatives à la grandeur et à l'efficacité ont entravé un développement plus poussé.

Des améliorations d'ordre majeur ont été apportées au dossier au Canada par A. Alden et T. Ohno du Centre de recherches sur les communications. Leur apport était de produire une version de l'antenne redresseuse qui rendait possible la conversion de puissance sur les avions mêmes. La figure 5 montre la configuration à double polarisation qui permet de concentrer les micro-ondes sur un objet en mouvement tel l'aéronef SHARP.

L'utilisation de micro-ondes permet aux opérateurs de faire voler le SHARP de façon ininterrompue et fournit à l'aéronef plus de puissance qu'il ne faut pour alimenter son vol. Le SHARP exigerait peut-être jusqu'à 25 kW pour assurer sa circulation continue, mais le dispositif à micro-ondes fournirait 10 kW de plus pour alimenter le système de communications à son bord.

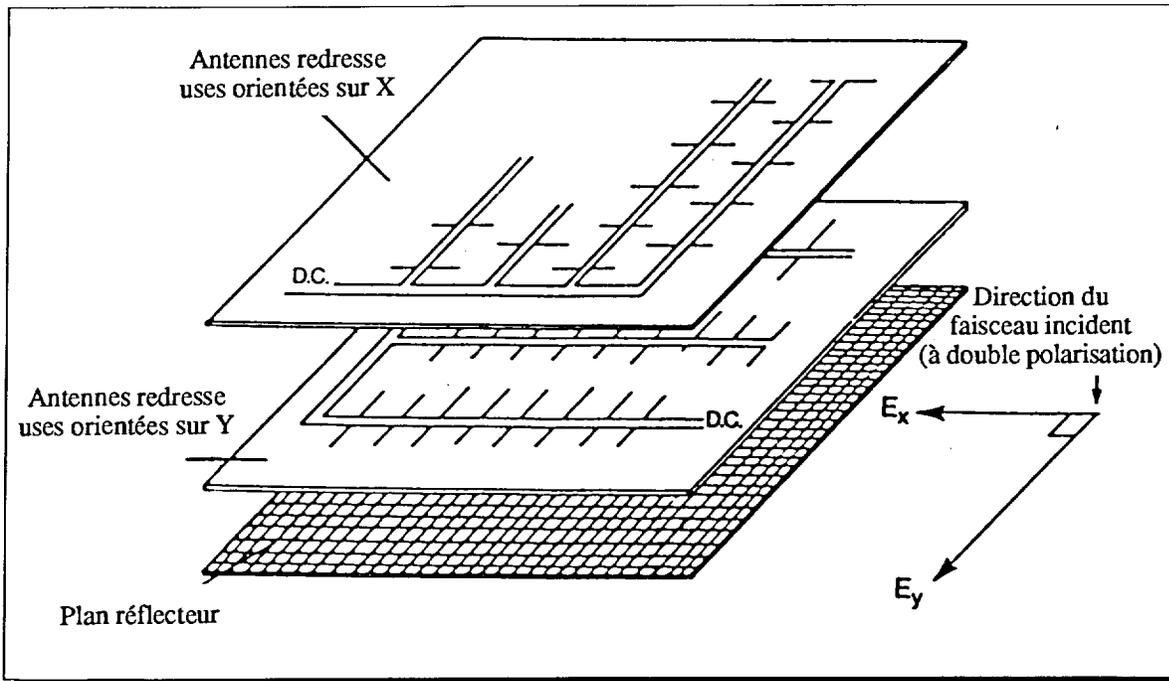


Figure 5: Antenne redresseuse à double polarisation

L'avion même

La détermination de la forme idéale de l'aéronef prévu était l'un des enjeux majeurs et une question à laquelle on a consacré beaucoup de temps. Il fallait tenir compte de deux principes clés. D'abord, il importait de réduire à un strict minimum la puissance nécessaire pour maintenir le vol. C'est un avion doté d'ailes fines et longues semblables à celles d'un planeur qui offre cette capacité. Par contre, les installations nécessaires pour l'antenne redresseuse qui doit capter la puissance à micro-ondes exigent de grandes surfaces. Or, la configuration définitive permet de satisfaire à ces deux exigences contradictoires.

L'avion mis au point et construit par les savants du CRC à Ottawa et qui a effectué les vols d'essai, a une envergure de 4,5 m, une longueur de 2,9 m et une masse de 4,1 kg. Il est fabriqué de bois de balsa et renforcé par d'autres bois lorsqu'une plus grande résistance s'impose. Un moteur électrique à rapport élevé énergie-masse, muni d'aimants au cobalt, actionne un hélice ultra efficace à grand diamètre (60 cm).

La version définitive, celle qui sera mise en marché, aura une envergure de 40 m et un fuselage de 17 m de longueur. Afin de laisser suffisamment de surface pour l'antenne redresseuse, un disque de 9 m de diamètre sera situé derrière les ailes. Le tableau ci-dessous permet de comparer les caractéristiques du prototype à l'échelle 1:8 avec celles de la version définitive.

Paramètre	Modèle à l'échelle 1:8	Grandeur normale prévue
Altitude d'exploitation	150 m	21 km
Envergure	4.5 m	40 m
Longueur	2.9 m	17 m
Diamètre du disque	1.1 m	9.0 m
Poids	4.1 kg	600 kg.
Poids de la charge utile	1 kg	100 kg
Puissance du moteur	150 W	25 kW
Vitesse d'exploitation	10 m/s	60 m/s
Antennes redresseuses	411	10,000

Les applications du SHARP

La température est moins changeante à 20 kilomètres d'altitude qu'au niveau du sol, ce qui présente de remarquables possibilités pour le SHARP comme instrument de surveillance de la pollution. Il pourrait, par exemple, surveiller le niveau de bioxide de soufre, générateur de pluies acides, et fournirait de précieuses données sur la circulation à grande échelle des polluants, informations qui ne sont pas disponibles à l'heure actuelle. Il permettrait aussi de surveiller les concentrations de bioxide de carbone pour faciliter les études de "l'effet de serre".

Le SHARP se prête aussi à des applications relatives à la défense nationale. Il serait possible de faire transporter par le SHARP un système de détection à base de radar pour surveiller les activités à l'intérieur des eaux territoriales canadiennes, dont les limites s'étendent à 320 km.

Dans le domaine des télécommunications, le SHARP offre des possibilités aussi attrayantes que variées. Un réseau d'appareils SHARP transportant des communications d'un bout à l'autre du Canada offrirait des services de radio-diffusion véritablement régionaux. Grâce à lui, aussi, la radio cellulaire serait rentable, même dans les zones à population peu dense.

Le SHARP permettrait d'assurer des services de communications moins coûteux que ceux des satellites. Une version commerciale de l'appareil coûterait quelque 20 millions de dollars -- à peu près un million pour l'aéronef lui-même et 19 millions pour la douzaine d'émetteurs nécessaires. En comparaison, les satellites de communications coûtent en moyenne 100 millions de dollars, sinon davantage, et cela ne tient pas compte du coût des stations terriennes.

Suggestions pour l'exploitation pédagogique

Il est prévu que le matériel de la présente trousse sera surtout utile dans les cours de physique au niveau secondaire, lors de l'étude des sujets ci-dessous:

- les transformations de l'énergie et les lois de la thermodynamique;
- la force d'impulsion et l'énergie;
- la théorie quantique;
- l'électricité et l'électromagnétisme;
- le rayonnement électromagnétique.

Dans les classes où les élèves sont encouragés à entreprendre des travaux particuliers, le projet SHARP peut bien stimuler des études plus poussées dans le domaine de l'aéronautique, ou celui de la transmission de l'énergie par le moyen d'ondes radio, entre autres.

Références

W.C. Brown, "The History of Power Transmission by Radio Waves", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, volume MTT-32, no 9, pages 1230 à 1242, septembre 1984.

Arthur Fisher, "Beam Powered Flight?" *Popular Science*, janvier 1988.

G.W. Jull, *Rapport sommaire sur le SHARP*, Centre de recherches sur les communications, Rapport No 1393, Ministère des Communications, Ottawa.

"Can a Plane Fly Forever?" *Newsweek*, le 28 septembre 1987.

ALUPOWER

La batterie air-aluminium

En octobre 1987, peu après le premier vol public de l'aéronef SHARP alimenté par micro-ondes (voir le matériel sur SHARP inclus dans la présente trousse), les savants oeuvrant dans les laboratoires de l'Alcan International à Kingston en Ontario, ont lancé le premier avion au monde à fonctionner grâce à une source d'énergie insolite - l'aluminium. Cet appareil radioguidé, alimenté par des batteries à base d'aluminium, a volé pendant 41 minutes. (Voir la photographie ci-incluse du vol historique). Il est à noter, entre parenthèses, que l'avion SHARP ainsi que l'avion utilisé par Alcan ont été conçus par les ingénieurs de la SKYTEK, une entreprise canadienne qui se spécialise en génie aérospatial.



Vol alimenté par la technologie ALUPOWER

La technologie et l'innovation

Ces batteries, qui sont d'une durée d'utilisation plus longue que celle de toute autre pile portative, font l'objet d'un important programme de recherches entrepris par l'Alcan. Bien que d'autres groupes de chercheurs aux E.-U. se penchaient sur le concept de la batterie air-aluminium, ce sont 14 scientifiques de chez Alcan qui ont remporté la victoire. Alcan a confié à sa filiale Alupower, située au Nouveau Jersey, la tâche de développer pour une vaste gamme de marchés éventuels la technologie de la batterie air-aluminium.

La batterie idéale

La mise en application de certains principes de la chimie nous permet d'emmagasiner l'énergie électrique dans les batteries: c'est donc de l'énergie potentielle chimique. Comme les batteries sont transportables, elles sont devenues indispensables à certains produits. Au cours des dernières décennies, les chercheurs ont réussi à apporter d'importantes améliorations à la technologie de certaines batteries, notamment aux batteries d'accumulateurs au plomb de nos voitures et aux piles pour lampes de poche. Dans certains domaines de pointe, tels la recherche spatiale, des progrès remarquables ont été réalisés dans la technologie des batteries.

Malgré ces avancées, la recherche de la batterie idéale se poursuit. Cette batterie aurait les avantages suivants:

- elle serait légère;
- elle fournirait des quantités d'énergie appréciables, compte tenu de sa taille et de son poids;
- elle serait peu coûteuse, voire jetable;
- elle utiliserait des matières premières immédiatement disponibles;
- sa durée de vie en stockage serait illimitée et sa durée d'utilisation prolongée;
- elle serait sûre et ses sous-produits chimiques ne seraient pas polluants;
- une fois déchargée, on pourrait la remettre en service très rapidement.

Une batterie qui avait ces caractéristiques pourrait s'utiliser pour bien des applications que les lourdes batteries peu durables d'aujourd'hui n'admettraient pas. Or, la très simple batterie air-aluminium est extraordinairement proche de ce produit idéal.

Les principes chimiques de la cellule électro-chimique

L'un des principes de la chimie qui se trouve en application courante de nos jours, c'est que l'énergie potentielle renfermée dans les substances chimiques peut être convertie en énergie électrique. Nous pouvons utiliser cette énergie électrique pour alimenter nos radios portatives, nos calculatrices et montres. Elle peut même fournir le courant nécessaire pour des systèmes plus complexes, tels les stimulateurs cardiaques et les vaisseaux spatiaux. Soulignons, toutefois, que ce principe n'a pas toujours des manifestations bénéfiques: par exemple, il est également la cause de plusieurs sortes de corrosion.

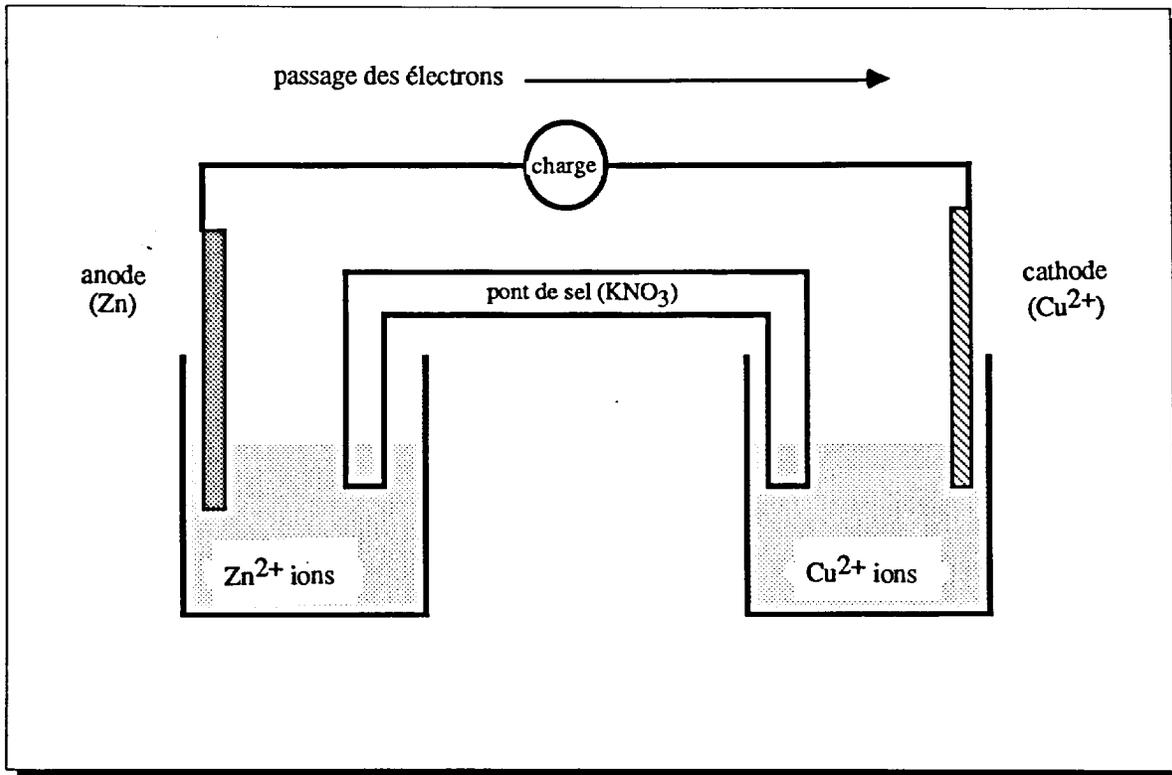
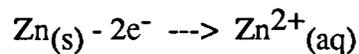
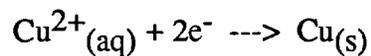


Figure 6: Une simple cellule électro-chimique

La figure 6 montre une simple cellule électro-chimique qui produit assez d'électricité pour alimenter une petite ampoule. Dans cette cellule, les atomes de zinc dans l'anode dégagent des électrons et s'oxydent pour former des ions de zinc en solution:



Les électrons qui sont ainsi produits passent à travers la charge (une ampoule, par exemple), et sont accueillis par la cathode, en l'occurrence du cuivre dans une solution d'ions de cuivre. Les ions de cuivre accueillent bien les électrons et sont réduits pour devenir des atomes de cuivre:



Les cellules de cette sorte fonctionnent grâce au fait que les corps chimiques ont une tendance plus ou moins grande à gagner ou à perdre des électrons. Dans l'exemple actuel, le zinc perd des électrons plus facilement que le cuivre, tandis que les ions de cuivre accueillent les électrons plus

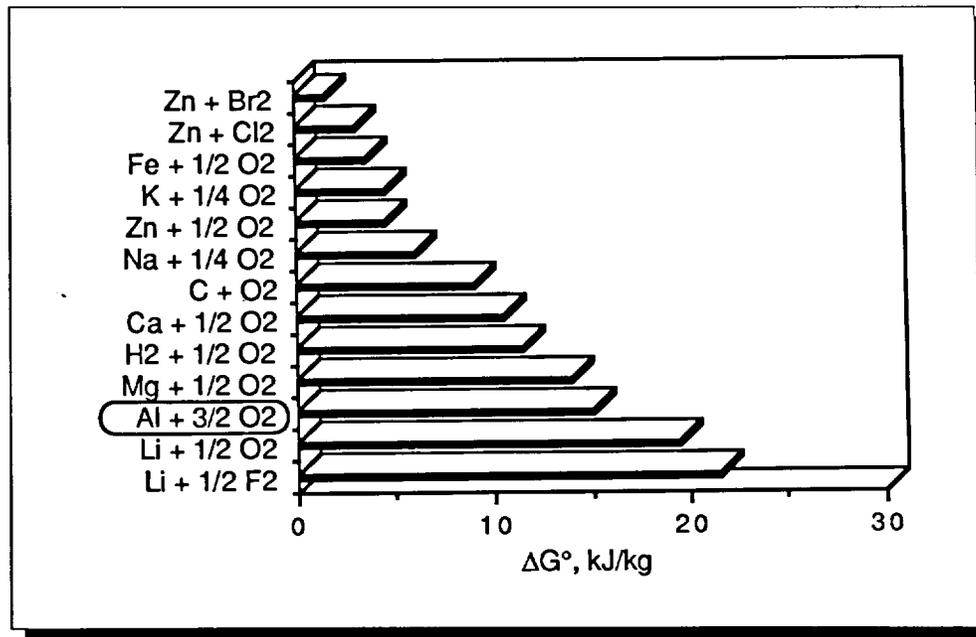


Figure 7: Les transformations normales d'énergie libre pour certaines réactions

La cellule air-aluminium

Au cours du siècle qui s'est écoulé depuis la mise au point d'une méthode pratique pour la production de l'aluminium, cet élément a pris une place de plus en plus importante dans notre société. C'est un métal peu coûteux, léger et résistant, qui a des applications aussi variées que les feuilles pour le barbecue domestique et le principal matériel utilisé pour la fabrication des avions.

Parmi les qualités de l'aluminium, il y en a une qui favorise son utilisation dans une cellule énergétique. Mais ce potentiel a été généralement négligé jusqu'à récemment. Son rapport "énergie - densité" est très haut, c'est-à-dire qu'il y a un rapport élevé entre la quantité assez importante d'énergie dégagée par l'oxydation (v. la figure 7) et sa densité relativement basse.

Les avantages évidents de l'utilisation de l'aluminium comme anode dans les cellules d'alimentation ont toujours été contrebalancés par certains inconvénients. En premier lieu, une pellicule d'oxyde dure et dense se trouve toujours à la surface du métal, ce qui le rend assez inerte. La pellicule s'enlève si l'on y applique un alkali, mais cela entraîne un deuxième problème, notamment le dégagement de gaz hydrogéné, et réduit ainsi l'efficacité de la cellule. Et une troisième difficulté provient de l'encrassement du système par les composés d'aluminium produits par les réactions qui se réalisent dans la cellule.

Aujourd'hui, à la suite d'un important programme de recherches entrepris par les savants de l'Alcan, à Kingston, une nouvelle conception a été élaborée. Elle surmonte ces difficultés et présente une

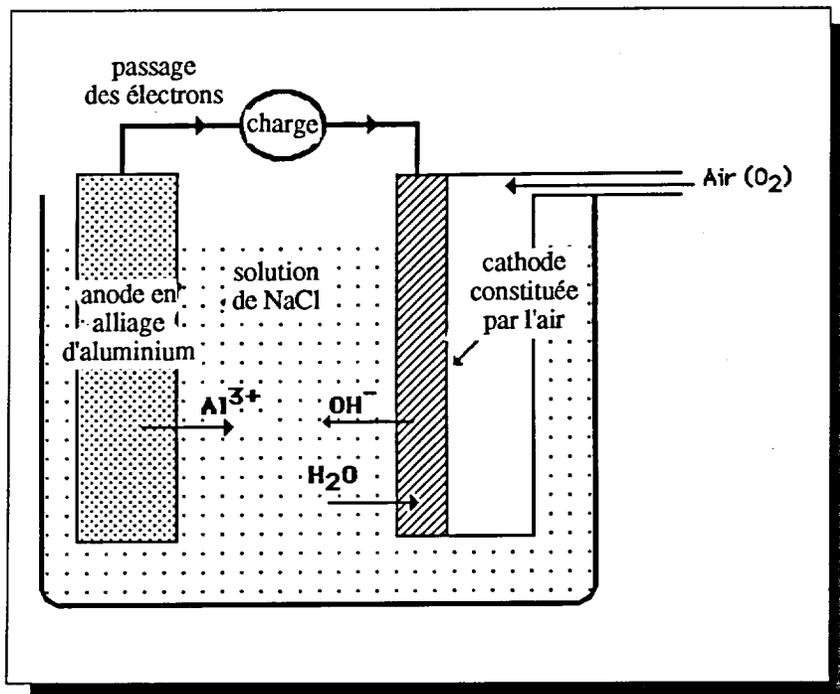
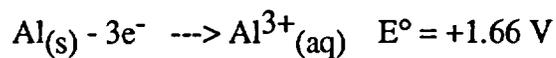


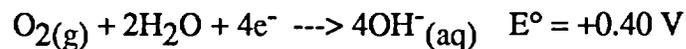
Figure 8: La batterie air-aluminium

batterie toute nouvelle. La figure 8 montre de façon schématique les principes chimiques de cette invention.

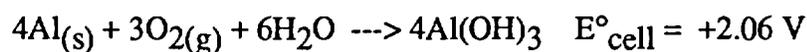
Réaction à l'anode:



Réaction à la cathode:



Globalement:



L'anode de la nouvelle batterie est composée d'un alliage d'aluminium, la cathode étant constituée par de l'air. L'électrolyte est formée tout simplement d'eau salée. On la recharge en remplaçant les plaques d'aluminium à mesure qu'elles se consomment, et en remplissant la batterie d'eau salée.

Les applications de la cellule ALUPOWER

Si nous reprenons la liste des qualités de la batterie idéale, nous constatons que les chercheurs d'Alcan ont presque atteint cet idéal. La batterie air-aluminium est légère, puissante, facile à recharger et peu coûteuse. Elle se vend déjà comme partie d'une lampe portative, et aussi comme source d'énergie d'une lampe stroboscopique d'urgence et d'un phare de balisage destiné aux péniches et aux bouées. Il faut s'attendre à ce qu'elle devienne à l'avenir une source de puissance de plus en plus importante.

Une application primordiale qui fait l'objet de recherches en ce moment serait l'automobile alimentée par aluminium. Les propriétés de la batterie air-aluminium laissant croire qu'il y a un solide potentiel dans le développement d'une automobile pratique, propulsée par un courant généré par ce moyen, et qui serait capable de parcourir les mêmes distances qu'une auto propulsée par essence.

Suggestions pour l'exploitation pédagogique

Il est prévu que ce matériel se prêtera le plus facilement à des discussions ayant lieu dans les classes de chimie au niveau secondaire où l'on traite les sujets ci-dessous:

- l'oxydoréduction;
- les cellules électrochimiques;
- la thermodynamique, plus précisément le deuxième principe de la thermodynamique et l'énergie libre;
- la conversion de l'énergie chimique potentielle en d'autres formes d'énergie.

Des élèves du secondaire qui étudient dans leurs cours de physique les sources de l'énergie électrique pourrait aussi tirer profit de ce matériel. D'autres thèmes connexes qui sont reliés à l'électricité comprennent la tension électrique, l'ampérage, les circuits simples et les divers types de batteries.

Des élèves de niveaux moins avancés pourraient bien utiliser ce matériel dans le cadre de l'exploration de nouvelles sources d'énergie. On soulignerait alors les avantages environnementaux de la batterie air-aluminium.

Dans des cours où le travail autonome est encouragé, la batterie air-aluminium servirait bien de point de départ pour des travaux expérimentaux en laboratoire. En voici quelques exemples:

l'effet produit sur la tension électrique de la cellule ou sur la durée de cette cellule par la variation de certains facteurs (p. ex. la température, le type d'électrolyte, la concentration d'électrolytes);

la construction de cellules concurrentielles à partir d'autres substances;

des applications innovatrices des cellules électrochimiques.

Une excellente maquette de la batterie air-aluminium a été développée pour des fins de démonstration en salle de classe. Elle est vendue à un prix modique par:

SPECTRUM Educational Supplies

**125, rue Mary
Aurora (Ontario)
L4G 1G3**

Téléphone: (416) 841-0600

Le numéro de catalogue est 11 - 210, et le prix est d'environ 30,00 \$.

Références

Despic, A.R. "Aluminium and Electrical Energy Conversion," *Indian Journal of Technology* Volume 24, août 1986, pages 465 à 472.

Scamans, G. "Development of the Aluminum-Air Battery," *Chemistry and Industry* février 1986.

Wald, Francine. *Alupower: The Story of the Aluminum Air Power Cell* (Bernardsville, N.-J.: Alupower Inc., 1987).

L'HUITRE BELON

*La génétique
au service du secteur des ressources naturelles*

L'aquiculture et la biotechnologie

Depuis le début des années 70, une révolution technique se réalise. Il s'agit de l'application de techniques biologiques à des procédés industriels, ce qui a suscité la création de nouveaux produits, amélioré la productivité des industries traditionnelles et contribué à la protection de l'environnement.



Quel délice que l'huître Belon

Le rôle de l'entrepreneur dans cette révolution est primordial. Catherine Enright en est un exemple percutant. Propriétaire de la Seafarm Venture, une entreprise d'ostréiculture en Nouvelle-Ecosse, Madame Enright a appliqué sa formation académique en biologie marine, alliée aux habiletés d'entrepreneur qu'elle a perfectionnées en préparant une maîtrise en gestion des affaires, à la mise sur pied d'une entreprise d'aquiculture qui est maintenant bien prospère.

Originaire de Windsor, en Ontario, Catherine Enright a préparé son diplôme de premier cycle à l'université de cette même ville et a ensuite entrepris ses études de doctorat en biologie marine à l'université Dalhousie à Halifax, où on lui a décerné ce diplôme avec une mention 'très honorable'. Le sujet de sa thèse était les soins et l'alimentation des "jeunes huîtres européennes" - c'est-à-dire l'huître Belon, qui commence à prendre une place importante dans le marché nord-américain des spécialités de table.



Seafarm Venture: vue panoramique



Catherine Enright à l'oeuvre

Les expériences que Catherine Enright a vécues au cours des recherches qu'elle a faites suite à son diplôme de premier cycle et en préparation de son doctorat, lui ont appris que son expertise dans le domaine de la recherche biologique ne servait pas à grand chose lorsqu'il s'agissait d'une application commerciale de ses activités. Cette question l'a préoccupée au point qu'elle s'est lancée dans un programme d'études menant à la maîtrise en gestion des affaires, et elle a fondé également sa propre entreprise privée en aquaculture, c'est-à-dire la Seafarm Venture, qu'elle exploite dans la baie qui s'étend devant sa maison à Sambro Head, sur la côte sud de la Nouvelle-Ecosse.

L'aquaculture (l'élevage d'animaux aquatiques) est une nouvelle industrie canadienne en pleine expansion dans la région Atlantique. Elle nous offre un exemple classique de l'emploi des dernières avancées en biotechnologie à l'appui d'un secteur commercial. L'aquaculture a plusieurs avantages comparé à la pêche traditionnelle: les éleveurs peuvent concentrer leurs efforts sur la production d'espèces peu nombreuses et donc plus payantes; ils peuvent assurer le contrôle de la qualité et même modifier certains attributs de ces espèces pour respecter les préférences des clients. Et ils peuvent garantir l'approvisionnement à tout moment de l'année (et ainsi, ce qui ne manque pas de les intéresser, évidemment, des revenus constants pour eux-mêmes). Le recours à la sélection génétique et l'attention prêtée à des facteurs qui touchent la croissance, tels l'alimentation et l'élimination de sujets malsains, ont mené à une amélioration marquée de la production de crustacés, de mollusques et d'autres produits aquatiques.

La nature de la biotechnologie

Le Conseil consultatif national sur la biotechnologie a défini la biotechnologie comme l'expansion et l'adaptation de connaissances en biologie en vue de fins pratiques. Il est donc évident que les êtres humains se servent de méthodes biotechnologiques depuis bien longtemps. Les techniques comme le croisement de races et la sélection des plantes et animaux en vue de la reproduction s'emploient depuis des milliers d'années dans le domaine agricole.

Mais c'est la découverte au début des années 70 de l'ADN et des techniques de la recombinaison génétique - la manipulation de la matière génétique fondamentale d'une espèce donnée qui régit les caractéristiques des générations à venir - qui a beaucoup augmenté notre capacité de manipuler les systèmes biologiques. Le perfectionnement des techniques qui permettent de modifier certaines parties des molécules de l'ADN, allié à la mise au point de la technologie de fusionnement de cellules provenant de différentes espèces, a formé la base de la révolution biotechnologique. Les deux ensembles de techniques ont rendu possible l'échange de matière chromosomique entre des espèces parentées de plantes supérieures et d'animaux, quelque faibles que soient ces liens. A partir de la date de ces découvertes, vers le début des années 70, la biotechnologie a connu des progrès très rapides, au point que les experts s'attendent à voir la mise en marché de centaines de produits avant l'an 2000.

La génétique et l'élevage de mollusques et de crustacés

Parce que le marché alimentaire ne cesse de demander une grande variété de crustacés et de mollusques de qualité supérieure, le contrôle, la manipulation et l'amélioration des caractéristiques des espèces sont devenus des activités primordiales dans cette industrie. Plusieurs approches génétiques ont été adoptées, y compris la génétique mendélienne, la cytogénétique, la génétique quantitative et des études sur l'hybridation. Mais le niveau de succès que ces approches ont connu dans l'amélioration des espèces de mollusques a beaucoup varié.

L'huître européenne, autrement connue sous le nom d'huître Belon, (*ostrea edulis*) a été introduite en Nouvelle-Ecosse vers la fin des années 60. Les chercheurs du ministère fédéral des Pêches et Océans ont été attirés vers les eaux au large de cette province parce qu'elles sont fraîches et d'une salinité élevée. Par contraste, la traditionnelle huître canadienne - la Malpèque - préfère les eaux plus chaudes au large de l'Île du Prince-Edouard et n'a jamais fréquenté les eaux de la Nouvelle-Ecosse. On a aussi privilégié des eaux où la 'marée rouge' - qui occasionne chez les mollusques la production de toxines paralysantes - est inconnue, car ce fléau a toujours menacé les huîtres Malpèque.

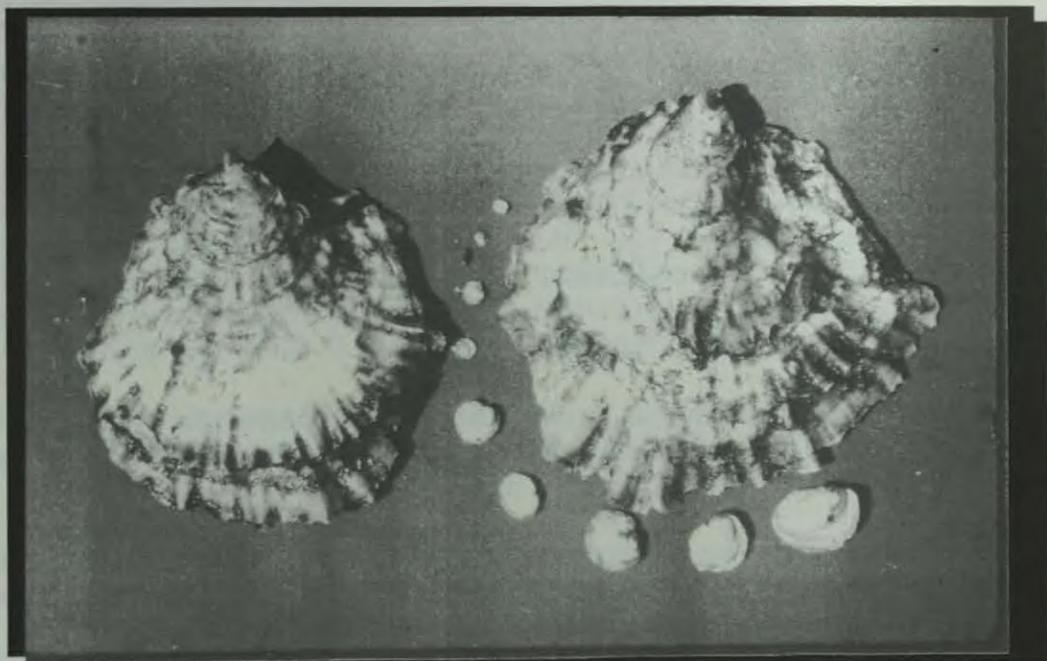
Les chercheurs fédéraux ont livré quelques-unes de ces nouvelles huîtres à l'université Dalhousie, où on a entrepris un programme de recherches d'une durée de 10 ans sur l'adaptation de cette espèce à son nouveau milieu. Malgré les difficultés qui sont survenues au début, le professeur Gary Newkirk de l'université Dalhousie a prévu dans ces recherches le potentiel de travaux importants dans le domaine de la génétique. Il a donc entrepris une étude de la culture de ces mollusques, profitant de l'appui financier du ministère des Pêches de la Nouvelle-Écosse et du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG). En collaboration avec une coopérative d'ostréiculteurs, on a lancé en 1977 un programme de recherches et d'élevage à base de sélection, qui a mené à des améliorations marquées dans la culture de ces huîtres.

Par exemple, Catherine Enright, dans ses études doctorales traitant des huîtres, s'est penchée sur la composition chimique des algues dont on alimente les jeunes huîtres tant qu'elles restent en éclosion. Ces recherches ont permis non seulement d'améliorer le régime alimentaire de l'huître mais aussi de réduire la durée du séjour en éclosion. Ce deuxième résultat n'a pas manqué d'intéresser les milieux commerciaux, car c'est l'étape la plus coûteuse de l'entreprise.

Une deuxième contribution que Catherine Enright a faite à l'avancement de cette industrie a consisté à introduire un procédé innovateur pour réduire l'encrassement des filets dans les cages à huîtres. Il est essentiel que les filets restent propres afin de laisser circuler les eaux salées contenant le plancton dont se nourrissent les huîtres. L'introduction du bigorneau vulgaire dans les cages permet de contrôler la végétation superflue, et cela à un coût modique. Cette solution innovatrice d'un problème répandu a valu pour Catherine Enright la reconnaissance d'ostréiculteurs partout au monde.



*Scène sousmarine: les
jeunes huîtres grandissent
dans des filets*



Étapes dans la croissance de l'huître Belon

Les huîtres nouvellement écloses restent en écloserie pendant trois ou quatre mois avant d'être placées dans des filets dans l'océan même. Ici, elles atteignent la maturité à la fin d'un cycle de trois ans. Les photographies qui accompagnent ce texte montrent les filets en place, ainsi qu'une comparaison de l'huître Belon à sa pleine maturité et des jeunes animaux à une étape précoce de leur croissance.

D'autres applications de la biotechnologie

Les progrès réalisés au cours des trente dernières années dans nos connaissances en génétique ont ouvert la porte à d'autres champs d'application commerciale pour les substances biologiques. Traditionnellement, les applications étaient plus ou moins limitées à l'exploitation de ressources biologiques telles les poissons, les forêts, et les graines, ainsi que les animaux et plantes domestiques, mais parmi les applications plus récentes on a vu l'utilisation d'organismes vivants pour le traitement d'autres matières premières, ainsi que la modification génétique de certains autres organismes afin d'en augmenter la valeur.

Voici quelques applications actuellement à l'étude:

- Divers moyens d'augmenter le rendement de certaines cultures, entre autres le développement d'anticorps monoclonaux spécifiques aux virus des maladies qui s'attaquent aux plantes, et la manipulation génétique de matériel végétal.
- Des recherches axées sur la capacité de certaines céréales et graminées de fixer l'azote à l'aide de techniques de l'isotope ^{15}N . Il a été démontré que certaines lignées de blé peuvent fixer elles-mêmes l'azote de manière à obtenir le tiers des réserves requises lorsqu'elles sont associées à un bacille (C-11-25).
- Le besoin de protéger les cultures d'insectes nuisibles a stimulé des recherches dans plusieurs voies. Souvent, des techniques plus efficaces ont permis de mieux contenir les infestations tout en réduisant le recours aux pesticides. La libération d'insectes inféconds, l'utilisation de pièges appâtés aux phéromones, et l'introduction de parasites spécifiques ont été des facteurs importants dans la lutte contre les parasites.
- Les chercheurs qui s'intéressent aux bovins laitiers se concentrent actuellement sur l'amélioration du potentiel génétique, l'augmentation de la production laitière et l'amélioration des techniques de traitement du lait.

Ce ne sont là que quelques exemples des avances que nous réalisons aujourd'hui au Canada dans le domaine de la biotechnologie. Les documents nommés ci-dessous en contiennent des descriptions plus détaillées.

Suggestions pour l'exploitation pédagogique

Le matériel que contient cette trousse servirait à enrichir plusieurs thèmes du programme d'études en biologie au niveau secondaire, mais il se prête plus particulièrement aux sujets ci-dessous:

- la génétique;
- la base chimique de la vie;
- les invertébrés;
- la physiologie des plantes;
- l'écologie;
- l'incidence des sciences sur la société.

Il serait pertinent aussi de discuter du point de vue scientifique des questions morales soulevées par la biotechnologie. Nous encourageons les enseignants de se référer à la documentation publiée par le ministère d'Etat chargé des Sciences et de la Technologie s'ils ont besoin d'autres ressources.

Là où les élèves sont encouragés à entreprendre des travaux indépendants, le matériel très varié qui est disponible relativement à la biotechnologie peut stimuler des discussions animées. Il faudrait, par exemple, inviter les élèves à examiner les applications pratiques de la biotechnologie, ainsi que l'impact de la biotechnologie sur la médecine et l'alimentation.

Références

Agriculture Canada *Etat de la recherche*, Numéro du centenaire, 1886 - 1986 (Ottawa: Agriculture Canada, 1986).

Ce document résume de façon très complète les recherches réalisées au Canada et leur application à l'amélioration des cultures.

First Choice Canada Volume 6, no 2 (Montréal: Promex Communications Inc, 1987).

Un numéro spécial consacré à la biotechnologie dans le secteur privé.

Conseil des sciences du Canada *Germes d'avenir: les biotechnologies et le secteur primaire canadien*, Rapport 38 (Ottawa: Conseil des sciences du Canada, 1985).

