UNE NOUVELLE APPROCHE DE LA SÉLECTION EN RACE LAITIÈRE : LA VOIE GÉNÉTIQUE MOLÉCULAIRE

par

A. BURNY, M. CHAPUT, V. CLAES, R. KETTMANN,
D. PORTETELLE, R. RENAVILLE et Ph. BURNY
Chaire de Biologie moléculaire et de Physiologie animale
Chaire d'Économie et Sociologie rurales
Centre de Génétique moléculaire appliquée à l'élevage (IRSIA)
Comité d'étude de l'Endocrinologie du Développement chez les bovins (IRSIA)

Faculté des Sciences agronomiques, B-5800 (Gembloux)

1. Introduction

«Il n'y a rien de permanent, si ce n'est le changement»

Héraclite, 513 AC

Il y a 100 ans était fondé à Verviers le premier syndicat d'élevage. Un syndicat, dit le dictionnaire, est une association qui a pour objet la défense d'intérêts professionnels (Amélioration des conditions de production, d'exploitation, d'achat, de vente, ...). Les éleveurs de la fin de l'autre siècle, ou plus exactement les précurseurs, ceux qui constatent et réagissent, ceux qui «marchent devant tous pour éclairer ceux qui doutent» décident de s'assembler pour être plus forts, pour mieux combattre, pour créer pour demain pour que ce demain soit meilleur. Le XIXe siècle, siècle de la révolution industrielle s'achève

dans la douleur. La crise économique est profonde en Europe occidentale (Hollande, France, Angleterre). «Entre 1884 et 1886, le salaire réel des mineurs tombe de plus de 10%. À cela s'ajoute la montée du chômage : le niveau de l'emploi tombe de 30% dans le Hainaut, le Brabant et la province de Namur. La visite de Franz Liszt, à Liège, est troublée par les manifestations ouvrières. Dans ces conditions, les innovations technologiques introduites par quelques entreprises sont accueillies avec un mélange d'inquiétude et de colère : la mise au point par l'Allemand Opperman de fours à bassins, remplaçant dans l'industrie du verre des fours à pot, permet non seulement d'épargner du charbon mais également de la main-d'œuvre. Les déprédations de matériel auxquelles se livreront les ouvriers de ce secteur témoigneront de leur crainte pour l'avenir» (LIEBMAN, 1979).

Qu'est-ce qui pousse les éleveurs de la région de Verviers à s'unir en Syndicat, en 1887 ? Des voix autorisées l'ont dit ou le diront. On ne peut s'empêcher de penser que l'atmosphère lourde de crise économique profonde n'était pas étrangère à leur décision.

Nous sommes un siècle plus tard, réunis pour célébrer l'événement. Beaucoup de choses ont changé puisque comme l'a dit Héraclite, seul en ce monde, le changement est une constante. La situation de 1987 a pourtant de profondes analogies avec celle de 1887. Nous allons passer en revue le futur prévisible de la sélection laitière et nous nous interrogerons sur le futur prévisible de la profession de producteur de lait. Des changements importants sont prévus. Nous nous y adapterons, forts des nouvelles connaissances. Nous tâcherons de vivre mieux, forts de nouvelles espérances. Nous ne répéterons pas l'erreur des ouvriers anglais qui démolirent les nouveaux métiers à tisser. L'avenir exige lucidité, travail, compétence, solidarité. Ce n'est pas un paradis promis et gagné d'avance.

2. La génétique moléculaire et les progrès de la biologie

La sélection animale est quasi totalement basée sur la statistique mathématique et la biométrie. L'application de ces sciences aux populations animales constitue la génétique des populations, science de base qui nourrit la sélection animale et notamment la sélection des races laitières. Comme cette production dépend de nombreux facteurs (qualité génétique, alimentation, santé, gestion du troupeau, ...) et que, parmi ceux-ci, la qualité génétique résulte de la coopération de nombreux gènes, il est normal que les sélectionneurs se soient adressés à des méthodes mathématiques qui permettent d'atteindre une

conclusion sur la valeur génétique d'un géniteur, même si cette conclusion est le résultat d'un très grand nombre de mesures. Le principe de base de toute sélection est l'obtention de nombreux descendants par des accouplements si possible raisonnés. Parmi les descendants de ces accouplements, on *espère* trouver le ou les animaux chez qui sont réunis le nombre le plus grand possible de gènes de qualité. L'identification de ces descendants de choix se fera par des mesures qui seront à leur tour intégrées dans des schémas statistiques de décision. Comme on le voit, les accouplements sont raisonnés et les décisions finales, au bout de l'expérience, reposent sur les lois des mathématiques. L'opérateur n'a cependant aucune prise sur les recombinaisons de gènes qui accompagnent la reproduction sexuée. Les méthodes de la génétique moléculaire permettent de prévoir qu'on pourra bientôt introduire un gène désirable dans un embryon précoce et agencer ce gène de manière telle qu'il s'exprime dans tel type de tissu. Ici on maîtrise beaucoup mieux le processus. C'est cependant plus encore un désir qu'une réalité. Les souris transgéniques sont de mieux en mieux utilisées et produites en nombres de plus en plus grands. Les vaches, moutons et porcs transgéniques restent des créatures difficiles à produire. Outre ce handicap de notre méconnaissance de la physiologie de la reproduction des espèces animales domestiques, il faut en outre bien noter que nous avons postulé ci-dessus que l'on *connaissait* le gène utile à introduire dans le génome et qu'on en *disposait.* En d'autres termes, il faut savoir quel gène prendre et avoir un moyen de l'identifier. C'est là justement que le bât blesse en génétique laitière. Un rendement laitier supérieur est le résultat de l'interaction de nombreux gènes. Comment les identifier ? En se servant des derniers acquis de la physiologie à savoir que l'hormone de croissance (ou *G*rowth *H*ormone ou GH) joue un rôle fondamental de stimulateur de l'activité de la glande mammaire en dirigeant vers elle les nutriments qu'elle requiert. Les premières observations remontent à 1937 quand ASIMOV et KROUZE ont observé que des préparations d'hypophyse antérieure, administrées à des vaches, ont accru la production laitière de celles-ci. YOUNG, 10 ans plus tard, avait essayé d'augmenter la production de lait pour la population anglaise, vu qu'entretemps il avait été bien établi que l'effet lactogène des préparations d'ASIMOV et KROUZE était bien dû à la GH. Le clonage du gène codant pour la GH bovine et l'expression de la protéine correspondante dans des cultures bactériennes ont mis à la disposition de l'élevage des préparations pures de GH bovine. L'administration journalière de 25-30 mg d'hormone par voie intramusculaire permet d'accroître la production d'une vache de 10 à 30%. Un accroissement moyen de 15% semble une valeur admise par tous (PEEL et BAUMAN, 1987).

Il semble bien que l'hormone de croissance :

- agisse via l'effet inducteur qu'elle a sur la synthèse des somatomédines par le foie ;
- augmente la concentration d'αlactalbumine dans le lait et ce d'une manière qui est correlée à la dose de GH administrée ;
- ne modifie pas la composition en graisse du lait produit, à condition toutefois que les animaux traités soient en balance énergétique positive. Si les animaux sont en balance énergétique négative, la teneur en matière grasse du lait augmente et la proportion d'acides gras à longue chaîne s'accroît. Le traitement GH semble coordonner le métabolisme de manière telle que la vitesse de synthèse des lipides dans le tissu adipeux est ralentie quand la vache est en balance énergétique positive. Toutefois, si la balance énergétique est négative, les réserves lipidiques sont mobilisées, l'oxydation des acides gras non essentiels est accélérée, préservant dès lors les quantités limitées disponibles de glucose et d'acides aminés ;
- favorise la synthèse du glucose dans le foie à partir du propionate ;
- ne modifie pas la teneur du lait en protéines quand les animaux traités ont une balance azotée positive. Si la vache est en balance azotée négative, la teneur en protéines dans le lait diminue bien que le rendement absolu en protéines – lait augmente, vu l'augmentation de la production laitière.

Il s'ensuit que la similitude est frappante entre la vache laitière la plus sélectionnée pour la production de lait et celle traitée par la GH. L'une et l'autre ont une consommation accrue et répartissent leurs nutriments de manière préférentielle vers la glande mammaire. L'une et l'autre également ont une efficacité alimentaire élevée vu que les dépenses d'entretien sont constantes ; elles représentent de ce fait un plus faible pourcentage des nutriments disponibles. Dès lors, si l'on connaît des caractéristiques physiologiques qui peuvent être utilisées comme critères indirects de sélection pour la production laitière, le progrès en sélection pourra être plus rapide, plus efficace et moins coûteux qu'il ne l'est à présent dans les systèmes d'appréciation des taureaux. Remarquons aussi que les techniques biochimiques pourront indiquer s'il existe des réactions limitantes parmi celles qui sont touchées directement ou indirectement par l'hormone de croissance. Si de telles réactions sont identifiées, les techniques modernes mises en œuvre auront d'abord pour but de faire sauter ce genre de verrou.

On le voit, disposer de GH permet de faire un bond en avant dans la connaissance de la physiologie de la lactation. En retour, cette connaissance fournit de très précieuses indications sur l'identité des étapes limitantes de la

production laitière et permet ainsi une sélection raisonnée. Génétique et physiologie se fécondent mutuellement. Dans le même ordre d'idées, à savoir l'utilisation d'agents répartissant, en faveur d'un tissu, les nutriments disponibles, mention doit être faite des β2 agonistes (le cimaterol et le clentuberol). Ces molécules reconnaissent spécifiquement les récepteurs β2 adrénergiques et favorisent nettement la production de tissu musculaire aux dépens du tissu adipeux (ASATO *et al.*, 1984). La découverte de ces agents fut le résultat d'un criblage empirique. Disposer de tels agents permettra désormais de les utiliser en production de viande s'ils s'avèrent inoffensifs pour l'animal traité et pour le consommateur et de s'en servir pour identifier les réactions biochimiques sur lesquelles ils agissent. La biologie moléculaire apportera une contribution majeure à ces programmes par l'identification des récepteurs, le clonage des gènes correspondants et l'identification des médiateurs chimiques. Comme pour les réactions cibles de l'hormone de croissance, les réactions cibles de β2 agonistes seront alors des réactions tests mises à profit dans les programmes de sélection.

Un troisième volet des progrès qu'apporte la biologie moléculaire consiste dans la mise au point de sondes spécifiques du chromosome Y. Ces sondes sont constituées de séquences répétées de DNA et permettent donc, vu leur caractère répétitif, de repérer des séquences typiques du chromosome Y par la technique dite de l'hybridation in situ. Les techniques de superovulation, de récolte des embryons, de découpage d'un embryon en deux moitiés parfaitement viables (ou hémisection) et de ponction de quelques cellules embryonnaires (biopsie) par dissection partielle de la membrane pellucide ont accompli les progrès nécessaires pour que le sexage deviennent dans les mois et années à venir une opération de plus en plus routinière. Quel producteur de lait n'a pas rêvé de voir le nombre de ses veaux femelles excéder de très loin celui des mâles ? Quel sélectionneur de bétail n'a pas souhaité pouvoir généraliser le transfert d'embryons et surtout l'appliquer avec quasi garantie de succès aux animaux de grande classe de son élevage ? Même aujourd'hui, nous n'en sommes pas là. Tout le monde peut cependant mesurer le chemin parcouru depuis 10 ans. À l'époque, on ne parlait que de transfert par voie chirurgicale ; scission et sexage des embryons étaient si lointains.

En quelques années, les données du problème ardu et complexe de la sélection laitière se sont mises à changer. La biologie moléculaire, l'embryologie, la physiologie ont apporté de formidables contributions à nos connaissances. Nous pouvons avoir à notre disposition un embryon bien viable de telle ou telle femelle ; nous pouvons le diviser et le sexer ; nous pouvons y introduire une gène bien défini et demain, nous pourrons nous arranger pour

que ce gène ne s'exprime qu'à tel moment dans tel type de tissu. Presque tout cela est faisable. Est-ce à dire que l'élevage et la production laitière ont résolu leurs problèmes majeurs et s'engagent dans une époque de confort ? Ce serait faire peu de cas de la constatation d'Héraclite.

3. Problèmes liés au progrès scientifique

3.1. Transfert d'embryons et production laitière

Les progrès enregistrés dans ce domaine permettent d'envisager une moins grande variabilité génétique dans les troupeaux par l'utilisation des meilleures vaches comme donneuses d'embryons. Une fois la valeur supérieure d'une vache établie, elle sera éventuellement consacrée à la production d'embryons qui seront eux-mêmes éventuellement soumis à l'hémisection. Le sexage conduira au choix des femelles et au rejet des mâles du moins dans la plupart des cas. Les mâles conservés seront de la plus grande valeur génétique possible et seront destinés au testage et à tous les tests biochimiques qu'inspirera le mode d'action de l'hormone de croissance et des somatomédines. Les vaches conservées pour leurs qualités laitières mais laissant à désirer tel ou tel aspect pourront être inséminées par un taureau viandeux et donner des produits de croisement à croissance rapide eux-mêmes éventuellement traités par des molécules, admises au point de vue santé publique et favorisant la répartition des nutriments vers le muscle. On peut ainsi arriver à une production optimale de produits laitiers et de viande, à condition bien sûr d'avoir une gestion parfaite et un niveau de technicité élevé. Si l'excès de production de produits laitiers et de viande bovine continue d'être un fait (c'est-à-dire si des débouchés nouveaux ne sont pas trouvés ou des productions nouvelles mises au point), les quotas laitiers pourraient être réduits ou au mieux maintenus et la conséquence inéluctable est la diminution du nombre de vaches (ce qui bien sûr n'est pas un mal en soi) et presque certainement la disparition des exploitations les moins compétitives.

3.2. Utilisation de l'hormone de croissance et production laitière

«Les secteurs agricole et agro-alimentaire ont connu, au cours des quatre décennies allant de 1945 à 1985, des évolutions impressionnantes, par leur nature et leur ampleur, jamais vues antérieurement, à cette échelle, dans l'histoire de l'humanité» (Coleou, 1986). Comme nous l'avons rappelé ci-avant, le transfert d'embryons et l'utilisation de nos connaissances quant aux mécanismes de répartition des nutriments vers la glande mammaire ou le

muscle, vont manifestement garder le monde des productions animales dans l'ambiance bouillonnante et évolutive qui a prévalu depuis 40 ans.

L'utilisation de l'hormone de croissance comme stimulant de la production laitière pose cependant des problèmes graves de nature technique et de nature économique et sociale.

– *Problèmes techniques*

Nous admettons que le traitement, c'est-à-dire l'administration journalière par injection de 27 mg de GH par animal est rentable. Les expériences conduites notamment par Bauman à l'Université Cornell et M. Léonard à l'Université McGill au Canada (LÉONARD, 1986 ; PELL et BAUMAN, 1987) indiquent que l'on peut raisonnablement atteindre des accroissements de production de 16 à 18% quand la vache est entre la 4e et la 12e semaine de lactation. Des gains de 6,3 kg sur 37,9 de 6,4 kg sur 34,1 et de 4,7 kg sur 28,2 sont en effet enregistrés. Des gains pouvant même atteindre plus de 30% sont observés quand la lactation est au-delà de la 35e semaine (4,8 kg sur 14,5). Toute autre considération étant négligée pour l'instant, il faut comparer ces gains d'abord au prix de l'hormone. Celui-ci varierait de 5 dollars US à 1 dollar US le gramme (225 francs belges à 45 francs belges pour 37 doses, soit encore une fourchette allant de 6 f à 1,2 f par dose) (DARBON, 1987). Dans ces conditions le prix de l'hormone ne devrait pas constituer un répulsif.

Le problème du rationnement d'animaux ainsi traités rejoint mais amplifie encore le problème de l'alimentation de l'animal hautement sélectionné, surtout qu'il s'avère que même l'animal fort producteur répond encore à l'administration de GH. Il faut couvrir les besoins énergétiques et azotés très élevés (figure 1), éviter la cétose et la stéatose hépatique, les atteintes à la santé et à la fécondité. La gestion du rationnement devient très technique. La qualité des aliments utilisés devient absolument critique.

En outre, l'utilisation de la GH pose des problèmes pour le sélectionneur de bétail laitier et l'amélioration génétique du cheptel. Cette dernière doit continuer. On estime aux USA qu'entre 1985 et l'an 2000, la production par vache progressera de 3900 kg de lait dont 1900 par l'amélioration génétique et 2000 par l'utilisation de la GH. Dans l'état actuel de la sélection où les choix sont basés sur le testage des taureaux, ces choix ne peuvent pas être biaisés par l'administration inconsidérée de la GH. Ou bien, il faut interdire cette dernière, ce qui est une attitude rétrograde, probablement sans issue et d'ailleurs vraisemblablement inapplicable, ou bien il faut développer des moyens de mesure de la production laitière compatibles avec l'emploi de GH. On peut penser que la non-utilisation de l'hormone pendant les 10 premières

semaines de lactation pourrait permettre une mesure suffisamment précise de la production et encore permettre un rendement suffisant de l'emploi de GH dans le reste de la période d'activité de la glande mammaire. Il est aussi vraisemblable que des critères biochimiques dérivés des acquis de la génétique moléculaire permettront de donner toute leur valeur aux mesures de production des 10 premières semaines. Remarquons aussi qu'un marquage obligatoire de la GH commerciale permettant de la repérer facilement pourrait permettre de mieux garantir les mesures de production faites dans le cadre des programmes de sélection.

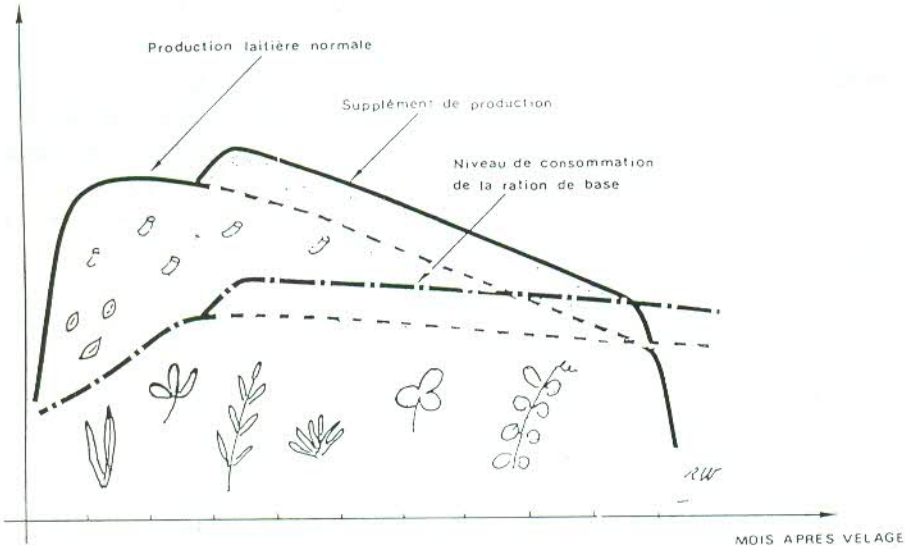

FIG. 1. – Augmentation de la production laitière et de la consommation par traitement somatotropinique. (D'après L. WOLTER).

– *Problèmes économiques et sociaux*

Prenons comme exemple le schéma développé récemment par MIX (1987) pour les USA. Les améliorations génétiques, les progrès réalisés en alimentation, la bonne pratique zootechnique, l'attention portée à la santé, ... pourraient faire passer la production moyenne par vache de 5680 kg en 1984 à 7425 kg en l'an 2000. Si la GH est utilisée et a, dans la pratique, les effets que prévoit l'expérience, la production moyenne par vache pourrait atteindre 9281 kg. Une telle augmentation de production réduirait le nombre de vaches

de 30% et le nombre de fermes laitières de 51%. 195.000 personnes perdraient leur emploi et 3,6 à 4,1 millions d'ha de terre en moins seraient nécessaires.

Qu'en est-il en Belgique ? Qu'en est-il pour les affiliés du syndicat centenaire de Verviers ? La revue «Le lait et nous» de l'Office National du Lait et de ses Dérivés» (BIERENS et COSEMANS, 1986) indique que la lactation moyenne est en Belgique de 3946 kg de lait par vache et qu'en 1985, la production totale de lait a été de 3.796.079 t avec un troupeau de 962.110 vaches. Les chiffres correspondants pour 1984 sont 3.819.302 t pour 988.144 vaches. La production totale diminue à peine d'une année à l'autre (23.000 t en moins) tandis que le troupeau diminue de 26.000 unités. Le nombre de détenteurs de bétail laitier a, lui, diminué de 4,77%. Il est encore de 44.809. 80,8% du lait produit est livré aux laiteries. Parmi le lait travaillé à la ferme la part servant à faire du beurre diminue de 13,72% alors que celle consacrée à la préparation de fromage augmente de 14,2%. La tendance est donc, en Belgique, ce qu'elle est ailleurs. Il faut s'attendre à une diminution importante du nombre de producteurs et du nombre d'animaux.

Quels producteurs sont en danger ? Vraisemblablement ceux qui sont les plus fragiles. Et cette fragilité est sans doute une fragilité de compétence, de technique, de gestion, d'amélioration génétique.

4. Quelle attitude adopter maintenant que nous savons à quoi nous attendre ?

4.1. PRODUIRE DE LA QUALITÉ

La qualité du produit qui quitte la chaîne de production de la laiterie ou qui est fabriqué à la ferme reflète la matière première de départ. Le contrôle de la santé de l'animal et du pis doit être scrupuleux. Les erreurs d'alimentation sont intolérables.

Le lait doit incarner la joie de vivre, la qualité de la vie. Il va de soi que l'adoption de technologies neuves ne peut se faire qu'à condition qu'il y ait rentabilité assurée et que cette pratique ne puisse ternir l'image de marque du lait ; les images de lait et d'enfant sont souvent intimement associées. Il ne semble pas que l'on puisse prévoir une modification de la qualité du lait produit en améliorant le cheptel via les voies anciennes et nouvelles liées à la génétique moléculaire. Il ne faudrait pas, cependant, que l'image lait = qualité s'efface au prodit de l'image lait = lait aux hormones. À côté des difficultés causées à la sélection animale, l'aspect «image de marque» est le deuxième gros problème lié à l'utilisation des molécules intervenant sur la répartition des

nutriments. Comme nous l'avons dit précédemment, les molécules sont d'une très grande utilité en génétique moléculaire et, par ricochet, elles aideront beaucoup à guider le sélectionneur. Elles ne peuvent pas déprécier l'image de marque du lait.

4.2. Élargir le marché

C'est sans doute un grand défi dans un pays comme celui-ci où la consommation par habitant et par an est voisine de 450 kg de lait (Institut National de Statistiques agricoles, 1987 ; Annuaire de statistiques agricoles, Statistiques de l'I.E.A., 1986) (le français consomme ± 400 kg ; l'américain environ 270 kg). Il est cependant à noter que la valorisation fromagère progresse très régulièrement et qu'une recherche orientée vers la diversification des préparations, appuyée sur l'impact santé des produits laitiers (prévention de l'ostéoporose, des caries dentaires, de l'hypertension, du cancer colo-rectal, ...) et portée par une publicité adéquate devrait avoir des résultats appréciables. C'est un vaste programme où l'imagination et le caractère entreprenant ont la toute grande place.

4.3. Entretenir une dynamique de progrès dans les régions à vocation laitière

Il n'y a pas d'exemple, dans l'histoire, de pays ou de peuple qui ait pu ignorer le progrès technologique. Il faut assimiler ce progrès au plus tôt dès qu'il s'avère être un réel progrès et non un miroir aux alouettes. Dès lors, cette région qui a des atouts climatiques, géographiques et humains (Association d'éleveurs dynamiques, pouvoir provincial en éveil, motivé par les problèmes agricoles, ...) doit entretenir en son sein et former des exploitants de l'élevage laitier de très haute qualification. Accouplements dirigés, insémination artificielle, transfert d'embryons, maîtrise de la génétique sont à cultiver et à promouvoir envers et contre tout. Toutes ces activités doivent être centrées sur l'éleveur.

L'analyse de la situation américaine par L. S. Mix prédit que l'expansion de l'activité laitière se fera en Californie, Arizona et Nouveau-Mexique et cite comme causes de cet état de choses :

- la croissance de la population
- le climat favorable
- la haute qualité du fourrage produit
- la vitesse d'adoption des nouvelles technologies
- les économies d'échelle.

4.4. Contribuer au développement intensif du continuum de la connaissance

Recherche fondamentale

↓↑

Recherche orientée

↓↑

Recherche appliquée à la solution d'un problème

↓↑

Valorisation de la connaissance.

Les succès de la science en général et de la science agricole en particulier conduisent au changement à la fois de la science et de la société (Bonnen, 1986). La conséquence en est que l'une et l'autre sont très différentes et plus complexes aujourd'hui. La demande générale faite à la science est d'élargir ses horizons et d'entrer directement dans les problèmes que vit la société. En agriculture, le secteur privé prend une part beaucoup plus grande que jadis en poursuivant des buts qui ne coïncident pas nécessairement avec ceux de la société. La coordination de la politique de recherche en général et sa définition même s'en trouvent malaisées.

Cependant, la grosse part du développement technologique à ses débuts, le capital humain, le développement institutionnel et l'essentiel de la recherche de base en biologie sont de toute évidence du ressort du public et sont un bien public, bien au-delà des possibilités du secteur privé.

Répondre aux sollicitations de demain pour la société entière, exige donc un investissement important et continu dans chacune des composantes du continuum de la connaissance. Il est clairement démontré (Bonnen, 1986) que l'investissement en recherche agricole doit être élevé (Crawford, 1987) et qu'il y a des pertes substantielles de productivité quand le financement est très variable d'une année à l'autre ou d'une décenie à l'autre.

Le soutien financier insuffisant apporté à la recherche scientifique par les autorités belges est un chancre qui n'a cessé de grandir depuis 15 ans. C'est la plus grosse hypothèque qui pèse sur notre avenir.

5. **Conclusion**

Nous conclurons en remarquant que la diminution de l'emploi dans le secteur de la production d'un bien donné est un fait inéluctable et vérifié par l'histoire. Il appartient aux hommes de sciences exactes et à ceux de sciences humaines d'apporter des éléments suffisants de solution à la société en

perpétuel changement (Héraclite). Il appartient à cette société de bien se rendre compte que c'est de la connaissance que découlent les valeurs intellectuelles et les valeurs morales. Si les hommes d'aujourd'hui et de demain possèdent ces valeurs, ils seront les agents du changement et non ses victimes.

BIBLIOGRAPHIE

ASATO, G., BAKER, P. K., BASS, R. T., BENTLEY, T. J., CHARI, S., DALRYMPLE, R. H., FRANCE, D. J., GINGLER, P. E., LENCES, B. L., PASCAVAGE, J. J., PENSACK, J. M., RICKS, C. A. (1984) : — Repartitioning agents : S-|1-hydroxy-2-(isopropylamino) ethyl|-antnranilonitrile and related phenethanolamines ; agents for promoting growth, increasing muscle accretion and reducing fat deposition in meat-producing animals. *Agric. Biol. Chem.* **48** : 2883.

ASIMOV, G. J. et KROUZE, N. K. (1937) : — The lactogenetic preparations from the anterior pituitary and the increase milk yield in cows. *J. Dairy Sci.*, **20** : 289.

BIERENS, M. et CASEMANS, J. (1986) : — L'année laitière 1985. «Le lait et nous», octobre-novembre-décembre.

BONNEN, J. T. (1986) : — A century of science in agriculture : lessons for science policy. *American Journal of Agricultural Economics*, **68** : 1065-1080.

COLEOU, J. (1986) : — Innovations et stratégie de développement des productions animales. Pp. 2 et 3 dans : «Biotechnologie et Zootechnie» Association française de zootechnie. Paris. Journée d'étude du 13/11/86.

CRAWFORD, M. (1987) : — Another plea for agricultural R. & D. *Science*, **236** : 1180.

DARBON, P. (1987) : — Lait : poussée de croissance. *Biofutur*, avril, 43-49.

LEONARD, M. (1986) : — Communication personnelle.

LIEBMAN, M. (1979) : — Les socialistes belges 1885-1914. Édition «La vie ouvrière», 299 pages.

MIX, L. S. (1987) : — Potential impact of the growth hormone and other technology on the United States dairy industry by the year 2000. *J. Dairy Sci.*, **70** : 487.

PEEL, C. J. et BAUMAN, D. E. (1987) : — Somatotropin and lactation. *J. Dairy Sci.* **70** : 474.

YOUNG, F. G. (1947) : — Experimental stimulation (galactopoiesis) of lactation. *Br. Med. Bull.* **5** : 155.