

Université de Montréal

Le journalisme de culture scientifique

par

Débora Pinheiro

Département de communication

Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures

en vue de l'obtention du grade de

maître en communication

juin, 1999





Université de Montréal  
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

Le journalisme de culture scientifique

Présenté par

Débora Pinheiro

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Président du jury – André Lafrance

Directeur de recherche – Annie Méar

Membre du jury – Claude Martin

Mémoire accepté le : 6 août, 1999

## Sommaire

Il est communément admis que les textes de vulgarisation ne font que traduire le discours scientifique pour le public profane. Il est cependant difficile de déterminer où la traduction prend fin et où la création commence. Dans le cas du journalisme spécialisé en sciences, il semble que les journalistes ne se limitent pas à transcoder des terminologies spécialisées : il s'agit plutôt d'un travail de réécriture, soit de recreation du texte. La principale hypothèse de ce mémoire est que ce travail de réécriture consiste surtout à utiliser des images qui permettent au journaliste de reformuler le discours scientifique et de le présenter au grand public sous la forme d'un récit.

Ce mémoire cerne les démarches suivies par des journalistes qui présentent des informations scientifiques au public profane dans des magazines de culture scientifique, à l'aide d'une analyse discursive de cinq reportages différents sur un même sujet. Afin de vérifier les résultats de l'analyse des reportages, l'étude comprend aussi l'analyse de sept entrevues avec des journalistes spécialisés en sciences, chacun décrivant sa façon de présenter les informations et les concepts scientifiques au grand public.

Le mémoire est composé de six chapitres. Le premier chapitre explique ce que sont des magazines de culture scientifique et dresse un panorama du marché international de ce type de magazine. De plus, ce chapitre présente le contexte des reportages qui portent tous sur l'annonce de la naissance d'un clone de brebis, Dolly, ce qui est devenu une des plus importantes nouvelles scientifiques de 1997. Le deuxième chapitre met en place le cadre théorique : nous précisons les principales caractéristiques du journalisme spécialisé en sciences et expliquons les concepts qui balisent la recherche. Le troisième chapitre explique la méthode adoptée lors de l'analyse des reportages. Le quatrième chapitre présente les résultats de l'analyse de six reportages. L'analyse discursive des reportages est effectuée à trois niveaux, à savoir le lexique, le stylistique et le sémantique. Le cinquième chapitre présente l'analyse de sept entrevues avec des journalistes spécialisés en sciences, où ils exposent leurs démarches lors de la présentation de sujets scientifiques. Le sixième chapitre nous amène à la conclusion. Nous interprétons les résultats de l'analyse discursive et de l'analyse des entrevues tout en les confrontant avec la revue de littérature. L'étude conclut que les magazines de culture scientifique s'avèrent des instruments de connaissance importants grâce à l'entremise du journaliste, qui, à travers la construction d'un système cohérent de représentations, sert de trait d'union entre le scientifique et le public profane.

## Table des matières

<b>Sommaire</b> .....	i
<b>Avant propos</b> .....	6
<b>Introduction</b> .....	7
<b>Chapitre 1 : Mise en contexte</b> .....	10
1.1. Magazines de culture scientifique .....	10
1.2. Marchés internationaux .....	11
1.3. Les magazines de culture scientifique au Québec et au Brésil .....	16
1.3.1. Les magazines au Québec .....	17
1.3.1.1. Québec Science .....	17
1.3.2. Magazines au Brésil .....	21
1.3.2.1. Ciência Hoje .....	22
1.3.2.2. Superinteressante.....	23
1.3.2.3. Globo Ciência.....	24
1.4. La brebis Dolly et les magazines de culture scientifique .....	25
<b>Chapitre 2 : Cadre théorique</b> .....	30
2.1. Information et Communication .....	31
2.2. Vulgarisation : reformulation du texte scientifique.....	35
2.3. Le texte journalistique et le texte scientifique .....	38
2.4. Le texte journalistique et la vulgarisation.....	44
2.5. Les magazines de culture scientifique .....	47
<b>Chapitre 3 : Méthodologie</b>	
3.1. Corpus .....	51
3.2. Méthodes de l' analyse discursive .....	53

3.2.1. Analyse lexicale .....	54
3.2.2. Analyse stylistique.....	54
3.2.3. Analyse sémantique .....	56
3.2.3.1. Application du modèle greimassien .....	57
3.2.3.2. Application de la méthode de Kientz .....	59
3.3. Entrevues .....	62
3.4. Considérations sur les méthodes .....	65
<b>Chapitre 4 : Analyse discursive et interprétation des résultats.....</b>	<b>67</b>
4.1. L'aspect lexical .....	68
4.1.1. Les substitutions synonymiques .....	68
4.2. L'aspect stylistique .....	72
4.2.1. Les substitutions analogiques .....	72
4.2.1.1. Les métaphores .....	74
4.2.1.2. Les comparaisons .....	77
4.2.2. Les marques de ponctuation .....	78
4.2.3. La fonction métalinguistique et le contact avec le lecteur .....	83
4.3. L'aspect sémantique : la structure rhétorique des articles.....	85
4.3.1. La structure du récit.....	90
4.3.1.1. Les rôles actantiels .....	90
4.3.1.1.1. Le Destinateur .....	91
4.3.1.1.2. Le Destinataire .....	93
4.3.1.1.3. Le Sujet .....	94
4.3.1.1.4. L'Anti-Sujet .....	96
4.3.1.1.5. L'Objet .....	97
4.3.1.1.6. L'Adjuvant .....	98
4.3.1.1.7. L'Opposant .....	99
4.3.1.2. Les programmes narratifs .....	101
4.3.1.2.1. La manipulation (le faire faire) .....	101
4.3.1.2.2. La compétence ou performance modale (l'être du faire) .....	103

4.3.1.2.3. La performance principale (le faire être) .....	104
4.3.1.2.4. La sanction (l'être de l'être) .....	104
4.3.2. Les mots clés et les catégories sémantiques.....	106
<b>Chapitre 5 : Analyse des entrevues</b> .....	<b>113</b>
5.1. Aspects lexicaux et stylistiques de la reformulation .....	113
5.2. Aspects sémantiques de la reformulation .....	117
<b>Chapitre 6 : Conclusion</b> .....	<b>128</b>
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>137</b>
<b>Annexe : Copies des articles</b> .....	<b>141</b>

## **Avant propos**

Malgré la distance encore considérable entre le journalisme enseigné dans les universités et le journalisme appris dans la pratique des rédactions, les journalistes et les professeurs de journalisme ont en commun la préoccupation de former des professionnels qualifiés. Ce travail se veut à la fois une occasion de réflexion théorique sur les pratiques professionnelles du journaliste qui se spécialise en sciences, et aussi un outil pratique pour ceux qui ont besoin de divulguer des sujets spécifiques visant un public non spécialisé.

Comme le dit le journaliste québécois Pierre Sormany (1990, p. 310), « nous vivons dans un siècle de technologie, où de nombreux choix sociaux nécessitent une compréhension des questions techniques et scientifiques qui y sont sous-jacentes ». Le thème de la vulgarisation scientifique a été appliqué à l'étude de magazines journalistiques. L'étude nous permet d'approfondir la discussion sur la formation professionnelle du journaliste spécialisé en sciences, lorsque nous abordons deux contextes professionnels, soit ceux du Québec et du Brésil.

Ce mémoire est le fruit d'une recherche financée par le programme de l'Agence Canadienne de Développement International (ACDI). Dans le cadre de ce programme, nous proposons une approche permettant une vision plus ample du contexte professionnel brésilien, cherchant également à mieux comprendre le contexte québécois.



## Introduction

Le journaliste qui se spécialise en mode doit toujours songer au public peu ou pas habitué avec le jargon typique de ce domaine, et à la fois au public déjà familiarisé avec les concepts et les techniques reliés à l'industrie du textile, au design, aux défilés et au monde de la mode. Le journaliste qui se consacre à la politique utilise une série de concepts pour expliquer le discours du député au public plutôt intéressé à l'impact qu'une nouvelle loi puisse représenter dans sa vie quotidienne. En d'autres mots, le journaliste est toujours en train de transformer le discours spécialisé pour le rendre à la portée du public général.

Dans le cas du journalisme spécialisé en sciences, cette transformation s'avère plus évidente. Même si les autres domaines journalistiques ont aussi leurs jargons et leurs spécificités, ils sont plus facilement compris et assimilés par le public, car ces informations ont un rapport plus direct avec sa vie quotidienne. Même ceux qui sont peu familiarisés avec le jargon économique s'intéressent aux nouvelles économiques, puisqu'elles ont un impact direct sur leur vie. De même que le sport, la mode, la politique et les nouvelles internationales, la couverture de la science utilise des techniques propres au texte journalistique.

Notre intérêt pour le journalisme spécialisé en sciences vient de la constatation que la science est un domaine apparemment plus lointain du discours quotidien du public. C'est alors au journaliste de transformer le discours scientifique, pour informer le public et lui donner des moyens afin qu'il puisse interpréter et se faire une opinion à propos de l'information scientifique en question. Le journalisme spécialisé en sciences est un exemple représentatif du besoin d'adapter un langage hermétique pour rendre un certain sujet accessible au grand public.

Nous proposons ici une rencontre entre les discussions théoriques et la pratique professionnelle de ceux qui font de la vulgarisation scientifique. Le mémoire ne s'adresse pas seulement aux journalistes et aux étudiants en journalisme, mais aussi à ceux qui ont besoin d'adapter leur façon d'écrire pour atteindre un public plus large et moins familiarisé avec un domaine spécifique. Pour réfléchir sur cette pratique, nous abordons le sujet du clonage, qui a attiré l'attention de la presse surtout depuis l'annonce du clonage d'une brebis à partir d'une cellule adulte spécialisée. En 1997, ce thème a eu un impact important dans la presse en général, notamment après la publication, en février, de l'article de l'embryologiste Ian Wilmut dans la revue Nature. L'embryologiste annonçait le clonage d'un animal adulte par l'équipe de l'Institut Roslin, suscitant ainsi une série d'articles dans la presse internationale et surtout dans les magazines dits de culture scientifique. Les articles sur Dolly sont un exemple représentatif pour la discussion que nous désirons soulever dans ce mémoire.

Le mémoire est divisé en six chapitres. Le premier chapitre explique le concept de culture scientifique et dresse un panorama du marché international des magazines de culture scientifique, mettant l'accent sur les marchés brésilien et québécois. Le deuxième chapitre structure une revue de littérature autour du journalisme spécialisé en sciences et situe les principaux concepts utilisés dans le mémoire. Le troisième chapitre correspond au cadre méthodologique, où nous exposons les méthodes utilisées pour l'analyse discursive des articles sur Dolly et pour les entrevues avec des journalistes spécialisés en sciences. Dans le quatrième chapitre nous analysons six articles portant sur Dolly, qui ont tous paru dans des magazines de culture scientifique. Dans le cinquième chapitre nous présentons l'analyse des entrevues avec des journalistes brésiliens et québécois, spécialisés en sciences. Dans le sixième chapitre, la conclusion, nous présentons une réflexion sur l'ensemble des étapes de l'étude et sur l'interprétation des résultats de notre recherche.

Ce mémoire aura atteint son but s'il parvient à montrer le travail de recréation du texte scientifique lorsque le journaliste explique une information scientifique au grand public. L'hypothèse principale du mémoire postule que ce travail de recréation est effectué grâce à l'usage d'imageries qui représentent les concepts et les phénomènes scientifiques. La réécriture effectuée par les journalistes s'opère en trois niveaux principaux, soit le lexique, le stylistique et le sémantique. Dans les chapitres suivants nous montrerons la transformation du discours scientifique selon ces trois aspects.

## **Chapitre 1 : Mise en contexte**

Cette mise en contexte vise d'abord à expliquer en quoi consiste un magazine de culture scientifique. Ensuite, elle propose le panorama des principaux marchés de ce type de magazine. Certaines de ces publications ont été retenues pour l'étude sur l'approche du cas de Dolly dans les articles des magazines de culture scientifique. Finalement, ce chapitre présente les principaux aspects du cas de Dolly, qui est le sujet commun à tous les articles analysés dans notre recherche. Le chapitre est donc divisé en trois parties, correspondant respectivement au concept de magazine de culture scientifique, à la description d'une partie du marché international de ce type de magazine et à la présentation du cas de Dolly et sa mise en contexte dans les magazines de culture scientifique.

### **1.1. Magazines de culture scientifique**

Pour comprendre ce qu'est un magazine de culture scientifique il faut considérer tout d'abord que ce type de publication vise à présenter les événements actuels à partir de leur aspect scientifique. De plus, ils visent également à expliquer des informations scientifiques au grand public, comme le font les publications de vulgarisation en général. Les magazines de culture scientifique sont considérés comme des magazines horizontaux, en raison de leur capacité de couvrir plusieurs domaines de connaissance, bien que les sujets soient toujours présentés sous un aspect scientifique. Ce type de publication peut aussi être nommé « magazine de sciences et découvertes », « magazine de sciences et variétés » et « magazine de sciences et culture », entre autres. Ces publications mensuelles disposent d'un plus grand délai de recherche et de documentation, si on les compare à celle de la radio, de la télévision ou de la

presse quotidienne. Ces magazines peuvent donc interpréter et approfondir davantage certaines nouvelles reliées au milieu scientifique.

Les magazines de culture scientifique ont cependant un profil différent des revues spécialisées en sciences. Au-delà des articles de fond, les magazines de culture scientifique proposent souvent une vaste gamme de loisirs : jeux mathématiques, expériences d'amateur, suggestions de livres, bandes dessinées et autres rubriques typiques des magazines de variété et de divertissement. Ainsi, ce type de magazine se distingue des revues scientifiques comme Nature ou Science, qui sont des publications destinées aux scientifiques et conçues par des spécialistes. Durant (dans Schiele, 1994, p. 354) explique que ces dernières ne s'adressent pas au grand public :

« L'hebdomadaire scientifique *New Scientist* est une publication non spécialisée, qui présente des actualités et des reportages et qui a un tirage d'environ 100 000 exemplaires. Les lecteurs de cette revue créée en 1956 sont surtout instruits et ont des connaissances en science et en technologie. Malgré sa popularité (et le fait qu'il soit publié toutes les semaines, et non tous les mois, ce qui est inhabituel), *New Scientist* s'adresse d'abord à la communauté scientifique (y compris aux professeurs de science et aux étudiants). Ce serait donc une erreur de le considérer comme une vraie publication populaire, s'adressant au grand public »

## **1.2. Marchés internationaux**

Le panorama proposé ici présente les principaux marchés de magazines de culture scientifique. Les marchés anglais, espagnol, italien, français et états-unien sont les plus reliés à l'étude, qui se concentre sur les magazines de culture scientifique vendus au Québec et au Brésil. Étant donné que l'étude porte sur des magazines vendus au Brésil et au Québec, nous situons ces marchés de culture scientifique sur la scène internationale. Toutefois, les magazines européens et états-uniens représentent la partie la plus importante du marché de magazines de culture scientifique. De plus, les publications des

pays de l'Europe et des États-Unis ont diverses caractéristiques communes à celles des publications qui intègrent le marché brésilien et québécois. Certains magazines états-uniens ou européens ont des ententes avec des magazines brésiliens ou québécois<sup>1</sup> et les magazines parus dans des pays différents peuvent même appartenir au même éditeur. Nous présentons donc, au préalable, les contextes européen et états-unien, puisqu'ils sont étroitement reliés à l'étude subséquente.

Parmi les publications européennes, l'accent est surtout mis sur des magazines appartenant au groupe allemand Gruner & Jahr<sup>2</sup>. Ce groupe contrôle une partie importante du marché international des magazines d'intérêt général et de culture scientifique (ou de « sciences et découvertes », comme l'appelle le groupe G&J). Les principales publications européennes sont du groupe G&J. Le magazine Focus est une de ces publications, ayant des versions en anglais, en italien et en polonais. Le même magazine a inspiré d'autres publications du même type en France, en Espagne et, plus tard, dans d'autres pays d'Amérique latine, comme le Brésil, par exemple.

« *Focus* is published by Gruner and Jahr, part of the giant Bertelsman group, which is one of the world's largest media companies. As well as publishing magazines through Europe, Bertelsman is very active in new multimedia projects. *Focus* is one of a group of magazines of science and discovery published by G&J across Europe. The others are *PM* (Germany), *Ça M'intéresse* (France), *Muy Interesante* (Spain) and *Focus* (Italy) » (page web du magazine Focus, <http://207.82.250.251/cgi-bin/> au dix-neuf novembre 1997).

---

1. Lors de sa création, Superinteressante avait une entente avec Muy Interesante. Québec Science a eu une entente avec Science et Vie. Globo Ciência avait des ententes avec Science et Vie et Popular Science. Ciência Hoje a eu une entente avec La Recherche.

2. En Europe, le groupe allemand Gruner & Jahr contrôle la majorité des magazines mensuels les plus lus, comme GEO, Marie Claire, Stern et Voici, parmi d'autres publications reconnues aussi sur le marché international.

3. Notre traduction : « *Focus* est publié par Gruner and Jahr, une partie du groupe géant Bertelsman, qui est une des plus grandes entreprises de média au monde. En plus de publier des magazines partout en Europe, le groupe Bertelsman participe beaucoup aux nouveaux projets de multimédia. *Focus* est un des groupes de magazines dits de sciences et découvertes, publiés par Gruner and Jahr partout en Europe. Les autres magazines publiés par Gruner and Jahr sont *PM* (Allemagne), *Ça m'intéresse* (France), *Muy Interesante* (Espagne) et *Focus* (Italy) »

4. Dans la page web de Focus, certains magazines qui appartiennent au groupe G&J ne sont pas mentionnés, dont la version polonaise de Focus et le magazine brésilien Superinteressante.

Durant (dans Schiele, 1994, p. 354) note que le magazine anglais Focus (une des publications les plus récentes, lancée en novembre 1992) est l'unique magazine populaire qui porte sur les sciences, en Grande Bretagne. Focus suit le style européen des magazines du type mensuel, en adoptant un format coloré, basé sur les images. En 1994, Focus avait un tirage de 60.000 exemplaires (Schiele, 1994, p. 344). En 1997, ce magazine a eu un tirage de 82 086 exemplaires<sup>1</sup>.

En Espagne, comme le rappellent Semir, Pardo et Hernando (dans Schiele, 1994, p. 283), il y a treize magazines dédiés aux sujets scientifiques. Muy Interesante, appartenant au groupe allemand Gruner & Jahr, est considéré comme le magazine mensuel espagnol le plus populaire, avec un tirage de 362 000 exemplaires en 1994<sup>2</sup> (deux fois plus que le magazine Tiempo, d'intérêt général). « Nombre de revues couvrent la technologie, mais celles-ci ont généralement un tirage plus limité », soulignent Semir, Pardo et Hernando (dans Schiele, 1994, p. 283). La revue Scientific American a une version espagnole qui s'appelle Investigación y Ciencia. En 1997, Muy Interesante avait un tirage moyen de 281 618 exemplaires par mois<sup>3</sup>. Chaque exemplaire coûtait 350 pesetas (environ 3,50 dollars canadiens) et l'abonnement annuel coûtait 4200 pesetas. Le magazine espagnol a aussi une version mexicaine (avec un tirage de 75 000 exemplaires par mois)<sup>4</sup> des différentes versions en Colombie (30 000 exemplaires par mois)<sup>5</sup>, au Venezuela (10 000 exemplaires par mois)<sup>6</sup>, en Equateur (10 000 exemplaires par mois)<sup>7</sup> et en Argentine (10 000 exemplaires par mois)<sup>8</sup>.

---

1. Page web du magazine *Focus* (<http://207.82.250.251/cgi-bin/>) le dix-neuf novembre 1997.

2. Schiele, 1994, p.283

3. Page web du magazine *Focus* (<http://207.82.250.251/cgi-bin/>) le dix-neuf novembre 1997.

4. Carvalho, 1996, p. 47

5. Idem.

6. Idem.

7. Idem.

8. Idem.

Appartenant également au groupe Gruner & Jahr, la version italienne du magazine Focus a une tendance plutôt généralisatrice. C'est un des magazines les plus lus parmi les mensuels en Italie. Le magazine avait un tirage de 305 000, en 1997 <sup>1</sup> et chaque exemplaire coûtait 5 000 liras (environ 4,36 dollars canadiens). D'autres magazines italiens de culture scientifique méritent d'être cités, comme Scienza e Vita (assez populaire), Airone (mensuel moins technique, consacré en particulier à l'écologie et à l'environnement), Le Scienze (version italienne de Scientific American), Sapere (culture scientifique), Scienza Nuova (version italienne du magazine New Scientist, récemment arrivée sur le marché). Terragni et Gallese (dans Schielle, 1994, p. 308) observent que Newton est une des revues de culture scientifique destinées au grand public parues au milieu des années 80. Cette revue a survécu dans le marché, malgré le fait que presque toutes les revues innovatrices des années 80 aient disparu, phénomène qu'on observe d'ailleurs dans d'autres marchés.

Ca m'intéresse, appartenant au groupe Gruner & Jahr, est l'un des magazines français les plus populaires. Fondé en 1981, ce magazine privilégie la qualité visuelle, caractéristique commune aux publications de culture scientifique du groupe G&J. Son tirage était de 337 168 exemplaires en 1997 <sup>2</sup>. Chaque exemplaire coûte 23 francs (7,5 dollars canadiens) et l'abonnement annuel coûte 236 francs. Science et Vie, le plus ancien magazine de ce genre en France, fut fondé en 1913. Le magazine privilégie l'actualité scientifique et il est la publication de vulgarisation scientifique la plus lue en France. En 1997, son tirage se chiffrait à 352 936 <sup>3</sup>. Chaque exemplaire coûte 25 francs. (5,5 dollars canadiens) et l'abonnement annuel coûte 226 francs.

- 
1. Page web du magazine *Focus* (<http://207.82.250.251/cgi-bin/>) le dix-neuf novembre 1997.
  2. Ulrich, 1998
  3. Idem



Fondé en 1970, le magazine La Recherche fut conçu par des scientifiques vulgarisateurs s'adressant à un public plus informé. Bien que le magazine ait été conçu par des scientifiques, la participation des journalistes a augmenté, suite au projet de populariser la publication. Cependant, le souci de rigueur est toujours la base de sa ligne éditoriale. En 1997, le tirage était de 92 000<sup>1</sup>. Chaque exemplaire coûte 30 francs. (7,95 dollars canadiens) et l'abonnement annuel coûte 290 francs. Le magazine Sciences et Avenir est apparu en 1947 et il appartient, depuis 1976, aux éditions du journal Le Matin et de l'hebdomadaire Le Nouvel Observateur. Science et vie met également l'emphase sur l'actualité scientifique. Parmi les publications de vulgarisation scientifique en France, elle est la troisième la plus lue. En 1997, son tirage était 266 430<sup>2</sup>.

Pour ce qui touche aux publications de culture scientifique états-uniennes, Lewenstein (dans Schielle) observe :

« [...] Les revues de vulgarisation scientifique existent depuis plus de 100 ans aux États-Unis. Quelques-unes, notamment *Scientific American* et *Popular Science*, sont là depuis presque tout ce temps, même si elles ont parfois connu des changements spectaculaires. Puis, au début des années 70, un nouveau groupe de revues de vulgarisation scientifique est apparu. [...] À la fin de la décennie [...] près d'une douzaine de nouveaux magazines étaient nés. » (1994, p. 161)

Lewenstein (1994) rappelle également que plusieurs de ces magazines ont échoué au milieu des années 80. Le facteur principal de cet échec fut l'incapacité de générer des revenus par la publicité. Sans publicité, il était très difficile de survivre dans un marché où les revues de vulgarisation devenaient de plus en plus concurrentielles. La plupart de ces publications ont dû s'adapter à ce climat commercial.

---

1. Ulrich, 1998.

2. Idem.

3. Idem.

Des magazines comme Science News et Discover ont pu survivre grâce aux revenus d'abonnements. Les magazines qui ont survécu dans le marché états-unien sont de deux types : ceux visant un public spécifique (comme Astronomy et Oceans) et ceux ayant un contenu plus général, ce qui nous intéresse plus particulièrement dans le cadre de ce travail. Dans cette deuxième catégorie se retrouve Popular Science, « [...]très centré sur le « comment » des choses » (Schiele, 1994, p. 161). En 1987, le magazine avait un tirage de 1 812 019 <sup>1</sup>, qui le plaçait au troisième rang des magazines les plus lus parmi ceux de culture scientifique aux États-Unis. National Geographic, le premier, avait un tirage de 9 708 254 d'exemplaires <sup>2</sup> et Smithsonian, le deuxième, avait un tirage de 2 211 552 <sup>3</sup>.

### **1.3. Les magazines de culture scientifique au Québec et au Brésil**

Étant donné que l'étude met l'accent sur les contextes québécois et brésilien, nous décrivons plus en détail les magazines de culture scientifique qui font partie de l'analyse. Le corpus de l'analyse discursive est composé de magazines lus au Québec et au Brésil, comprenant aussi des magazines français (qui font partie du marché québécois). Toutefois, l'étude se concentre sur les publications québécoises et brésiliennes. L'analyse des entrevues se restreint donc aux interviewés québécois et brésiliens. Pour cette raison, l'accent est mis sur le magazine Québec Science et les magazines brésiliens Ciência Hoje, Superinteressante et Globo Ciência

---

1. Lewenstein, 1987, cité par Schiele, 1994, p. 162.

2. Idem

3. Idem

### 1.3.1. Les magazines au Québec

Schiele observe que plusieurs des publications lues au Canada proviennent des États-Unis. Parmi les magazines canadiens portant sur la science, il considère Equinox, Canadian Geographic et Québec Science comme les plus importants parmi les magazines de culture scientifique. Il faut noter que plusieurs de ces magazines de culture scientifique se trouvant dans le marché québécois sont d'origine française, comme La Recherche et Science et Vie, entre autres. Les magazines La Recherche et Science et Vie font objet de l'analyse discursive. Le magazine Québec Science est la publication francophone la plus importante parmi les publications consacrées à la science dans le marché québécois. Dans l'étude, nous mettons l'accent sur Québec Science.

#### 1.3.1.1. Québec Science

Fondé en 1969 par Les Presses de l'Université du Québec, le magazine fut vendu en 1992 au Cégep de Jonquière, après une période de déficits successifs survenus à partir des années 80. Québec Science appartient aujourd'hui à une société à but non lucratif créée par le Cégep de Jonquière. Le magazine est publié dix fois par année, c'est à dire tous les 40 jours, et reçoit l'aide financière des ministères québécois de l'industrie, du commerce, de la science et de la technologie, ainsi que du gouvernement fédéral. La revue est membre de The Audit Bureau of Circulations (ABC) et de Canadian Magazine Publishers Association (CMPA). En juin 1996, 15 971 exemplaires furent vendus : 11 239 aux abonnés et 4 732 dans les kiosques (Canadian Advertising Rates & Data, novembre 1996). Le prix de l'abonnement est de 22,95 dollars et chaque exemplaire coûte 3,95 dollars.

Le directeur général du magazine, Michel Gauquelin, résume le profil de Québec Science : « Un magazine horizontal, d'intérêt général et destiné à un public de scolarité moyenne ou élevée ». Selon lui, Québec Science est conçu comme un magazine d'actualité, et non pas comme une publication scientifique. Gauquelin raconte que le magazine a traversé des moments difficiles surtout au début des années 80. Une première complication, selon lui, a été liée à la crise économique au Québec à cette époque-là. Après une période de reprise économique, durant la moitié des années 80 et jusqu'au début des années 90 débute une période de croissance. Un nouveau défi pour le magazine : la concurrence encore plus féroce, car cette période de croissance a été favorable à la création de divers magazines et à l'importation d'importants magazines étrangers. Il rappelle que 1980 a été l'année record pour le nombre d'abonnés ( le magazine avait à ce moment-là environ 16 000 abonnés). En 1992, Québec Science voyait ce nombre descendre en dessous des 9 000 abonnés. Cette année-là, le magazine a changé de propriétaire parce que Les presses de l'Université du Québec n'étaient plus en mesure de supporter les pertes financières. Le magazine passait alors sous le contrôle du Cégep de Jonquière. Le groupe a créé la revue Québec Science, une société à but non lucratif, relançant ainsi le magazine.

La période de récession économique conduit à une réduction des dépenses, ce qui implique, par conséquent, une perte au niveau de la qualité. Les abonnés quittent donc Québec Science, ce qui devient encore plus dramatique avec la compétition des nouveaux magazines. Après le changement de propriété, la stratégie du magazine a changé : au lieu de réduire les dépenses, ce qui avait été la solution des quatre années précédentes, la nouvelle gestion a réinvesti dans la qualité. En automne 1996, Québec Science a publié pour la première fois « Le guide Internet », numéro hors série du magazine. Vendu à 4,95 dollars, le guide (qui doit être publié à chaque saison) représente une des activités parallèles qui soutient

le magazine. De plus, la revue vend aussi des droits de reproduction, de traduction et d'adaptation à d'autres magazines étrangers, ce qui constitue un autre moyen d'augmenter les recettes.

On peut diviser les sujets présentés par le magazine en trois axes : les actualités, les chroniques et les reportages proprement dits. La première partie, les actualités, propose en général deux sections fixes, « nouvelles brèves » et « chronique Internet », ainsi qu'environ quatre reportages, dont deux sont souvent régionaux. La deuxième partie comprend les chroniques comportant les sections suivantes : « Dimension cachée », sur la science dans la vie quotidienne, « Science et culture », à propos de la muséologie et du calendrier des expositions scientifiques, « Innovations technologiques », sur les recherches québécoises en vedette, « Des chiffres et des jeux », traitant de mathématique et de divertissement, « Livres / CD ROM », des critiques et des conseils sur les publications en papier et en CD ROM, et « Entrevue », donnant la parole à un chercheur.

La troisième partie du magazine comprend en général cinq ou six reportages ou articles de plus longue haleine. Ces reportages sont toujours présents, sauf dans les éditions spéciales comme l'édition d'été, comportant le « Guide de vacances », des sites et des activités à caractère scientifique au Québec destinés au grand public, ou comme le dossier dans l'édition de février 1996, qui a présenté les « Dix découvertes de l'année ». Les sujets des reportages varient selon le rapport qu'ils peuvent avoir dans l'actualité. La place accordée aux questions régionales influence aussi le choix du thème des reportages selon les questions suscitées par des événements de l'actualité. Il y a également des reportages thématiques, des reportages sur des dates importantes et sur des scientifiques célèbres ainsi que des reportages descriptifs sur des sujets divers, du type « comment fonctionne ». Par exemple, un reportage apprend aux lecteurs comment un avion atterrit ou un autre qui explique comment la grenouille des bois peut résister au froid.

Le magazine traite donc des domaines scientifiques les plus divers, y compris les sciences humaines (soit l'anthropologie, la psychologie, la sociologie, etc.), les sciences biologiques (soit la médecine, la

génétique, la botanique, etc.), la physique, les mathématiques, la chimie, l'astronomie et les technologies appliquées, comme l'informatique, la nutrition, etc. Québec Science propose aussi des biographies sur des vedettes et des célébrités du milieu scientifique, informant également sur des événements scientifiques (colloques, congrès, etc.) importants pour la communauté québécoise.

Toutefois, les reportages de Québec Science mettent l'accent sur l'actualité et sur les sujets d'importance régionale. En fait, le souci d'établir des liens entre les sujets abordés et les questions reliées au Québec ou, dans certains cas, au Canada est manifeste. Certains reportages suscitent un intérêt spécifiquement québécois, comme le reportage d'avril 1995 sur une nouvelle méthode de vérification de la pureté des produits de l'érable développée au Québec ou celui de septembre 1995 sur les algues comestibles de l'estuaire du Saint-Laurent. D'autres reportages proposent des thèmes plus reliés au contexte canadien, comme le reportage de septembre 1996 sur la possibilité d'utiliser des réacteurs nucléaires canadiens pour incinérer le plutonium des ogives russes et américaines abandonnées en territoire canadien depuis la guerre froide.

L'identité de Québec Science réside dans l'objectif du magazine de garder en vue la régionalisation, l'actualité et l'interdisciplinarité ainsi que dans la capacité d'attirer l'attention ou la curiosité du public. Les sujets proposés peuvent porter autant sur des faits divers, que sur des polémiques apparaissant dans la rubrique de police, ou encore sur la réaction d'Hydro-Québec face à l'ouverture probable de l'énergie sur le marché américain (édition de septembre 1995).

Québec Science, comme d'autres revues, essaie actuellement de diminuer la taille des reportages et utiliser les images comme moyen d'information. L'espace alloué aux textes est toujours supérieur à celui alloué aux images, mais les reportages ne comportent habituellement pas plus de trois pages. Néanmoins, l'utilisation des images informatives (telles les infographies) est assez rare et les exemplaires les plus

récents en font usage d'une façon encore timide. Ce problème semble être dû plutôt aux restrictions financières auxquelles fait face le magazine plutôt qu'à une décision éditoriale concernant le style graphique : offrir de bonnes images nécessiterait un investissement considérable en ressources humaines et matérielles.

Selon Michel Gauquelin, le rédacteur en chef de Québec Science, le lecteur typique du magazine a au moins une scolarité collégiale (généralement, il s'agit de professionnels, d'étudiants de niveau universitaire ou de techniciens). La plupart des lecteurs ont entre vingt quatre et quarante cinq ans et ils ont les moyens d'acheter le magazine régulièrement, ce qui est une priorité pour préserver la santé financière du magazine. Toutefois, les étudiants âgés de seize à vingt quatre ans sont aussi ciblés. Le lecteur cible de Québec Science habite en milieu urbain ou dans de petites métropoles régionales où la distribution est plus facile.

### **1.3.2. Magazines au Brésil**

En Amérique Latine, les principales publications de ce genre sont, dans la plupart des cas, des versions en espagnol des magazines reconnus en Amérique du Nord et en Europe, comme le magazine espagnol Muy Interesante, qui a ses éditions mexicaine et chilienne et qui est associé au groupe Gruner & Jahr. Au Brésil, le groupe s'est associé à la maison d'édition Abril pour créer Superinteressante.

Pour ce qui est des magazines brésiliens, nous avons retenu les trois principales publications, soit Ciência Hoje, Superinteressante et Globo Ciência. Ce sont les magazines scientifiques les plus lus et ayant les plus grands tirages parmi les publications de ce genre.

### **1.3.2.1. Ciência Hoje**

Ciência Hoje est une publication mensuelle éditée par la Société Brésilienne pour le Progrès de la Science (SBPC), un organisme de soutien à la recherche. Le magazine a été créé en 1982 par la SBPC, ayant pour objectif de divulguer et d'expliquer le travail en milieu scientifique au Brésil. Malgré sa tradition en tant que porte parole du milieu scientifique, le magazine a progressivement acquis un caractère plus journalistique. Aujourd'hui, la participation des journalistes est de plus en plus intense, mais le magazine continue de démontrer un souci de rigueur et d'approfondir les sujets les plus remarquables de la production brésilienne en science et en technologie. Très reconnu dans le milieu académique, le magazine passe, en ce moment, par une série de transformations pour devenir encore plus journalistique et populaire. Cependant, la publication maintient la tradition de faire toujours réviser ses textes par des spécialistes. Le public de ce magazine se trouve surtout dans le milieu universitaire.

Dans l'Annuaire brésilien des médias, le magazine est classé parmi les publications de « culture, connaissance et éducation ». Sa circulation moyenne par mois fut de 30 000 exemplaires, pendant l'année 1997 (Annuaire brésilien des médias, 1998) . Les données sur ce tirage sont publiées sous les auspices de l'Institut de vérification de la circulation (IVC), organe officiel responsable du contrôle des données sur la circulation des magazines brésiliens. L'éditrice exécutive Alicia Ivanssevich rappelle que le tirage du magazine a déjà atteint 70 000 exemplaires par mois, il y a dix ans. La perte du prestige politique de la SBPC, à partir des années 80, est une des raisons de ce déclin. Toutefois, la raison la plus importante est la manque de ressources financières. Ivanssevich remarque qu'il est difficile de trouver des annonceurs et d'être compétitif dans le marché. Le magazine coûte cher : 7 reais (environ 8,18 dollars canadiens, chaque exemplaire). Actuellement, 30 % des recettes du magazine proviennent du gouvernement brésilien.



### **1.3.2.2. Superinteressante**

Paru pour la première fois en septembre 1987, le magazine Superinteressante fut la deuxième tentative de la maison d'éditions Abril pour s'établir sur le marché des publications spécialisées en sciences. La publication antérieure n'avait pas intéressé les investisseurs et les publicités se faisaient plutôt rares. De 1981 à 1984, le tirage moyen de ce premier magazine (qui s'appellait Ciência Ilustrada) était de 40 000 exemplaires, ce qui était très peu par rapport aux tirages des magazines de la plus grande maison d'édition de magazines du pays. Parmi les titres en circulation au Brésil, 60 % appartiennent aux Éditions Abril (Meio & Mensagem, 18 septembre 1995, dans Carvalho, 1996). Aujourd'hui, Superinteressante est devenu la cinquième publication la plus vendue des Éditions Abril et le magazine de culture scientifique le plus lu au Brésil, exploitant la soif de culture générale des brésiliens qui n'ont pas de formation universitaire complète. Avec un format convivial, où les images occupent plus d'espace que les textes, le magazine joue sur la curiosité de son lectorat prenant soin d'expliquer correctement les informations scientifiques. À peine la moitié du public de Superinteressante a une formation universitaire, selon la dernière enquête menée en 1994. Le lectorat est composé fondamentalement de jeunes entre quinze et vingt neuf ans.

Magazine mensuel « d'intérêt général et actualités » selon la classification de l'Annuaire brésilien des médias, Superinteressante se distingue par la variété des sujets abordés. Les sujets se regroupent en six axes principaux : sciences physiques et biologiques, sciences sociales, mysticisme, actualités, variétés (sports, musique, etc.) et thèmes nationaux. Le magazine est affilié à l'Institut de vérification de la circulation (IVC) et sa circulation moyenne est de 394 000 en 1997 (Annuaire brésilien des médias, 1998), dont 20 % est distribué dans les kiosques et 80 % est distribué aux abonnés. Chaque exemplaire de Superinteressante coûte 4,60 reais (environ 5,37 dollars canadiens).

### **1.3.2.3. Globo Ciência**

Ce magazine mensuel appartient à la plus puissante chaîne de communications du Brésil et est publié par la maison d'édition Globo. Globo Ciência est apparu pour la première fois dans les kiosques en août 1991. Le projet fut de privilégier les sujets nationaux tout en mettant l'accent sur l'actualité. Ciência Hoje et Superinteressante étaient les deux seuls magazines importants de culture scientifique en circulation, mais il y avait encore un hiatus dans le marché. Quoique ces deux concurrents fussent déjà très bien établis sur le marché avec des publics différents, ils avaient une caractéristique commune : pour eux, l'actualité n'était pas la priorité la plus importante.

L'identité de Globo Ciência s'est définie à travers le souci de couvrir les actualités concernant les sciences et les nouvelles technologies. Même si Superinteressante avait conquis le lectorat du niveau secondaire, tandis que Ciência Hoje était préféré par le public universitaire, le nouveau magazine des éditions Globo fit sa place sur le marché en misant sur les sujets actuels reliés aux recherches développées du Brésil. Un autre aspect qui distingue Globo Ciência est l'accent mis sur la production nationale dans le milieu scientifique. Tandis que Superinteressante et Ciência Hoje traitent des événements scientifiques en général, Globo Ciência se consacre aux événements scientifiques qui ont lieu au Brésil ou à ceux qui ont une répercussion importante dans ce pays.

Le magazine est classé par l'Annuaire brésilien des médias parmi les magazines « d'intérêt général et d'actualités ». Sa circulation moyenne était de 159 000 exemplaires par mois, en 1997, dont 16 % étaient distribués dans les kiosques et 84 % étaient distribués aux abonnés. Les données sur la circulation sont publiées par l'Institut de vérification de la circulation (ICV), au Brésil. Chaque exemplaire de Globo Ciência coûte 4,90 reais (environ 5,72 dollars canadiens).

#### 1.4. La brebis Dolly et les magazines de culture scientifique

Le 27 février 1997, la revue anglaise Nature a publié un article de cinq scientifiques présentant des résultats d'une expérience de clonage à partir d'une méthode inédite jusqu'à alors. Les scientifiques de l'Institut Roslin, en Écosse, exposaient les résultats et la méthode qui leur avaient permis de cloner une brebis à partir d'une cellule spécialisée. Cet article fut le point de départ d'une série de reportages publiés par la presse internationale. La nouvelle sur la naissance d'une brebis créée à partir d'une cellule de glande mammaire eu un impact très fort sur toutes sortes de publications journalistiques. Ce sujet est devenu une des plus importantes nouvelles scientifiques de 1997.

Le cas de Dolly n'était pas tout à fait une surprise pour les journalistes plus familiarisés avec le milieu scientifique. Un an avant le fameux article dans Nature, la presse spécialisée s'intéressait déjà aux résultats de clonage effectués à l'Institut Roslin, où les chercheurs clonait des cellules embryonnaires assez développées. Les journalistes ont eu l'information sur Dolly un peu avant la publication de l'article de Wilmut dans Nature, le 27 février. Une semaine avant, le résumé de l'article était déjà disponible sur l'Internet. Quoique ce résumé ne fût pas un matériel suffisamment complet pour que les journalistes puissent écrire un reportage, l'information leur permettait de s'informer sur le sujet. Le 23 février 1997, quatre jours avant la publication de l'article dans Nature, le journal The New York Times annonça la nouvelle.

Le clonage en soi n'était pas tout à fait une nouveauté. Depuis longtemps la pratique du clonage est notoire dans les domaines de la médecine, de l'industrie pharmaceutique et de l'élevage des animaux. Cependant, le type de clonage annoncé par les chercheurs de l'Institut Roslin était une nouveauté. Au lieu d'utiliser une cellule embryonnaire, comme d'habitude, les chercheurs ont utilisé une cellule spécialisée d'un individu adulte pour créer leur clone. Cela constituait un défi important, car la cellule

clonée viendrait de la glande mammaire d'une brebis femelle. Le clone de la brebis a alors reçu le nom de Dolly, un hommage bien humoristique à Dolly Parton, la chanteuse *country* états-unienne reconnue par le volume de sa poitrine.

La brebis Dolly est devenue une vraie révolution scientifique, car elle aurait été créée sans reproduction sexuelle, donc, sans le besoin de gamètes masculins. Dans l'expérience de clonage, les chercheurs de l'Institut Roslin utilisèrent trois brebis : une qui fournit des cellules de glande mammaire, une autre qui fournit l'ovule à être fécondé et la troisième qui est la mère porteuse du clone. Pour rendre cela évident, ils ont choisi une mère porteuse de la race *Scottish Blackface*, une brebis à la face noire, tandis que les cellules clonées venaient de la glande mammaire d'une brebis de la race *Finn Dorset*, à la face blanche.

Dolly est un produit de la société PPL Therapeutics, qui possède les droits de la technique de clonage mise au point par l'Institut Roslin d'Edimbourg, où la brebis est née. La technique consiste à interrompre le cycle normal d'un ensemble de cellules de glande mammaire mises en éprouvette. L'interruption du développement des cellules vise à empêcher qu'elles se spécialisent. Lorsqu'une cellule se spécialise, certains gènes sont condamnés à ne plus fonctionner, tandis que d'autres vont déterminer la fonction de la cellule. Pour arrêter ce processus, les chercheurs de l'Institut Roslin ont modifié la nourriture des cellules qui devaient être clonées en réduisant leurs éléments nourriciers jusqu'à ce que ces cellules tombent dans une espèce d'hibernation. À ce point, les cellules sont prêtes à être clonées, car tous les gènes, dans chacun des noyaux, sont capables de s'exprimer. Les noyaux des cellules en hibernation sont alors prêts à se comporter comme des embryons. Les noyaux de cellules de glande mammaire sont ensuite transplantés dans des ovules sans noyaux et, par l'entremise d'une série d'impulsions électriques, chaque noyau est fusionné au cytoplasme de son ovule receveur.

Les chercheurs de l'Institut Roslin ont contrarié ainsi une loi de la biologie, selon laquelle les changements du patrimoine génétique dans une cellule spécialisée sont irréversibles. Leur technique montre qu'il serait possible de récupérer le patrimoine génétique original d'une cellule somatique. D'ailleurs, cette technique éliminerait le besoin de la reproduction sexuelle pour créer un nouvel individu. La réaction des médias a été enthousiaste: pendant les semaines qui ont suivi la publication de l'article dans Nature, la nouvelle a occupé les manchettes des principaux journaux, magazines, émissions de radiodiffusion. Les médias ont traité Dolly comme une révolution, comparable à l'explosion de la première bombe atomique, à la première transplantation de cœur et à la naissance du premier bébé conçu dans une éprouvette.

La presse jouait également avec l'imaginaire de l'opinion publique. La brebis, symbole chrétien qui représente la rédemption des hommes, représentait maintenant la possibilité du clonage des êtres humains. L'hebdomadaire allemand Der Spiegel a exhibé trois personnalités allemandes clonées en série, dans l'illustration de la page couverture: Claudia Schiffer, Albert Einstein et Adolph Hitler. L'illustration encourageait l'idée erronée selon laquelle un être humain pourrait être reproduit à l'identique<sup>1</sup>. Les magazines ayant une approche scientifique démentissent ce type d'idée, cherchant plutôt à expliquer les aspects techniques du clonage. Ils exploitent tout de même certains aspects de l'imaginaire populaire autour du cas de Dolly. Les spéculations sur le clonage des humains méritent, par exemple, une attention spéciale. Certes, l'expérience a suscité plusieurs débats à propos de l'éthique dans les nouvelles technologies du clonage.

Certaines tendances se généralisent dans les articles sur Dolly. D'abord, tous les articles soulignent l'impact de l'expérience dans les médias. Les magazines se soucient aussi de décrire le profil

---

1. Le clonage ne peut pas reproduire un individu à l'identique, car d'autres variables externes influencent la formation d'un individu. Pour cette raison, même les vrais jumeaux (considérés comme des clones, puisqu'ils ont le même patrimoine génétique) ne sont pas des individus identiques.

de l'embryologiste Ian Wilmut, chef de l'équipe de l'Institut Roslin. Suivant cette tendance à la personnification, même la brebis Dolly est traitée comme un personnage dans les articles. Presque tous les articles exhibent également des illustrations de la gracieuse brebis à la face blanche, symbole religieux devenu aussi symbole d'une nouvelle ère où le clonage des humains devient de plus en plus possible.

Les magazines présentent aussi des variantes importantes lors des explications à propos du clonage. L'article de Superinteressante, par exemple, omet le fait que c'est grâce à une série d'impulsions électriques que le noyau est fusionné à l'ovule non fécondé <sup>1</sup>. L'article de La Recherche précise davantage certaines explications, comme celle sur l'activation des ovocytes, soit les œufs avant la fécondation, appelés aussi ovules, de façon plus générique. L'article décrit le processus d'extraction des noyaux des ovocytes, nommant les différentes phases du processus de leur cycle cellulaire, comme la métaphase II et la méiose. Les autres magazines informent tout simplement que l'ovule receveur a été énucléé.

À partir de ces différentes approches, nous observons le profil de chacune des publications étudiées. La simplicité de Superinteressante apparaît lorsque le journaliste opte pour la suppression de certaines informations. La précision de La Recherche est observée dans l'usage de termes très spécifiques et dans les explications minutieuses. Le souci de privilégier le contexte national est observé dans Globo Ciência, lorsque le magazine aborde le cas de Dolly tout en mettant l'accent sur les recherches brésiliennes dans le domaine du clonage. Le même souci est observé dans Québec Science, dont l'article cherche à établir des liens entre le clonage en Écosse et les expériences développées au Québec, exploitant l'intérêt régional que suscite le sujet. L'article donne la parole à

---

1. Plus tard (voir chapitre 5) nous verrons que l'option du journaliste se doit à la conception qu'il a de son lectorat : il pensait que l'information sur la décharge électrique pourrait confondre le lecteur.

Lawrence Smith, un chercheur québécois de l'Université de Montréal qui a fait ses études de doctorat sous la supervision Ian Wilmut, le chef de l'équipe qui a créé Dolly, à l'Institut Roslin. Les caractéristiques des magazines faisant partie de cette étude sont examinées plus en détail par le biais de l'analyse discursive des articles sur le cas de Dolly et ensuite à travers l'analyse des entrevues avec des journalistes spécialisés en sciences.

## Chapitre 2 : Cadre théorique

Ce chapitre est divisé en cinq parties exposant les principaux concepts autour de la discussion sur le journalisme spécialisé en sciences. L'organisation est dictée par le trajet qui va des concepts de base les plus abstraits jusqu'aux notions plus directement concernées par le sujet du mémoire. Les concepts d'information et de communication sont expliqués dans la première subdivision de ce chapitre théorique. Par le biais de ces concepts, il est possible de mieux reconnaître les stratégies adoptées pour rendre une information scientifique accessible au public général. Ces deux concepts sont des outils importants pour la compréhension de la vulgarisation dans les textes journalistiques.

Dans la deuxième subdivision du chapitre théorique, les concepts liés à celui de la vulgarisation sont présentés. Cette partie de l'étude présente et conceptualise les modalités de reformulation. Par l'entremise de ces concepts, il est également possible de mieux comprendre l'analyse de certaines démarches de vulgarisation, expliquées dans le chapitre méthodologique et dans la présentation des résultats. La troisième subdivision de ce chapitre théorique introduit le sujet du mémoire de façon plus spécifique. Dans cette troisième subdivision, le texte journalistique est d'abord défini par opposition au discours scientifique<sup>1</sup>, à partir d'une série de facteurs de différenciation des approches entre le journalisme et la science. La quatrième subdivision traite plus précisément du texte journalistique et de la vulgarisation dans le journalisme. Cette partie montre plus en détail les caractéristiques du texte du journalisme, surtout dans l'activité de vulgarisation. La cinquième subdivision montre la façon dont le

---

1. « Par discours scientifique on entend communication de spécialiste destinée à d'autres spécialistes. Il utilise une "langue" particulière, de terminologie. [...] Le cas type de discours scientifique correspond à un article publié dans une revue scientifique (diffusée spécifiquement dans la communauté des pairs et lue uniquement par des spécialistes de la même discipline) » (Jacobi, 1986, p. 15).



texte journalistique aborde l'information scientifique dans les magazines de culture scientifique. Cela correspond à la problématique du mémoire, qui se concentre sur les spécificités des magazines mensuels dits de culture scientifique. L'hypothèse sur laquelle s'appuie cette recherche postule que, dans les magazines de culture scientifique, les journalistes utilisent des images qui situent les informations scientifiques dans l'univers culturel du lectorat. Dans ces magazines, les journalistes expliquent les informations scientifiques sans toutefois utiliser un langage scientifique.

L'exposition des concepts dans ce premier chapitre vise à la compréhension théorique du journalisme spécialisé en sciences, soit le journalisme qui se consacre à informer le public général et à interpréter les événements actuels à partir de leur aspect scientifique. Les concepts présentés en ce premier chapitre constituent la base théorique sur laquelle se fondent les méthodes utilisées dans l'analyse de six articles abordant le cas de Dolly.

## **2.1. Information et communication**

Lorsqu'il écrit un reportage, le journaliste informe : il transmet un contenu tout en l'adaptant au format d'un article journalistique. Lorsqu'un scientifique écrit un article pour ses pairs, il est aussi en train d'informer, car il doit ajuster les données à communiquer aux standards et aux paramètres propres aux revues scientifiques. Informer signifie donc adapter un contenu en vue de le transmettre au récepteur du message. L'adaptation d'un contenu à un certain format rend possible que le récepteur du message puisse le reconnaître et le comprendre. Nous postulons que le journalisme, en plus d'une adaptation du contenu à une forme spécifique, vise aussi la communication, au-delà de l'information. Le concept de communication correspond non seulement à une mise en forme, mais aussi à une mise en relation avec le

récepteur du message. Les concepts d'information et de communication sont utilisés ici dans le but de préciser quelques caractéristiques propres au discours journalistique par opposition au discours scientifique.

Rogers et Kincaid (1981) considèrent qu'informer signifie d'abord mettre en forme, c'est-à-dire ajuster un contenu à un contexte. Ils partent de l'étymologie du mot d'origine latine :

« It is, of course, no accident that the word *inform* is composed of *form* plus the prefix *in*. The Latin word, *forma*, means contour, figure, shape, model, or pattern. Form is the shape or structure of something, as distinguished from the material which it is composed. Form is the arrangement of matter and energy. Although form can be distinguished from physical substance, it is made possible by the arrangement of that substance. Substance literally stands under form at a lower level of abstraction. Substance underlies form, the outward manifestation of change » (Rogers et Kincaid, 1981, p. 48)

La notion d'information selon la perspective de la mise en forme traduit l'acte des journalistes d'adapter certains contenus à la forme du texte journalistique, selon les techniques propres au journalisme.

Pour ce qui est de la communication, Schefflen (1963, p. 157) la définit comme une mise en rapport : « La communication peut [...] être définie comme le système de comportement intégré qui calibre, régularise, entretient et, par là, rend possibles les relations entre les hommes ». Lorsqu'on parle de journalisme, il faut songer au concept de communication, qui comprend la notion d'information mais qui ne se limite pas seulement à la structuration du contenu. La notion de communication inclut obligatoirement la notion d'information et, pour aller encore plus loin, une mise en relation avec celui

---

Notre traduction : Ce n'est pas par hasard que le mot informer est composé par *form* plus le préfixe *in*. Le mot latin *forma* veut dire contour, figure, forme, modèle ou étalon. La forme est le format ou la structure de quelque chose, distincte du matériel qui la compose. La forme c'est l'agencement de la matière et de l'énergie. Bien qu'elle puisse être distinguée de la substance physique, la forme existe grâce à l'agencement de cette substance. La substance demeure littéralement en-deçà de la forme, à un niveau d'abstraction plus bas. La forme présuppose la substance, elle est la manifestation extérieure du changement.

à qui on adresse le message. La relation avec le public est établie à partir de l'objectif par excellence du journaliste : informer et fournir les moyens pour la formation d'opinion de son public. Ainsi, la distinction fondamentale entre les concepts d'information et de communication présentés ici réside dans le fait que l'information correspond à la transmission d'un message, laissant une plus grande marge d'interprétation au lecteur. La notion de communication adoptée ici correspond à une mise en relation plus apparente entre l'émetteur et le récepteur. Dans le texte journalistique, l'opinion s'avère plus évidente face à un texte scientifique. Le journaliste non seulement transmet des informations, mais il les interprète aussi, en vue d'inciter le lecteur à avoir une opinion à propos des contenus présentés.

Comme le dit Varga (1989), chaque texte peut avoir des éléments qui informent et qui communiquent :

« On ne peut communiquer sans informer, on ne peut pas entrer en contact avec un autre sans lui adresser un message, sans le biais d'un élément tiers. Aussi peut-on distinguer dans tout texte des éléments qui relèvent de l'information et ceux qui relèvent de la communication » (p.15).

Selon cet auteur, les articles encyclopédiques sont des exemples de textes axés sur l'information : les contenus sont disposés sans qu'aucun ordre prioritaire ne leur soit attribuée. La nomination et la description propres des articles encyclopédiques indiquent qu'il s'agit d'un texte dont la structure ne donne pas nécessairement priorité aux informations en fonction de l'attention qu'elles peuvent susciter chez le public :

Grâce à ses lointaines 'origines' de nomination, l'information la plus directe et la plus dense est une information non organisée [...]. À l'état pur, les descriptions gardent ce caractère non organisé [...] » (Varga, 1989, p.15).

Différemment des articles des encyclopédies, les articles journalistiques présentent les informations selon un ordre dicté par l'importance qu'ils ont au regard du lecteur. Cela révèle déjà un caractère subjectif qui est plus apparent dans l'article journalistique. En plus de transmettre les informations au lecteur le journaliste cherche à les interpréter et les commenter. Le journaliste établit ainsi une relation avec le lecteur, tout en situant les informations dans un contexte actuel et en explicitant certaines opinions dans son texte. Dans les textes scientifiques, l'opinion est plutôt implicite, donnant l'impression qu'il est plus objectif, donc, plus axé sur l'information.

Le journaliste Claude Morlon (dans Fantini, 1983, p. 21) signalait, au nom du magazine Sciences et Avenir : «Notre objectif n'est pas de faire une encyclopédie [...]. Nous voulons une publication vivante [...]». Le guide de rédaction de la maison d'édition brésilienne Abril (1990) résume les principes qui orientent les politiques de ses magazines: l'intérêt des lecteurs et la diffusion de l'information, de la culture et du divertissement. Plus qu'informer, le journalisme a donc pour but d'établir des contacts, donc de communiquer. Gaillard (1980, p. 84) ajoute que le travail du journaliste « [...] se fait dans le souci d'assurer une bonne communication ». Pour cela faire, il lui faut « rendre un message intelligible au plus grand nombre, et d'utiliser au mieux les moyens techniques dont on dispose » (p. 84). Bref, pour bien communiquer, il faut d'abord bien informer.

Sormany (1990) considère que le texte journalistique ne se restreint pas à l'activité d'informer. Il observe que, au-delà de l'information scientifique, le public peut aussi être attiré par le spectacle, le divertissement, bref des éléments extérieurs à l'information proprement dite, dans un article. L'auteur identifie quelques mandats propres à la nouvelle relative à la science et ajoute que, en plus de l'information scientifique, le lecteur trouve, dans les textes journalistiques, « l'information voyage », « l'information loisir », « l'information culture » ( Sormany, 1990, p. 312). « L'événement n'est alors

qu'un prétexte. Le contenu du texte, c'est la vision du monde qui dessine la science. [...] C'est dans ce contexte que chaque nouvelle donnée doit être comprise. N'est ce pas le rôle du journaliste de faire voir la signification de faits banals en apparence ? » (Sormany, 1990, p. 318). L'objectif d'un article journalistique n'est donc pas seulement d'informer, comme le font les encyclopédies, mais aussi de donner au public des moyens pour qu'il puisse se former une opinion sur les contenus que lui sont transmis. En plus d'informer, le journaliste ajoute sa vision de l'événement qui est présenté. Le texte journalistique vise à communiquer avec le lecteur.

## **2.2. Vulgarisation : reformulation du texte scientifique**

Dans le dictionnaire *Le Petit Robert*, la vulgarisation scientifique est définie comme « le fait d'adapter un ensemble de connaissances techniques, scientifiques, de manière à les rendre accessibles à un lecteur non spécialiste ». La définition de Lionnais (cité par Roqueplo, 1974, p. 20), est assez proche : « explication et diffusion des connaissances, de la culture et de la pensée scientifique et technique ». L'activité de vulgarisation scientifique consiste alors en une adaptation de tout discours spécialisé pour un public non spécialisé. Jacobi (1986, p. 15) résume cette idée en disant : « Est considérée comme vulgarisée toute pratique discursive qui propose une reformulation du discours scientifique ». Le texte scientifique est ainsi formulé à nouveau, de façon plus claire. La reformulation comprend une série de démarches, parmi lesquelles Jacobi met l'accent sur les substitutions du type synonymique et du type analogique.

La synonymie est une des caractéristiques les plus typiques du discours vulgarisé. Les substitutions synonymiques établissent une correspondance très proche entre le terme scientifique

original et le terme qui le remplace. Certes, les synonymes parfaits n'existent qu'abstraitement, hors usage, mais le but des équivalences synonymiques est de reformuler le texte scientifique avec le plus d'exactitude possible, tout en respectant le sens original et la rigueur scientifique. Jacobi donne quelques exemples de substitutions synonymiques : la baisse de concentration sanguine (au lieu de « glucopénie »), le ver à soie (au lieu de « *Bombyx mori* »), l'absence de soif (au lieu de « adipsie »).

Déjà, les substitutions analogiques établissent des associations à partir de l'imagination, privilégiant les ressemblances, sans, toutefois, un souci d'exactitude ou de précision. Les substitutions analogiques comprennent, selon la notion de reformulation de Jacobi, deux figures de langage : les métaphores et les comparaisons. La différence fondamentale entre ces deux figures est dans le degré d'explicitation d'une mise en parallèle entre deux sens qui se ressemblent mais qui sont différents dans leur usage habituel. La comparaison établit un rapport entre deux sens de façon explicite, utilisant les mots « comme », « tel », etc. Dans ce cas, on dit qu'une enzyme se comporte « comme » un messenger entre deux substances qui s'associent. Déjà la métaphore n'explique pas la mise en rapport entre deux sens. Dans ce cas, une enzyme est un messenger entre deux substances qui réagissent chimiquement. La métaphore consiste à employer un terme concret (messager) dans un contexte différent (la réaction biochimique) sans toutefois expliciter cette substitution analogique. Dans la métaphore, le rapport entre les deux sens n'est que suggéré. Jacobi (1988, p. 103) nous en donne un exemple : « Rappelons que le réticulum endoplasmique est un énorme sac aplati ayant de nombreuses circonvolutions qui peut occuper jusqu'à 10 % du volume intercellulaire »

Jacobi observe que les reformulations sont souvent établies à l'aide de signes diacritiques comme la parenthèse et les guillemets. Il observe également que « [...] le répertoire des procédés de reformulation s'enrichit notablement par les ressources de ce que Jakobson (1963) a appelé fonction

métalinguistique » (Jacobi, 1988, p. 102). Cette fonction métalinguistique mentionnée par Jacobi correspond à l'acte d'indiquer, dans l'usage d'un langage, la façon de décoder, de comprendre ce langage. Ainsi, les articulations comme « ainsi nommé », « c'est-à-dire », « dit », « ainsi appelé » ont une fonction métalinguistique, puisqu'elles réunissent explicitement le terme scientifique et l'expression qui le remplace. Le métalangage « [...] exhibe et souligne la reformulation », dit Jacobi (1988, p. 103). Ces caractéristiques du texte de vulgarisation sont parfois interprétées comme « des tentatives de définition, modalité plus en accord avec une intention didactique » (1988, p. 103).

Comme le note Jacobi, l'information scientifique reçue par le public non spécialiste n'est pas nécessairement perçue à partir d'une approche scientifique. « C'est ce que Roqueplo a appelé l'effet vitrine : le savoir est proche mais mis hors de portée. Loin de favoriser la diffusion des connaissances la vulgarisation scientifique mystifie le public et statufie la science » (1986, p. 74). En fait, lorsque le vulgarisateur crée un texte destiné au public non spécialisé, il définit les limites d'accès à certaines connaissances. Seulement celles qui peuvent être rendues compréhensibles deviendront accessibles. Le vulgarisateur instaure ainsi une barrière entre la science et le public non spécialisé lorsqu'il établit une séparation entre le discours scientifique et le discours de la vulgarisation.

Roqueplo (1974, p. 31) considère que les vulgarisateurs sont « séparés de leur public par les brumes de l'ignorance [...] ». Le fait de vulgariser nécessite une coupure entre le discours spécialisé et le discours non spécialisé ou, comme le dit Mortureux (1978, p. 616), entre « le discours des savants » et « le discours des mondains ». De cette façon, le scientifique vulgarisateur ne peut que très rarement et avec certaines restrictions s'adresser en même temps à ses pairs et à un public non spécialisé. Il s'établit donc une dichotomie entre le scientifique et le public en général.

### 2.3. Le texte journalistique et le texte scientifique

Lorsqu'il effectue un reportage, le journaliste doit ajuster les contenus à communiquer avec une certaine façon de les présenter. D'abord, il faut comprendre le texte journalistique comme un ensemble de techniques marquées par une façon particulière de percevoir et de présenter les événements. Pour expliquer plus précisément en quoi consiste le texte journalistique et ses techniques, nous le définirons tout en le comparant au texte scientifique.

Meditsch (1992), journaliste et professeur brésilien, établit une distinction fondamentale entre le texte journalistique, qui a son origine dans le texte littéraire, et le discours scientifique. Cette distinction doit être faite non seulement sur le plan du langage, mais aussi sur le plan de la logique, « uma vez que a lógica é inseparável da linguagem (une fois que la logique ne peut être séparée du langage) » (Meditsch, 1992, p. 55). Selon lui, le journalisme se distingue de la science à partir de la différence entre leurs objectifs et fonctions. Les spécificités propres au journalisme et à la science se révèlent dans des systèmes de langage intrinsèques à chacune des deux façons de présenter la réalité.

« A partir das finalidades e dos usos que tiveram na história, ciência e jornalismo desenvolveram suas lógicas próprias e suas metodologias específicas. [...] O jornalismo, embora não tenha deixado de se especializar, não descartou o generalismo. Pelo contrário, encontra neste generalismo uma de suas principais funções sociais : a de manter a comunicabilidade entre o físico, o advogado, o operário e o filósofo » (Meditsch, 1992, p. 55).

Jacobi (1988) indique que le discours scientifique se caractérise notamment par l'élaboration et l'usage d'un vocabulaire spécialisé. Selon lui, ce vocabulaire spécialisé se distingue du lexique ordinaire par ses propriétés formelles et sémantiques :

---

Notre traduction : Conformément aux objectifs et aux usages qu'ils ont eu dans l'histoire, la science et le journalisme ont développé leurs propres logiques et leurs méthodes spécifiques. [...] Le journalisme, malgré le fait qu'il continue à se spécialiser, n'a pas abandonné sa tendance à la généralité. Au contraire, cette généralité constitue une des principales fonctions sociales du journalisme : celle de maintenir la communication entre le physicien, l'avocat, l'ouvrier et le philosophe.



« [...] Les termes scientifiques sont, dans le cadre d'une théorie déterminée, définis avec une précision qui tend à les doter d'un statut monossémique, et permet de fixer leurs relations avec les autres éléments du même vocabulaire ; les terminologies ainsi constituées [...] tendent à exclure la synonymie ; dans le discours, cela entraîne un fonctionnement normé, prescrivant et excluant telles et telles co-occurrences » (Jacobi, 1988, p.122)

Selon Jacobi (1988), à l'inverse du lexique scientifique, le lexique ordinaire permet la polysémie et la synonymie, autorisant « un jeu extrêmement divers et souple de co-occurrences, de co-références (liées à des glissements sémantiques) » dans le discours (p. 122). En effet, les articles scientifiques tendent à présenter les informations selon leur signification objective, unique, où les termes sont déjà précis. Le journaliste exploite, au contraire, les multiples sens que cette information peut évoquer. Suivant cette idée, Kientz (1970, p. 31) signale que les textes scientifiques se caractérisent « par leur aspect contraignant et impersonnel », en ayant un caractère utilitaire et « [...] en réduisant au maximum tout risque d'interprétation erronée ».

Selon Lage (1987), la distinction faite entre les méthodes scientifiques et le texte journalistique concerne aussi le fait que le journaliste ne travaille pas avec des hypothèses. Le plan d'un reportage ne vient pas d'un système théorique précédent, mais d'une observation non contrôlée de la réalité, contrairement aux observations contrôlées d'une méthodologie scientifique. L'univers des nouvelles est donc celui des apparences du monde.

Lage (1987, p. 25) dit que la nouvelle ne permet la connaissance essentielle des choses (l'objet de l'étude scientifique et de la pratique théorique) que par d'éventuelles applications à des faits concrets. La nouvelle peut ainsi être considérée, du point de vue scientifique, comme un axiome, c'est-à-dire qu'elle s'affirme comme une vérité au préalable: la nouvelle n'argumente pas, elle ne construit pas de syllogismes,

sylogismes, elle ne conclut pas ni ne soutient d'hypothèses. Ce qui n'est pas vrai dans une nouvelle est considéré comme une fraude ou une erreur.

Meditch (1992, p. 31) considère que tandis que la science cherche à établir des lois universelles qui expliquent les rapports entre différents faits, le journalisme, en tant que forme de connaissance, a sa force dans la révélation du fait lui-même. Selon cet auteur, la force du journalisme est dans sa singularité, abordant des aspects forcément méprisés par le mode de connaissance de la science. Ainsi, tandis que la science est une forme de connaissance du monde rationnellement explicable, le journalisme est une forme de connaissance du monde sensible.

Lage (1987, p. 26) dit : « Nao basta ser verdadeiro ; é preciso parecer (il ne suffit pas d'être vraisemblable ; il faut le paraître) ». Autrement dit, le journaliste vise à présenter les faits conformément à la signification qu'ils peuvent acquérir lorsqu'ils sont perçus: il travaille avec la réalité apparente, visible, perçue, tangible. En effet, le journaliste ne vise pas toujours à expliquer les faits. Sa priorité est de montrer un monde sensible.

La particularité du journalisme vient du fait qu'il reproduit les choses à partir de l'angle de la singularité : le plus important est le fait lui-même et non les concepts autour de ce fait. Le texte journalistique présente les événements selon ce qu'ils représentent en eux-mêmes, en dehors des constructions conceptuelles. Le texte journalistique propose un portrait de la réalité construit à partir de la perception sensible de cette réalité. Meditsch (1992, p.31) propose quelques exemples :

« Os professores que têm uma atividade prática no jornalismo, mesmo que nao teorizem sobre o problema, costumam ensinar na escola : ao invés de dizer que o sujeito era muito alto, diga que ele tinha um metro e noventa. Ao invés de dizer que o Presidente da República estava nervoso, diga no seu texto que suas maos tremiam, digam que ele tinha o senho carregado. [...] Quando os professores ensinam a fazer o lead, eles dizem para partir sempre daquilo que é mais peculiar, estranho ou diferente.

Se o sujeito matou outro em frente à delegacia, comecem por aí : Em frente à delegacia... [...] O aspecto central do conhecimento que o Jornalismo deve formular é a singularidade do evento »<sup>1</sup>.

Nous définissons le discours journalistique par opposition au discours scientifique à partir de son aspect formel, tout en mettant l'accent sur le plan lexical et sur le plan stylistique. Lage montre quelques indices expliquant comment s'articule le texte journalistique sur le plan lexical :

« As circunstâncias da relação entre o jornalista e o público – a pragmática dessa relação – determinam restrições específicas no código linguístico. [...] A fundamentação teórica dessa proposição encontra-se na Teoria da Informação, mas ela se confirma em grande número de situações práticas. É o que leva à padronização das vozes de comando e permite a locutores radiofônicos descreverem com incrível rapidez os lances de um jogo. Eles conseguem falar tao depressa e sao entendidos porque utilizam pequeno elenco de palavras e expressoes, eventualmente personalizadas, e sintaxe pobre. [...] O recurso a repertório reduzido [...] possibilita [...] ritmo intenso de produção. Mas essa mesma limitação do código reduz a amplitude de conteúdos a serem comunicados »<sup>2</sup> (1987, p. 22).

---

1. Notre traduction : Les professeurs qui ont une activité pratique dans le journalisme, même sans théoriser sur cette question, ont l'habitude d'apprendre à l'école : "au lieu de dire que la personne était très haute, dites qu'elle avait un mètre et quatre-vingt centimètres " [...]; "au lieu de dire que le Président était nerveux, dites que ses mains tremblaient, qu'il avait le front contracté". [...] Lorsque les professeurs enseignent à ses élèves la façon d'effectuer le « lead », ils leur proposent de considérer d'abord ce qui est plus particulier, bizarre ou différent. Si une personne a tué quelqu'un devant la gendarmerie, commencez à partir de ce point-là: "Devant la gendarmerie...". [...] L'aspect central de la connaissance que le journalisme doit construire est la singularité de l'événement.

2. Notre traduction : Les circonstances du rapport entre le journaliste et le public - la pragmatique de ce rapport - déterminent des restrictions spécifiques dans le code linguistique.[...] Cette proposition s'appuie sur la théorie de l'information, mais elle est confirmée aussi par plusieurs situations pratiques. La standardisation permet, par exemple, que les locuteurs radiophoniques décrivent un match avec une vitesse incroyable. Ils réussissent à parler aussi vite et ils sont compris par le public parce qu'ils utilisent un petit répertoire de mots et expressions, éventuellement personnalisés, et une syntaxe pauvre. [...] Le répertoire réduit [...] rend possible [...] un rythme intense de production. Mais cette limitation du code – en réduisant le nombre des éléments lexicaux ainsi que des éléments opérateurs d'usage courant – réduit, en même temps, l'ampleur des contenus à communiquer.

Selon Bardin (1996, p. 89), le nombre moyen de répétitions d'un mot ou d'une expression dans le texte peut indiquer la richesse (ou la pauvreté) de son vocabulaire. Le répertoire lexical est limité quand ce sont toujours les mêmes mots qui sont utilisés : le vocabulaire est alors considéré pauvre. Dans un reportage sur un sujet scientifique, plusieurs mots ou expressions désignent un même terme. Par contre, nous pouvons observer facilement que l'apport lexical des articles scientifiques est limité, c'est-à-dire que les termes sont plus précis et plus spécifiques. Un article scientifique utilise un groupe limité de mots pour désigner un même terme.

Meditich (1990, p. 17) observe les caractéristiques formelles du texte journalistique à partir des « éléments lexicaux », c'est-à-dire des mots et expressions, et des « éléments opérateurs », c'est-à-dire les règles grammaticales. Selon lui, les éléments opérateurs, qui constituent les règles grammaticales, sont une variable qui détermine la capacité qu'a un texte de communiquer. Cet auteur considère que, dans un texte scientifique, la syntaxe (« éléments opérateurs ») est « pauvre ». Il observe que le répertoire de mots et expressions est réduit et personnalisé, de façon bien spécifique, et en même temps l'emploi des items opérateurs (comme des verbes) est aussi discret.

Les verbes méritent d'ailleurs une attention particulière dans certaines méthodes d'analyse de contenu du discours journalistique. Bardin (1996, p. 88) propose quelques associations entre les situations et les temps suggérés par les verbes. Elle note que les verbes à l'infinitif sont souvent utilisés pour expliquer les résultats d'un phénomène et ses causes, tandis que les verbes employés aux temps passés sont utilisés pour décrire un événement. Le présent d'un verbe employé à l'indicatif est d'habitude utilisé pour décrire ou contextualiser un phénomène. Le futur de l'indicatif prévoit un événement qui aura sûrement lieu. Le futur du mode conditionnel indique les prédictions probables ou

les spéculations autour d'un événement. Le passé du mode conditionnel est plutôt utilisé pour les évaluations concernant un événement.

Bardin (1996, p. 89) mentionne aussi le mode impératif, utilisé lorsqu'on donne des conseils « qui sont en fait des ordres ». Le mode impératif caractérise la personnalisation d'un contact avec le lecteur. L'usage des verbes en mode impératif est très fréquent dans les textes publicitaires et même les journalistes utilisent éventuellement ce recours lorsqu'ils veulent s'assurer de maintenir un contact étroit et efficace avec le lecteur. Veron (1981, p. 37) observe, par exemple, que la distinction entre le discours didactique et le discours journalistique « se fait notamment par le temps des verbes (présent de l'indicatif pour le didactique, passé composé pour la description de l'événement) ». En effet, les reportages ont tendance à décrire les événements et à se concentrer sur l'accompli.

L'aspect stylistique est aussi une variable importante dans la distinction entre le discours scientifique et le texte journalistique, car, de même que l'usage des mots et des règles grammaticales, il exprime la logique qui construit les discours de la science et du journalisme. Souvent, les textes de vulgarisation utilisent des composants de la fiction pour communiquer des contenus scientifiques. « La théorie littéraire permet aussi de mieux préciser la proximité de la vulgarisation et de la mythologie » (Laszlo, 1993, p.45). Dans l'article journalistique, le style littéraire est remarqué au long d'une structure narrative qui n'est toutefois pas toujours fidèle à l'ordre chronologique. Cette structure narrative transparait lorsque le journaliste joue avec l'aspect émotionnel de l'histoire, présentant les événements comme dans un récit, traitant les actants comme des personnages et empruntant des éléments de la fiction pour décrire des faits réels.

Jacobi rappelle que, avant le développement des grands moyens modernes de communication de masse, « la vulgarisation scientifique [...] a constitué tantôt un genre littéraire » (1986, p. 54), comme

le journalisme, d'ailleurs. Le texte journalistique maintient ainsi, certaines des caractéristiques du style littéraire, comme le fait d'utiliser des images de la fiction pour décrire la réalité.

En raison de certaines caractéristiques formelles, le texte journalistique constitue donc un langage distinct du langage scientifique. Défini par opposition au texte scientifique, le texte journalistique représente ce que Jacobi appelle « lexique ordinaire » (1988, p. 122), c'est-à-dire le langage profane, à la portée de tous. Le texte journalistique représente ainsi le discours profane, par opposition au discours scientifique. Ce discours est formulé également à l'aide de certaines caractéristiques du discours littéraire. Ainsi, le journaliste peut être perçu comme « le médiateur qui s'interpose entre le spécialiste et le public à seule fin de rendre possible la communication » (Jacobi, 1986, p. 16).

#### **2.4. Le texte journalistique et la vulgarisation**

Lorsqu'un article journalistique aborde un thème scientifique, il doit comporter des éléments typiques d'un texte de vulgarisation. Il devra nommer, décrire, conceptualiser et adopter parfois un langage didactique, ce qui n'est pas très commun dans d'autres spécialisations du journalisme. L'actualité, bien qu'elle demeure un critère fondamental dans la construction d'un reportage, peut être moins importante que le besoin de préciser un concept donné lorsqu'un journaliste publie une information scientifique.

Gaillard (1980, pp. 29 - 35) rappelle trois critères pour le choix d'un sujet à être publié par la presse : l'actualité, la signification de l'événement chez le public et l'intérêt que ce sujet suscite chez le public. En plus de rendre les informations scientifiques accessibles au public général, le journaliste les

amène à l'ordre du jour, tout en songeant à leur pertinence dans ce qui est actuel et dans ce qui peut être significatif et intéressant pour le public. En plus d'obéir à ces trois critères, la logique du journalisme procure, comme nous l'avons mentionné, une approche sensible, singulière et généraliste de la réalité. La grammaire journalistique aura donc des contours particuliers en fonction de certaines règles. Un des éléments les plus caractéristiques du texte journalistique est le « lead » ou amorce. Le « lead » consiste en un ou deux paragraphes qui, au début du reportage, doivent répondre aux six questions de base : « Qui ? Quoi ? Quand ? Où ? Comment ? Pourquoi ? ».

La notion d'actualité n'est pas nécessairement reliée à la notion d'inédit. Plusieurs reportages ne présentent pas de nouvelles inédites ni ne suivent les règles de la grammaire journalistique de façon stricte. Les magazines hebdomadaires et mensuels, par exemple, ont plutôt tendance à élaborer des textes qui ne suivent pas toujours la structure traditionnelle du « lead ». Ces publications ont plus de liberté en ce qui concerne les règles journalistiques par rapport à la presse écrite quotidienne, et encore plus par rapport à la radio et à la télévision. Les magazines mensuels ont le mandat de se concentrer sur les aspects qui ne peuvent pas être explorés par la presse quotidienne. Ils s'occupent d'approfondir la discussion et de réaliser un travail plus minutieux d'interprétation, ce que la presse quotidienne n'a pas le temps de faire. Cependant, lorsqu'il effectue ce travail d'interprétation, le journaliste continue à situer l'événement exposé dans un contexte actuel. Cet événement peut alors acquérir la signification et l'importance que le public veut bien lui accorder.

C'est au journaliste d'évaluer quels sont les aspects les plus importants ou les plus intéressants de l'événement sur le plan journalistique et de les mettre en évidence dans le reportage. Les faits ne sont pas nécessairement rapportés selon l'ordre chronologique. En structurant le contenu présenté selon les priorités dictées par la logique du journalisme, le journaliste confère à ce contenu une signification

particulière dans le contexte actuel. C'est ainsi qu'une information peut devenir un sujet d'intérêt pour le public. Le journaliste provoque cet intérêt en exploitant ce que ce sujet peut avoir d'unique, de particulier et, en même temps, en exploitant ce qui peut être généralisé et extrapolé. Le journaliste part de l'aspect singulier du fait qu'il puisse être présenté sous son aspect universel, généralisable.

La logique du journalisme amène l'information scientifique au domaine de la généralité à partir de la singularité. Si l'information scientifique est « trop indigeste, pour l'homme de la rue, qui n'a aucun moyen de s'identifier à ce qu'il lit [...], c'est d'un autre vécu qu'il a besoin », dit Laszlo (1993, p. 57). Cet auteur considère qu'il faut reconstruire une histoire, telle qu'elle aurait pu être l'histoire du lecteur, de sorte qu'il puisse s'y identifier. En même temps, la fiction s'avère un élément qui amène le lecteur à la réalité racontée par le journaliste. « Là où on met du mystère (et donc de la mystification), par paresse intellectuelle, il faut au contraire semer les graines d'une nouvelle culture » (Laszlo, 1993, p. 57).

L'information scientifique est alors reconstruite par un autre discours et elle acquiert un autre statut face au public. Selon Laszlo (1993), la science peut ainsi être transformée selon la logique du discours du journalisme. Sa signification peut être reconstruite, elle aussi, selon le traitement journalistique qu'on lui donne.

« La rédaction d'une nouvelle, faisant l'état des connaissances actuelles sur un point précis, condensant en quelques dizaines de lignes des centaines d'ouvrages et - cela est souhaitable - l'expérience d'une vie, obéit à des règles simples [...]. Elle vise à une lecture idéale, la communication directe rédacteur-lecteur. Ainsi, elle met en oeuvre, comme le font les contes, la magie littéraire par excellence. Un mot renvoie à une définition. Celle-ci, à son tour, ouvre une autre salle, remplie d'objets du savoir, inédits et néanmoins accessibles » (Laszlo, 1993, p. 53).



## 2.5. Les magazines de culture scientifique

Laszlo synthétise la problématique de cette étude, en attribuant à l'information scientifique un caractère médiateur entre le spécialiste et le public profane: « L'information scientifique est une monnaie d'échange » (Laszlo, 1993, p. 8). Avant cette considération, il cite Miquel: « L'érudition ne sert à rien si elle ne sert pas au plus grand nombre » (Miquel cité dans Payot, 1990, p. 72, cité par Laszlo, 1993, p. 8). Le journaliste divulgue la science au fur et à mesure qu'il rend les connaissances scientifiques accessibles au public non spécialisé.

Cependant, des magazines comme La Recherche, Popular Science, National Geographic et Ça m'intéresse, entre autres, montrent que le journalisme dit de culture scientifique peut intéresser différents types de publics, en touchant à la fois des lecteurs peu ou pas familiarisés avec le discours scientifique en tant que tel et les scientifiques experts dans des domaines assez spécifiques. « Certes, les reportages scientifiques n'ont pas pour but d'apprendre aux spécialistes ce qu'ils savent déjà dans leur propre discipline. Mais nous pensons qu'un biologiste curieux de la physique ou de l'archéologie peut trouver des sujets intéressants dans nos pages», a dit Claude Morlon, alors secrétaire de rédaction de Sciences et Avenir, en 1983, à l'occasion d'une entrevue (Fantini, 1983, p. 22). Laszlo ajoute :

« On ignore l'audience réelle de la vulgarisation scientifique, même lorsque l'audience apparente est nombreuse. De grandes revues, *La Recherche*, *Science et Vie*, *Pour la Science*, etc., ont des tirages impressionnants<sup>1</sup>. Mais quelle est la qualité de leur lecture? Les achète-t-on pour les lire de bout en bout, ou pour se donner à soi-même l'illusion du savoir, parce qu'on en dispose à demeure, au bout des doigts pour ainsi dire; comme ces encyclopédies dont on fait l'acquisition, pour des raisons complexes où entrent l'éducation des enfants, le statut social, la décoration de la salle de séjour [...]. » (1993, p. 10).

---

1. Voir chapitre 1

Charron, Lemieux et Sauvageau (1991) observent que la réception des messages médiatiques varie selon les attentes et les besoins du public. Grâce à la médiation des journalistes, les informations sont mises à la disposition du public. Le public peut ainsi se servir des médias comme un espace de construction des nouvelles informations, connaissances et valeurs culturelles. Le public se sert de l'information scientifique selon ses besoins, ses préférences particulières, ses spécificités culturelles et enfin, selon certaines variables individuelles et sociales. De plus, le lecteur peut trouver dans les reportages des magazines de culture scientifique les relations entre les événements quotidiens et les domaines scientifiques auxquels il aurait difficilement accès en tant qu'amateur. Le fait que les activités scientifiques soient généralement financées par des fonds publics peut également expliquer l'attention et l'intérêt de la société pour l'information scientifique.

Le journalisme peut être ainsi perçu à la fois comme un service public et comme un échantillon de connaissances répandues dans la société. La fonction du journalisme comme service public est dans l'activité de divulguer des informations qui sont d'utilité sociale. En même temps, le journalisme représente un ensemble de connaissances qui est déjà assimilé par le public en général. Cela nous oriente vers une réflexion sur le rôle du journaliste dans un réseau d'acteurs qui contribuent à la réalisation de la nouvelle. Ces acteurs peuvent être, par exemple, des scientifiques, des institutions de recherche, des organismes gouvernementaux, des opérateurs de banques de données et des entreprises. Comme le remarquent Charron, Lemieux et Sauvageau (1991, p. 6), « le journaliste est un acteur dans un système de production de nouvelles [...] : son comportement professionnel est très largement déterminé par les facteurs organisationnels et institutionnels propres à l'industrie des médias ». Ils ajoutent encore que « Le quadrillage du social ne s'effectue pas seulement en fonction des catégories d'événements mais aussi en fonction de la manière dont se produisent ces événements » (1991, p. 11).

À première vue, la science semble être un milieu encore assez lointain du quotidien du public moyen et même du quotidien du journaliste. Comme le remarque Sormany, quoique la couverture de la science ait quelques points en commun avec le champ économique (comme une certaine tendance à abuser des jargons techniques et des chiffres), une différence substantielle se traduit par le grand problème du journalisme spécialisé en science qui est le suivant : « [...] L'événement urgent y est rare. [...] on peut difficilement en tirer une nouvelle passionnante ! [...] Rien qui puisse ressembler à une urgence sociale ! [...] En un mot, le journalisme scientifique n'est pas le royaume du 'scoop' ! » (Sormany, 1990, p. 309, 310 et 311). Bien que Sormany semble exagérer en parlant de « scoop », il soulève une question fondamentale pour comprendre la série de difficultés préalables à la transformation de l'information scientifique en produit culturel vendable. Pour que cela puisse arriver, il faut que les données scientifiques ou techniques soient adaptées à quelques procédés typiques du travail journalistique.

Selon Charron, Lemieux et Sauvageau (1991), la nouvelle est étroitement liée au temps présent et, par conséquent, périssable. La nouvelle ne serait pas systématique, car elle isole les éléments, presque sans établir de liens entre eux. Lorsqu'on traite des événements susceptibles d'éveiller la curiosité publique (l'inattendu, l'inhabituel, l'inédit), la nouvelle « ne fait qu'attirer l'attention sur les événements ». En même temps, elle est « prévisible dans sa structure, quelles que soient les variations de son contenu » (Charron, Lemieux et Sauvageau, 1991, p. 6). Les règles qui définissent la structure d'une nouvelle sont déterminées par un modèle de production dicté par l'urgence de divulguer, le besoin d'atteindre le public et la prémisses de dévoiler les faits pour le lecteur.

Dans cette optique, les critères de sélection, le traitement de l'information, la façon de la présenter, enfin, toutes les étapes de la production de la nouvelle obéissent à ce modèle. « Les critères

d'information ; ils constituent des réponses rationnelles aux impératifs de standardisation du processus de production de la nouvelle et de la légitimation de la fonction journalistique » (Charron, Lemieux et Sauvageau, 1991, p. 12).

Autres variables telles que les goûts et les attitudes des consommateurs, la concurrence avec les autres médias sont considérées dans le processus de production de la nouvelle. Nous soulignons que ce processus est toujours à la merci d'une certaine valeur accordée par le public. Cette valeur n'est pas intrinsèque à la nouvelle, mais « reliée aux intérêts du marché et du public qui le cherche ». (Charron, Lemieux et Sauvageau, 1991, p 12). Ainsi, le journaliste doit toujours considérer le rôle du public qui, à sa façon, participe à la construction de son texte. « Les stratégies journalistiques s'ajustent aux changements de valeurs qui se produisent dans la société ainsi qu'aux changements que connaît l'industrie des médias » (Charron, Lemieux et Sauvageau, 1991, p. 302). Ainsi, les auteurs mettent en jeu une possible « valeur économique » des informations offertes. Cela consiste en un débat qui dépasse les objectifs de notre travail. Il nous importe plutôt de retenir que les valeurs qui orientent les stratégies journalistiques sont établies autant par les intérêts et les besoins du public que par les contraintes du journaliste ayant pour but de convertir l'information purement scientifique en une nouvelle attrayante et crédible.

### Chapitre 3 : Méthodologie

L'étude sur le cas Dolly comprend l'analyse d'une sélection de six articles parus dans des magazines dits de culture scientifique<sup>1</sup>. Les magazines inclus dans cette étude ont été choisis à partir d'une série de caractéristiques qu'ils ont en commun. Premièrement, ces magazines sont destinés au grand public, abordant des sujets variés à partir de leur signification sur le plan scientifique. Tous les magazines choisis ont une périodicité mensuelle. Un autre critère important concerne la circulation et le tirage : les magazines choisis ont une insertion importante dans leurs marchés. Ils figurent parmi les plus importants dans leurs pays d'origine, surtout en ce qui concerne le tirage<sup>2</sup>. Comme nous l'avons mentionné dans le premier chapitre, les magazines retenus pour cette étude sont les suivants : Ciência Hoje (brésilien), Globo Ciência (brésilien), La Recherche (français), Québec Science (canadien francophone), Science et Vie (français), Superinteressante (brésilien).

---

1. En 1996, le *Guide annuel des médias* publié par les Éditions Info Presse inc., a classé Québec Science comme un magazine d'intérêt général. L'année suivante, le même guide a classé Québec Science comme magazine spécialisé, en l'incluant cette fois-là dans la section *Informatique / Sciences / Technologies*. Le *Guide annuel des médias*, publié au Québec, définit par exemple L'Actualité et la Sélection du Reader's Digest comme des magazines d'intérêt général. Au Brésil, l'*Annuaire brésilien des médias* cite Veja, Superinteressante et Globo Ciência comme magazines d'intérêt général et d'actualité. La classification des magazines varie donc très souvent. Pour cette raison nous avons pris aussi en considération la perception de l'équipe des journalistes de chaque publication à propos du profil des magazines où ils travaillent.

2. Au Brésil, Superinteressante, Globo Ciência et Ciência Hoje sont les trois magazines de culture scientifique les plus importants, ayant les plus grands tirages. Superinteressante vend 400 000 exemplaires par mois, Globo Ciência vient à la seconde place avec un tirage de par mois et Ciência Hoje est la troisième revue la plus importante dans le marché, avec un tirage de . Au Québec, Québec Science est le magazine de culture scientifique le plus important parmi les publications canadiennes francophones, ayant un tirage de 20 000 exemplaires par mois. En France, Science et Vie et La Recherche figurent parmi les magazines les plus importants avec les plus grands tirages. Le magazine français le plus vendu est Ça m'intéresse (ayant un tirage de ), suivi de Science et Vie (ayant un tirage moyenne 360 000 exemplaires par mois) et La Recherche (tirage moyen de 90 000 exemplaires par mois). Bien qu'il soit davantage connu du grand public, le magazine français Ça m'intéresse n'a pas été retenu pour l'analyse parce qu'il n'a publié aucun reportage sur l'expérience de clonage de façon spécifique.

L'étude part d'un texte de base, qui est comparé aux six articles de culture scientifique. Le texte de base est l'article publié dans la revue scientifique Nature du 27 février 1997, où l'embryologiste Ian Wilmut présente le résultat du clonage d'une brebis par une méthode considérée inédite. Ce texte est confronté aux six articles de magazines de culture scientifique afin d'illustrer les caractéristiques qui différencient le discours scientifique du discours de vulgarisation. Les six articles analysés portent tous sur le même sujet, à savoir l'expérience du clonage en Écosse dont le résultat est la brebis Dolly.

Le but de l'analyse comparative des six reportages sur le cas de Dolly est de décrire la diversité des stratégies pour aborder un même sujet. Les reportages sont analysés en fonction des éléments communs ainsi que des éléments différents. Conformément à l'affirmation de Meditsch (1992), selon laquelle la logique d'un discours peut être saisie par son langage, cette étape de l'analyse de contenu vise à montrer la façon dont le journaliste peut traiter des informations scientifiques selon la logique du discours journalistique. Les variantes concernant la façon dont le journaliste divulgue et vulgarise la science sont décrites à partir des concepts exposés dans le cadre théorique présenté au chapitre 2. Trois aspects constituent la base du plan d'analyse des reportages: l'aspect lexical, l'aspect stylistique et l'aspect sémantique.

L'analyse du cas de Dolly comprend également une deuxième démarche: l'analyse des entrevues avec des journalistes qui ont traité de ce sujet dans des magazines de culture scientifique. Le but de l'utilisation de ces deux démarches est de vérifier s'il y a une concordance entre l'analyse discursive des articles des journalistes et les propos qu'ils tiennent sur leur travail. Nous tentons, à travers ces deux démarches, de clarifier l'usage des stratégies de vulgarisation.

Notre hypothèse postule que, dans l'exercice de la vulgarisation scientifique, le journaliste ne se limite pas à traduire seulement les informations scientifiques dans un langage plus accessible au public

profane. Il s'agit plutôt d'une activité de réécriture ou de recreation, à partir des informations spécialisées. Le journaliste effectue cette réécriture lorsqu'il emprunte la structure des textes littéraires dans la construction de l'article journalistique, tout en se servant aussi des images pour expliquer les informations scientifiques. Ceci est fait dans l'objectif d'attirer l'intérêt du public et de rendre les informations scientifiques compréhensibles à tous, établissant ainsi une démarche de communication avec les lecteurs.

### 3.1. Corpus

La première opération de l'analyse a consisté à rassembler le matériel sur lequel a porté l'analyse, à constituer un « corpus ». Le corpus de l'étude est composé de trois publications lusophones brésiliennes et de trois publications francophones (une québécoise et deux françaises), ainsi que du texte de base, qui est l'article de la revue scientifique anglaise Nature. Le choix du corpus est le résultat de notre décision de mettre l'emphase sur les contextes brésilien et québécois, priorisant ainsi l'analyse des publications les plus lues dans ces deux marchés. Nous analysons les trois publications de culture scientifique les plus importantes au Brésil : Ciência Hoje, Globo Ciência et Superinteressante. Les publications francophones retenues pour cette étude sont également en nombre de trois : La Recherche, Science et Vie et Québec Science. Le choix des deux magazines français se justifie par le fait que ces publications ont une insertion importante parmi le lectorat canadien francophone au Québec.

### **3.2. Méthodes de l'analyse discursive**

L'analyse discursive des six articles considère trois aspects : le lexique, la stylistique et la sémantique. Ces aspects sont observés dans une analyse qualitative, qui retient les exemples les plus représentatifs de chaque point à considérer. Les exemples illustrent des caractéristiques qui peuvent se généraliser à l'ensemble des articles ou qui peuvent montrer les variantes parmi les articles analysés.

Des exemples-types de chaque aspect observé montrent la reformulation des terminologies lexicales (ou équivalence synonymique), l'équivalence analogique (métaphores et comparaisons), l'usage particulier de certaines marques de ponctuation, l'exploitation de la fonction métalinguistique et la structure rhétorique des articles, tous présentés sous forme de récit. Ainsi, nous visons à montrer les éléments qui soulignent le passage entre le discours spécialisé et le discours profane dans les articles de culture scientifique.

#### **3.2.1. Analyse lexicale**

Un des aspects observés dans l'analyse est le remplacement des termes scientifiques par d'autres termes correspondants, plus courants. Sur le plan lexical cette caractéristique est observée à l'aide des exemples montrant que les termes scientifiques peuvent être remplacés par des termes synonymes ou par d'autres termes équivalents. L'aspect lexical de l'analyse est donc considéré à partir de l'identification des reformulations de terminologies scientifiques. Dans cette étape nous utilisons l'article du scientifique Ian Wilmut (Nature, le 27 février 1997) en vue de comparer les discours scientifique et journalistique et d'identifier les reformulations effectuées par les journalistes sur le plan lexical.



L'analyse lexicale adopte la méthode de Jacobi (1986, 1988) dans son étude sur la reformulation du discours scientifique. Jacobi (1986) a analysé trois textes écrits par un même scientifique, expliquant un même sujet à des publics différents, à partir d'un terme scientifique principal. Ce terme est remplacé dans certaines situations et Jacobi a observé la nature de ces remplacements. Il note deux tendances en particulier : la coréférence vraie et l'hyponymie. La première tendance consiste à remplacer un terme scientifique par un autre terme synonyme aussi spécialisé, mais plus accessible. La seconde tendance est observée lorsqu'il s'agit de proposer une équivalence sémantique plus générique que le terme scientifique. Jacobi (1988) donne un exemple de ce type de substitution, montrant la correspondance entre « phagocyter » et « manger ».

L'approche de Jacobi nous permet d'identifier, dans l'aspect lexicale de l'analyse, les repères qui identifient le passage du discours scientifique à la vulgarisation. Les reformulations observées dans les articles sur le clonage sont analysées à la lumière de la méthode de Jacobi, qui prend un terme-pivot et observe les variations lors de son remplacement par d'autres termes correspondants. Cette partie de l'analyse décrit ainsi le vocabulaire, ou répertoire lexical, utilisé dans les reportages sur Dolly et présente les différentes façons dont les magazines désignent une même terminologie scientifique. Dans cette partie de l'analyse nous prenons, comme le fait Jacobi, un terme spécifique et nous observons les substitutions synonymiques de ce même terme, dans le texte de base (article dans Nature) et dans les six articles analysés.

### 3.2.2. Analyse stylistique

La méthode d'analyse stylistique des articles s'est également inspirée de Jacobi (1986). L'analyse stylistique montre d'abord les substitutions analogiques effectuées par le biais de figures de langage, soit des métaphores et des comparaisons, servant à relier le discours scientifique au discours profane. L'aspect stylistique de l'analyse considère aussi l'usage des marques de ponctuation, qui marquent le passage entre le discours scientifique et le discours profane, et l'exploitation de la fonction métalinguistique.

L'observation des substitutions analogiques considère deux cas en particulier, soit les métaphores et les comparaisons. Jacobi (1986, p. 18) note « la prédilection du discours de vulgarisation pour des figures (au sens rhétorique) [...]. Ce trait se marquerait par la prépondérance dans le discours de vulgarisation des métaphores [...] ». Déjà l'utilisation des comparaisons est la résultante d'un « souci de frapper l'imagination du lecteur » (Jacobi, 1986, p. 19). L'identification des métaphores et des comparaisons est faite à l'aide d'exemples, dans le but de montrer, comme le dit Jacobi (1988, p. 122), que le discours scientifique est marqué par une tendance à la monosémie, tandis que le discours de la vulgarisation exploite la synonymie et la polysémie. L'identification de l'usage de ces figures de langage montrent comment les journalistes se servent de cette tendance du discours de vulgarisation lorsqu'ils construisent des équivalences analogiques, qui sont, toujours selon Jacobi (1988, p. 96) des « outils privilégiés du registre explicatif ».

Jacobi (1988, p. 95) remarque également que la ponctuation joue un rôle important dans la signalisation du discours. Il propose une première observation générale : « Ouvrons la revue. Presque aussitôt, dès même l'introduction, des signaux apparaissent : mots soulignés, guillemets et parenthèses ». Ensuite, il suggère un examen plus détaillé de ces marques de ponctuation afin de reconnaître, dans leur

usage, le caractère explicatif de la vulgarisation. Il observe alors dans quels contextes certains mots sont soulignés ou mis entre guillemets et dans quelles situations les parenthèses sont utilisées. L'analyse des articles sur Dolly souligne également l'usage d'autres marques de ponctuation, comme l'interrogation, l'exclamation, les deux points et les points de suspension, toujours dans le but de montrer comment ces marques peuvent souligner le passage du discours spécialisé au discours de vulgarisation. « Ces signaux [...], dont la fonction est métalinguistique, sont les marques d'une activité de reformulation », dit Jacobi (1988, p. 96).

Selon Jacobi (1988, p. 96) la fonction métalinguistique concerne les occasions, dans les textes, où le vulgarisateur tente d'expliquer le sens d'un message tout en indiquant au lecteur la façon appropriée de lire ce message. Les repères métalinguistiques des articles de vulgarisation sont observés non seulement dans la ponctuation mais aussi dans l'emploi de certaines expressions comme « c'est comme si », « c'est-à-dire », « cela signifie que », « autrement dit », « en d'autres termes », etc. Jacobi remarque :

« Ce relevé, quasi exhaustif, des segments de l'énoncé où apparaît la volonté d'établir des équivalences introduites par des articulations métalinguistiques, montre bien que cette dimension joue un rôle dans le discours de vulgarisation » (1986, p. 20).

### **3.2.3 Analyse sémantique**

Ensuite, l'analyse discursive privilégie l'aspect sémantique, visant à identifier la structure rhétorique des six articles de culture scientifique, qui se présentent comme des récits. Ces récits proposent des personnages, des aventures et des représentations qui motivent le lecteur par

identification. L'analyse montre comment les textes se structurent en les découpant en épisodes. Chacun de ces épisodes comporte un ensemble important d'informations communes et de représentations. L'analyse sémantique adopte deux méthodes complémentaires, soit celle de Greimas (1983) et celle de Kientz (1971).

L'analyse de la structure rhétorique des six articles de culture scientifique part du fait que tous les récits fonctionnent de la même manière. Ce postulat vient de la théorie sémiotique, dont l'objectif est la « description exhaustive des lois générales de production du sens humain » (Hénault, 1983, p. 7). Postulant que tout récit suit des schémas élémentaires qui sont toujours les mêmes, la sémiotique admet un modèle général de la mise en discours.

Perçus comme des récits, les articles de culture scientifique sont premièrement analysés à l'aide du modèle actantiel de Greimas (1983). Ce modèle est utilisé pour analyser les récits à partir d'une série de cadres qui classent les actants et les épisodes de l'histoire. Ce modèle veut montrer que tous les récits ont toujours une même logique, quelle que soit l'histoire. La méthode de Kientz (1971) est appliquée à une démarche supplémentaire qui permet davantage l'identification des principaux thèmes abordés par les articles. Cette deuxième méthode identifie les termes les plus fréquents de l'ensemble des articles afin de montrer quels sont les thèmes principaux qu'ils abordent. Afin de bien comprendre les méthodes utilisées dans l'analyse sémantique des articles, nous présentons ensuite les grandes lignes des modèles de Greimas et de Kientz.

### 3.2.3.1. Application du modèle greimassien

Selon Greimas (1983), les récits racontent tous une transformation et cela constitue le dénominateur commun qui permet de généraliser certaines caractéristiques des récits. Ainsi, Greimas montre que les récits ont une formule commune, puisqu'ils sont toujours composés à partir d'un ensemble de rôles actantiels fixés au préalable et d'une série d'épisodes qui caractérisent une transformation.

Greimas soutient donc l'idée d'une grammaire implicite des récits, affirmant premièrement que tout le récit raconte une transformation. Dans son modèle, Greimas postule que la construction de la narration est le résultat de différentes successions d'état. Le passage d'un état à un autre correspond à une transformation. Prenons un exemple : l'acquisition du trésor par l'héros du récit marque une transformation. L'héros est le sujet et du trésor est l'objet.

La transformation se réfère toujours à une relation de possession entre un sujet et un objet, qui peut être concret ou abstrait. L'énoncé d'état s'organise en deux termes contraires, la « conjonction » et la « disjonction », qui expriment un rapport d'appartenance entre le sujet d'état et l'objet. L'acquisition, Greimas l'appelle « conjonction » (Greimas, 1983, p. 26). La perte de l'objet, Greimas l'appelle « disjonction ». Les relations de conjonction et de disjonction changent au long du récit et la transformation constitue le noyau de l'histoire. La transformation est manifestée par l'état initial de disjonction (l'héros ne possède pas le trésor) qui est suivi par un état de conjonction (l'héros acquiert le trésor).

Le modèle greimassien postule également que tout le récit s'organise à partir d'un but final, c'est-à-dire qu'il y a toujours un objectif ultime à atteindre. Le programme narratif structure le récit par l'enchaînement d'états et de transformations hiérarchiquement organisés entre un sujet et un objet.

L'analyse narrative vise à découper les diverses étapes du récit afin de décrire la logique de cette histoire selon les deux caractéristiques de base de la grammaire du récit : l'histoire raconte une transformation et elle est le résultat d'un objectif à atteindre.

La narration est donc construite à partir des transformations des relations entre les actants. Greimas propose la notion d'actants ou de rôles actantiels pour nommer des « positions corrélatives qui n'existent jamais l'une sans l'autre » (Groupe d'Entrevignes, 1984, p. 15) dans le récit. Dans la théorie greimassienne, les actants n'existent que dans leurs relations : les actants existent chacun en fonction des autres. Les rôles actantiels, situant chaque élément d'un récit dans un programme narratif, sont les suivants : destinataire, destinataire, sujet, anti-sujet, adjuvant, opposant, objet. Le sujet et l'objet sont les actants les plus importants dans ce modèle, constituant la source du mouvement narratif (sujet) et le but du mouvement narratif (objet). La relation entre le sujet et l'objet est balisée par la valeur que cet objet peut détenir au regard du sujet. Les actants du récit existent en fonction de leurs relations. Autour du couple central sujet/objet, les autres rôles (destinateur, destinataire, adjuvant, opposant et anti-sujet) sont en relation.

Le programme narratif comprend quatre phases : manipulation, compétence, performance et sanction. « Chaque phase présuppose les autres. Si on reconnaît dans un texte une de ces phases, il faut tenter de retrouver les autres pour reconstituer l'ensemble du programme narratif » (Groupe d'Entrevignes, 1984, p. 20). La manipulation est la définition de l'objectif à atteindre. Cette étape relie le destinataire (rôle actantiel qui fait agir le sujet) avec le futur sujet opérateur, à travers la transmission d'un devoir faire ou d'un vouloir faire. Le destinataire est, par exemple, le roi qui ordonne au héros de tuer le monstre; c'est celui qui persuade le sujet à accomplir une tâche.

La compétence est l'étape où le sujet se munit des outils nécessaires pour effectuer la transformation demandée par le destinataire. Lorsqu'il acquiert les conditions nécessaires pour agir, le sujet d'état devient sujet opérateur (ou sujet du faire). Dans la théorie greimassienne, la compétence peut être considérée comme un objet, lorsqu'elle est acquise par le sujet opérateur. Dans ce cas, la compétence est appelée objet modal. Elle constitue ainsi un outil pour que le sujet puisse effectuer la performance principale. Dans cette étape le sujet rentre en état de conjonction avec l'objet modal, c'est-à-dire l'objet qui aide à obtenir l'objet de valeur (ou l'objet principal). L'étape de la compétence (ou performance modale) relie le sujet avec l'adjuvant et l'opposant, des actants qui l'aident ou qui lui nuisent dans sa tentative à atteindre son objectif. L'épée magique que le roi donne au héros est l'objet qui lui permet d'accomplir la mission de tuer le monstre. Cette épée est donc un objet modal, car elle donne à héros la compétence qui lui faut pour effectuer la performance, soit de tuer le monstre.

La performance est l'étape qui correspond à la transformation d'état. C'est l'apogée du récit. Cette étape met le sujet en relation avec l'objet de valeur (ou l'objet principal). C'est le moment où l'héros tue le monstre. La sanction correspond à l'épilogue du récit. Dans cette étape le sujet est à nouveau en relation avec le destinataire, qui doit confirmer la transformation et reconnaître l'état final comme résultat de l'opération réalisée par le sujet. Lorsque le roi donne sa fille en mariage au héros, il est en train de sanctionner sa performance : la mission de tuer le monstre a été accomplie.

Le modèle de Greimas décrit ainsi la succession des transformations dans un récit; cette succession constitue les différentes phases d'un programme narratif. « Ces quatre phases du programme narratif s'appellent logiquement l'une l'autre », (Groupe d'Entrevennes, 1984, p. 19), même si elles ne se manifestent pas de façon explicite dans les textes que nous lisons. Construit à partir d'un programme narratif principal, le récit est divisé en programmes narratifs subordonnés.

Suivant le modèle de Greimas, l'analyse identifie les rôles actantiels du cas de Dolly et découpe le cas dans les quatre phases du programme narratif, dans le but de montrer la structure rhétorique de l'histoire. Ainsi, chaque élément qui apparaît dans les nouvelles sur la brebis Dolly devient un actant du récit et, en même temps, les actions de ces actants sont regroupées dans des épisodes qui racontent le clonage de la brebis. L'inscription du cas de Dolly dans un programme narratif localise les caractéristiques communes et les variantes parmi les six articles analysés. L'objectif principal de cette démarche est de montrer que les articles des magazines de culture scientifique sont effectivement présentés sous forme de récit.

La description de la structure rhétorique des articles sur le cas Dolly commence par l'identification des rôles actantiels du récit. Ces rôles sont identifiés à partir de l'observation de la façon dont les actants de l'histoire sont présentés dans les articles. Dans le cas Dolly, l'analyse identifie les quatre étapes du programme narratif principal du récit. À l'aide d'une série d'exemples extraits de chaque article, les phases du programme narratif sont identifiées dans l'ensemble des textes analysés.

Le choix du modèle de Greimas se doit surtout à son applicabilité au cas de Dolly. Le modèle greimassien est généralisable et montre de façon claire les caractéristiques que nous prétendons rehausser dans l'aspect sémantique de l'analyse. Il nous permet de démontrer le degré de similarité entre les structures narratives des reportages.

### **3.2.3.2. Application de la méthode de Kientz**

La deuxième méthode de l'analyse sémantique s'est inspirée de Kientz (1989). L'objectif de cette méthode est d'identifier les contenus principaux abordés par les reportages, ainsi que leur structure



rhétorique. Cette partie de l'analyse porte sur les « mots-clés » des articles concernant Dolly, c'est-à-dire « les mots qui se caractérisent [...] par une fréquence d'utilisation supérieure » (Kientz, 1971, p. 158). Cependant, la fréquence des mots clés n'est pas traitée quantitativement. L'analyse ne fait que remarquer que certaines expressions ou certains mots se répètent souvent en vue de montrer que certaines figures servent à transmettre une information déterminée.

Kientz propose que les mots clés du texte soient identifiés pour être, ensuite, regroupés en catégories thématiques. L'identification des mots clés sert à mettre en évidence les idées, les images et les représentations qui expriment les approches et les concepts proposés par les journalistes dans les articles sur Dolly. Puisque l'analyse utilise des articles en français et en portugais, l'accent est mis plutôt sur les expressions et les mots qui peuvent être traduits de façon précise, comme « clonage / clonagem », « prouesse / proeza », « miracle / milagre », « surprenant / surpreendente », « incroyable / incrível », « faim / fome », etc. L'identification des mots clés met davantage en évidence l'ensemble des principales représentations qui expliquent l'expérience (« la recette », « la machine », etc.). Les catégories thématiques montrent comment ces représentations servent à expliquer les informations scientifiques et comment les journalistes présentent les conceptions, les prises de vue et les interprétations autour du clonage et autour de la science en général.

### **3.3. Entrevues**

En plus de l'analyse discursive, l'étude comprend l'analyse de sept entrevues avec des journalistes expérimentés dans la couverture de sujets scientifiques. Cette démarche a pour objectif de saisir, à travers la conception que les journalistes ont de leur propre métier, les techniques et le savoir

faire qui leur permet de transmettre la science au grand public. L'analyse des entrevues constitue une méthode complémentaire ayant pour but de vérifier s'il y a une concordance entre les caractéristiques observées dans les articles analysés et la perception des journalistes à propos de ces caractéristiques. Les entrevues visent aussi à confronter les résultats de l'analyse discursive aux connaissances empiriques des journalistes.

Angers (1989) note que l'entrevue vise à amener les interviewés à exprimer le pourquoi de leurs comportements. L'entrevue cherche à « saisir les significations données par les personnes aux situations qu'elles vivent » (Angers, 1989, p. ). Les entrevues visent ainsi à mettre en évidence les démarches suivies par ces journalistes qui ont présenté le cas Dolly au grand public dans des magazines de culture scientifique. À l'aide de quelques exemples, ils décrivent leur travail de vulgarisation scientifique. Cette démarche vise à sérier leurs connaissances empiriques concernant la vulgarisation des sujets scientifiques à partir de l'exemple du cas Dolly. Les questions posées aux journalistes sont ouvertes, se rapportant aux démarches suivies lors de la couverture du cas Dolly.

Les questions posées tiennent compte non seulement des démarches techniques du travail d'écriture du reportage scientifique mais aussi d'autres variables qui peuvent influencer le travail de vulgarisation. Les entrevues portent également sur la conception du journaliste à propos du public auquel il s'adresse et à sa façon de travailler avec les informations spécialisées fournies par le scientifique interviewé.

Le plan des entrevues a été conçu selon la notion « d'entretien non directif », de Daunais (Gauthier, 1992) où on essaye d'orienter l'entrevue vers l'objectif de l'étude permettant, en même temps, à l'interviewé de détailler les aspects qu'il juge intéressants. Suivant le concept de Daunais, le plan d'entrevues comprend un ensemble de questions fixes, mais qui donnent une certaine liberté pour

que l'interviewé ajoute des interventions. Certaines questions peuvent alors varier en fonction des réponses données par l'interviewé au long de la discussion. Les questions varient aussi en fonction des spécificités des articles analysés, lorsqu'il s'agit d'une entrevue avec l'auteur d'un de ces six articles. Le plan des entrevues a été formulé à l'aide du Guide d'initiation pratique à la méthodologie des sciences humaines (Angers, 1992).

Lors de nos visites aux rédactions de Ciência Hoje, Globo Ciência, Superinteressante et Québec Science, nous avons interviewé des journalistes expérimentés dans la couverture scientifique au Brésil et au Québec. Parmi les sept journalistes interviewés, six sont brésiliens ; ce choix est dû à notre souci de mettre l'accent sur le contexte professionnel de notre pays d'origine. De plus, nous avons interviewé un journaliste québécois afin de mieux comprendre le contexte professionnel du Québec.

#### **3.4. Considérations sur les méthodes**

La méthodologie développée dans cette étude est le résultat d'une combinaison de méthodes qui visent à sérier les différentes stratégies utilisées par les journalistes dans la vulgarisation scientifique. L'observation des substitutions synonymiques et analogiques, selon la méthode de Jacobi, permet l'identification de deux démarches importantes de la vulgarisation : le respect de la rigueur des informations techniques et le besoin d'établir des liens entre ces informations et la réalité du lectorat non spécialisé. L'usage de la méthode de Jacobi, orienté par la notion de reformulation, permet aussi l'observation d'autres démarches de la vulgarisation, comme la ponctuation, les repères métalinguistiques, etc. Ces méthodes visent toujours à reconnaître les diverses façons de reformuler l'information scientifique lorsqu'elle est présentée au public non spécialisé. L'analyse sémantique à partir

du modèle actantiel de Greimas et de la méthode de Kientz permet de reconnaître les variantes et les caractéristiques communes des articles en ce qui concerne leur structure. Enfin, les entrevues avec sept journalistes permettent un examen plus précis des démarches de vulgarisation. Les résultats de l'analyse discursive sont alors confrontés aux considérations des journalistes vis à vis leur travail dans les magazines de culture scientifique, dans le but de faire le bilan entre les considérations théoriques à propos de la vulgarisation et les connaissances empiriques des journalistes.

## Chapitre 4 : Analyse discursive et interprétation des résultats

Ce chapitre présente les résultats de l'analyse discursive de six articles sélectionnés dans des magazines de culture scientifique lus au Brésil et au Québec. Le corpus est constitué de trois publications brésiliennes (Globo Ciência, Ciência Hoje et Superinteressante), une publication québécoise (Québec Science) et deux publications françaises (La Recherche et Science et Vie). Au cours des prochaines pages l'analyse montre, à l'aide de quelques exemples, comment s'opère le passage d'un discours scientifique (représenté par l'article écrit par l'embryologiste Ian Wilmut et ses collègues Schinieke, Whir, Kind et Campbell, publié dans la revue Nature) au discours journalistique (représenté par les six articles publiés dans les magazines de culture scientifique).

Dans l'article publié le 27 février 1997, Ian Wilmut et ses collègues de l'Institut Roslin présentent l'expérience où ils auraient obtenu un clone de brebis à l'aide d'une méthode jusqu'à alors inédite. L'analyse discursive des reportages montre, par le biais de l'étude de trois aspects particuliers : le lexique, la stylistique et la sémantique, comment cette nouvelle prend forme dans les magazines de culture scientifique.

Sur le plan du lexique, l'étude souligne les reformulations synonymiques des terminologies scientifiques comme étant une des procédures fondamentales de la vulgarisation. L'aspect stylistique est abordé à travers l'étude des reformulations analogiques; nous mettons un accent particulier sur les figures de style, les marques de ponctuation et certaines autres caractéristiques du discours journalistique. Enfin, l'aspect sémantique des textes est analysé à partir du modèle actantiel de Greimas et à partir de la méthode de Kientz, où les thèmes principaux sont saisis dans chacun des six articles.

#### **4.1. L'aspect lexical**

L'aspect lexical de l'analyse discursive étudie les reformulations synonymiques dans les six reportages sur le cas de Dolly. Les textes sont analysés et comparés à l'article des chercheurs qui ont présenté les résultats du clonage dans la revue Nature. La comparaison a pour but de montrer les différentes modalités de reformulation des termes scientifiques lorsqu'on utilise des termes synonymes.

Nous identifions deux types principaux de substitutions synonymiques, selon la méthode de Jacobi (1986) : la co-référence vraie et l'hyponymie. Le premier cas correspond aux substitutions se rapportant de façon spécifique au terme scientifique d'origine. Le second cas comprend les substitutions utilisant des termes plus génériques (comme de : « insecte » au lieu de « mouche »).

De plus, cette partie de l'analyse montre l'ampleur du vocabulaire utilisé dans les textes journalistiques, par opposition au vocabulaire limité du texte scientifique de base dans la revue Nature. Les variantes dans les articles analysés sont présentées par le biais d'exemples.

##### **4.1.1. Les substitutions synonymiques**

Souvent, même quand il s'adresse à ses pairs, un spécialiste cherche à remplacer un terme spécifique par un autre terme équivalent plus accessible, plus précis ou plus explicatif. Les termes scientifiques peuvent être remplacés par d'autres termes ou par des syntagmes scientifiques aussi spécialisés. Ces termes peuvent également être remplacés par des termes d'ordre métaphorique en leur origine, dans le but de préciser ou d'expliquer davantage un concept ou une information. Les journalistes effectuent, eux aussi, des reformulations synonymiques, lorsqu'ils optent, en certaines occasions, pour l'usage de syntagmes scientifiques qui remplacent une terminologie spécialisée. Cela

démontre un souci de respecter la rigueur scientifique, la précision des informations et des concepts expliqués.

Les exemples de reformulation qui suivent ont été identifiés et classés à l'aide de la méthode d'analyse sémiolinguistique adoptée par Jacobi (1991, p. 33) dans son étude sur les occurrences et les reformulations du terme « glucorécepteurs ». L'étude de Jacobi montre la reformulation d'un même terme dans trois textes écrits par le même scientifique, lorsqu'il s'adresse à des publics différents. Selon cette méthode, Jacobi indique quatre tendances principales dans la reformulation des terminologies scientifiques, parmi lesquelles cette analyse met l'accent sur deux tendances considérées plus importantes : la coréférence vraie et l'hyponymie.

Dans le cas de la coréférence vraie, un terme spécialisé peut être remplacé par un syntagme scientifique aussi spécialisé, mais qui est plus explicatif. Un premier exemple de coréférence vraie peut être observé lors de l'usage des termes « totipotent » et « indifférencié ». Dans le contexte des articles sur l'expérience de clonage, les deux termes désignent la capacité qu'ont les cellules non différenciées de se développer en un organisme entier. Dans l'article publié par Nature, Wilmut et ses collègues disent plus souvent « *undifferentiated* » (« indifférencié », en français) au lieu de « *totipotent* », mot d'origine latine (« tout entier ») qui désigne la capacité qu'a une cellule encore non différenciée de se développer en un organisme entier. Déjà dans les magazines de culture scientifique, la cellule « totipotente » est préférablement appelée cellule « non différenciée » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 26). À noter que « non différenciée » demeure un terme dont l'usage est très courant dans des articles spécialisés. Un autre exemple de coréférence vraie est le remplacement du terme « *genotype* » (« génome » ou « génotype », en français) dans l'article de Wilmut et de ses collègues de l'Institut Roslin (Nature 27 février 1997, n° 385, p. 812) par « *genetic material* » (« matériel génétique ») dans le résumé de ce

même article (Nature, n°. 385, 27 février 1997, p. 810). Dans Globo Ciência ( juin 1997, p. 29), magazine de culture scientifique, le terme est encore remplacé par « *patrimônio genético* » (« patrimoine génétique »).

Dans le cas de l'hyponymie, le scripteur opte pour un terme plus générique, en substituant des termes comme « totipotent » ou « non différencié » à des termes ou des syntagmes polyvalents comme « cellule jeune » (où il est sous-entendu que la cellule est jeune et donc non différenciée, c'est-à-dire capable de se développer en un organisme entier). Un autre exemple : l'article des scientifiques dans Nature (no. 385, 27 février 1997, p. 812) précise que le matériel génétique à être cloné est placé dans un ovocyte (« *oocyte* », en anglais), qui est un ovule pas encore arrivé à maturité. En fait, les scientifiques sont encore plus précis en mentionnant l'état de cet ovocyte (p. 812): « [...] *oocyte at metaphase II* (ovocyte en métaphase II) ». Toutefois, dans le résumé, au premier paragraphe de l'article (p. 810), ils utilisent un terme plus générique : « *unfertilized egg* (ovule non fertilisé) ». C'est dans le résumé de l'article que nous notons la plupart des reformulations, puisque cette première partie du texte vise à introduire le sujet de façon plus générale.

Concernant les magazines de culture scientifique, cette tendance est encore plus remarquable. Le magazine Québec Science (juillet-août 1997, p. 28) explique un schéma ainsi : « Quatre ovocytes, cellules sexuelles. On a ôté leur noyau, donc leur génome ». Dans les deux phrases, deux termes spécialisés sont suivis de termes équivalents renforçant le même concept. La plupart des magazines de culture scientifique vont encore plus loin : ils se réfèrent à l'ovocyte comme à un ovule sans noyau, sans nécessairement mentionner qu'il s'agit d'un ovocyte enucléé.

Ces exemples montrent que les reformulations sont des démarches suivies autant par les scientifiques que par les journalistes. Cependant, il faut remarquer que ce sont les journalistes qui



cherchent le plus souvent à reformuler les termes spécialisés, puisque le répertoire lexicque d'un texte scientifique est plutôt limité et réduit à quelques expressions ou mots techniques, appelés vocables. Des mots comme « embryon », « noyau » et « cellule » sont des exemples de vocables faisant partie du répertoire lexicque spécifique de l'article qui traite d'une expérience de clonage. Autrement dit, le vocabulaire de l'article scientifique est en général plus limité, étant donné que les terminologies se répètent souvent au long d'un même texte. La plus grande amplitude du répertoire lexicque des magazines de culture scientifique peut être inférée lors du remplacement d'un vocable scientifique par des expressions du langage courant.

L'analyse lexicale des articles de culture scientifique portant sur le cas de Dolly nous a montré que les journalistes effectuent plutôt des substitutions de nature hyperonymique, c'est-à-dire qu'ils préfèrent remplacer les termes scientifiques par d'autres termes plus génériques. Les substitutions synonymiques du type coréférence vraie sont moins fréquentes. L'usage plus fréquent des substitutions du type hyperonymique révèle le caractère généraliste du texte journalistique face au texte scientifique.

Les exemples concernant la reformulation des terminologies scientifiques montrent également que le journaliste peut remplacer un terme spécifique tout en tenant compte de la rigueur scientifique. Cependant, il serait très difficile d'établir une limite claire entre la reformulation dite légitime et l'analogie arbitraire, même lorsqu'on essaie d'emprunter des termes spécifiques relatifs au sujet abordé. Les substitutions synonymiques sont aussi influencées par des préférences subjectives et, pour cette raison, elles indiquent déjà un travail de réécriture du texte scientifique.

## **4.2. L'aspect stylistique**

L'analogie arbitraire peut s'avérer souvent aussi légitime que le terme scientifique d'origine, ce qui sera observé dans cette partie de l'analyse, par le biais de quelques exemples. L'aspect stylistique de l'analyse traite des substitutions analogiques et de certaines autres caractéristiques stylistiques de la vulgarisation, comme la ponctuation et des repères d'ordre métalinguistique.

### **4.2.1. Les substitutions analogiques**

A priori, les démarches suivies dans les cas de reformulation visent strictement à proposer un terme synonyme qui puisse remplacer un terme scientifique. Déjà, l'usage des figures ne se limite pas au remplacement de vocables. Par le biais d'imageries étrangères à des terminologies spécialisées, les journalistes peuvent mieux expliquer l'information scientifique. Il faut cependant reconnaître que la métaphore, ainsi que d'autres figures, n'est pas un élément étranger au texte scientifique, comme il puisse sembler l'être à première vue. Au contraire, les imageries deviennent source de plusieurs concepts scientifiques, dans leur nomination. Souvent, les terminologies spécialisées résultent des associations du type analogique lorsqu'on adopte des registres comme la mécanique, le culinaire, l'art militaire, la mythologie et la musique pour désigner des phénomènes scientifiques. Ce n'est pas par hasard que les spécialistes en communication utilisent des mots comme « chaîne », « récepteur », « interface » et « système », termes empruntés à la chimie et à la physique, exprimant une physicité qui compense l'abstraction de certains concepts de la théorie de l'information.

Quoique les vulgarisateurs songent à adopter des expressions plus proches du langage commun, des néologismes comme « cloner », « transgénique » et « hydrophobie » sont devenus des termes assez répandus. Ainsi, l'utilisation de la métaphore dans un discours scientifique (de même que d'autres

formes de substitution analogique) n'est pas aussi exotique qu'on puisse le penser. La reformulation ne fait donc que récupérer le sens de certains termes scientifiques qui renferment des analogies implicites. Dans d'autres occurrences, néanmoins, lorsque l'association est moins apparente on n'essaie même plus de récupérer les analogies originales. Les termes scientifiques perdent alors leur dimension métaphorique et acquièrent un sens qui leur est propre. « Ainsi, l'insuline a perdu sa dimension métaphorique (du latin *insula* : île, puisque cette hormone est sécrétée par les îlots de Langerhans dans le pancréas) », rappelle Jacobi (1991, p. 36). À l'aide d'autres exemples, il observe : « La métaphore, au fur et à mesure de son emploi, perd une partie de son originalité, elle se banalise. Qui, par exemple, perçoit encore dans *organe*, terme passe-partout de la biologie, l'origine instrumentale (organe, du latin *organum* : instrument) ? » (Jacobi, 1991, p. 37). Effectivement, la dénomination métaphorique du scientifique (tenue comme un registre légitime) et les analogies plus proches du langage commun ont parfois une même source. Cependant, il est toujours difficile de distinguer de façon précise jusqu'où la dénomination métaphorique du scientifique, tenue comme légitime, cède à l'analogie arbitraire. La frontière entre ces deux registres demeure subtile. Les analogies font partie de la construction de la connaissance scientifique, non seulement dans la dénomination des phénomènes mais aussi dans la structuration de la logique qui balise la recherche. Il faut donc reconnaître la place des imageries dans la construction de la science, même si apparemment, ces imageries semblent être étrangères au langage dit scientifique.

Les exemples suivants montrent que l'usage de certaines figures de langage dévoile un travail de création et d'interprétation des phénomènes et des concepts, à l'aide d'un système cohérent de représentations. Les substitutions analogiques, parmi lesquelles nous mettons l'accent sur les métaphores et les comparaisons, sont des figures de langage qui peuvent contribuer au passage du discours scientifique au discours journalistique.

#### 4.2.1.1. Les métaphores

Une métaphore est créée lorsqu'un terme concret est employé dans un contexte abstrait par substitution analogique, sans qu'on explicite la comparaison. À l'exception des nominations d'origine métaphorique, comme « transplanter »<sup>1</sup>, ce type de figure de langage ne se présente que très rarement dans la plupart des textes scientifiques. La métaphore est un des principaux procédés de langage observés dans des articles de magazines de culture scientifique. Il s'agit, dit Jacobi, de proposer une « équivalence [...] entre terme scientifique et séquence plus “courante”, censée plus largement compréhensible : “phagocyter” et “manger”, “enveloppe génétique” et ensemble de gènes » ... » (1988, p. 123).

Un premier exemple de métaphore est observé lors des substitutions analogiques du terme « quiescence » dans les magazines de culture scientifique. Dans l'article publié par Nature, le scientifique Ian Wilmut affirme que le succès de l'expérience de clonage est probablement dû à l'état de quiescence de la cellule : « *Our studies with cultured cells suggest there is an advantage if cells are quiescent [...]. In earlier studies, donor cells were embryonic blastomeres that had not been induced into quiescence* »<sup>1</sup> (Nature, vol. 385, 27 février 1997, p. 812). Le scientifique n'explique pas le concept de « quiescence » et, tout au long de son article, il utilise toujours le même terme « quiescence » pour se référer à cet état de repos où la cellule interrompt temporairement son cycle normal de développement.

---

1. « Transplanter » est un terme scientifique d'origine métaphorique. Le mot résulte du latin « *plantare* », enfoncer avec la plante (du pied) ou enfoncer un végétal, et du préfixe « *trans* ». Le sens est de sortir un végétal de la terre pour le replanter ailleurs. Ce mot apparaît souvent dans les reportages analysés pour se référer à la mise de l'ovule fécondé dans l'utérus de la mère porteuse de Dolly. Cependant, l'article scientifique dans Nature utilise tout le temps le mot « *transfer* » (transfert ou transport en français) au lieu de « *transplantation* ».

2. Notre traduction : Nos études sur les cellules en culture suggèrent qu'il y a un avantage lorsque les cellules sont « quiescentes » [...]. Dans des études précédentes, les cellules donneuses étaient des blastomères embryonniques qui n'avaient pas été induits à la quiescence.

Tandis que l'article sur Dolly publié par Nature se rapporte à l'état de « quiescence » de la cellule, les magazines de culture scientifique proposent d'autres mots et expressions qui remplacent le même terme. Ces autres mots et expressions se rapportent à des images dont le sens ressemble au sens du terme original. Les images utilisées suscitent la même idée de repos et d'interruption temporaire des activités de la cellule :

« Ces cellules en *état de quasi hibernation*<sup>1</sup> on ensuite été introduites chacune dans un ovocyte non fécondé et enucléé, de brebis Scottish Blackface (à tête noire) » (La Recherche, vol. 297, avril 1997, p. 51).

« Com isso, o núcleo teve que *reduzir suas atividades a quase zero*, entrando num *estado letárgico* que os cientistas chamam de quiescente. Nesse estado, a célula interrompe seu ciclo de crescimento normal »<sup>2</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 42).

« Placées dans un liquide qui contient tout juste ce qu'il faut pour qu'elles survivent, les cellules se maintiennent *entre la vie et la mort* ». (Québec Science, juillet-août 1997, p. 27).

« (...) toute une série de gènes vont être *mis en sommeil* » (Science et Vie, n° 955, avril 1997, p. 57).

Un autre exemple de l'emploi de métaphores est l'adoption du mot « faim » pour expliquer qu'une cellule est privée des éléments nourriciers nécessaires à son développement normal. Le mot « faim » suggère l'idée de la privation, nommant et expliquant une procédure scientifique :

« A *fome* foi a chave do sucesso, por um motivo muito simples : ela fez o núcleo da célula interromper o seu ciclo e ficar num estado letárgico »<sup>1</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 43).

---

1. La mise en forme (gras italique) est nôtre, afin de rehausser certains mots et expressions.

2. Notre traduction : Ainsi, le noyau a dû *réduire ses activités à presque zéro*, en rentrant dans un *état léthargique* que les scientifiques appellent quiescent. Dans cet état, la cellule interrompt son cycle de croissance normale.
3. Notre traduction : « La *faim* a été la clé du succès : elle a induit le noyau de la cellule à interrompre son cycle et à demeurer dans un état léthargique.

«Le truc : retirer les cellules mères du cycle de division cellulaire afin que son matériel génétique soit moins vulnérable. Comment? En *les affamant* ». (Québec Science, juillet-août 1997, p. 27).

Pour expliquer que les activités de la cellule sont réduites à cause de la diminution de ses nourriciers, Québec Science dit encore : « (...) *ces cellules affamées reviendraient en arrière* pour ressembler à des cellules embryonnaires non différenciées » (juillet-août 1997, p. 27). Cette phrase propose deux idées : que les cellules ont faim et qu'à cause de cela, elles reculent leur processus de développement. Le mot « faim » désigne une sensation exprimant le besoin de manger, mais dans le contexte ci-dessus, la « faim » est une figure qui s'ajoute à l'idée de la sous-alimentation des cellules. La « marche en arrière » est une autre figure de langage s'ajoutant au sens original, qui est l'interruption du processus de développement cellulaire tel que décrit dans le texte scientifique original. Dans ces exemples, les deux figures apportent un nouveau sens qui s'ajoute au sens ordinaire du concept original afin d'expliquer celui-ci. Cela caractérise la création d'une métaphore.

« Programmer » et « reprogrammer » sont deux autres exemples de dénominations métaphoriques. D'ailleurs, il s'agit de termes qui sont souvent utilisés par les biologistes. Dans l'article publié par Nature, Wilmut et ses collègues expliquent que le noyau d'une cellule adulte, déjà différenciée, pourrait être complètement « reprogrammé ». Les mots « *reprogrammed* » et « *reprogramming* » (« reprogrammé » et « reprogrammation », respectivement, en français) apparaissent cinq fois au total, dans quatre des sept paragraphes de l'article. Le mot « *program* » (« programme », en français) a ses origines dans le mot grec « *programma* » (ce qui est écrit à l'avance).

Les magazines de culture scientifique utilisent, eux aussi, le concept de programmation et proposent encore d'autres modèles analogiques qui suggèrent l'association entre une cellule et un mécanisme, une machine ou un appareil. Cependant, ces autres analogies utilisées par les magazines de

culture scientifique ne sont pas toujours des termes scientifiques proprement dits. Des mots comme « instruire », « fabriquer », « ordonner » (dans le sens de donner un ordre) découlent de la notion de programmation et expriment l'association entre la cellule et le mécanisme :

« Logo, o que Wilmut precisava fazer era *apagar as instruções inscritas* nos genes da célula tirada da ovelha adulta (...). Essa *célula só sabia ser mama*, mas o *escocês deu a ela a ordem* de ser embrião » (Superinteressante, avril 1997, p. 41).

#### 4.2.1.2. Les comparaisons

Selon la définition de Ducrot et Todorov (1972), la comparaison est une « mise en parallèle de deux sens, par l'intermédiaire de “comme” ou un de ses substituts ». L'équivalence entre deux termes peut aussi être exprimée par des éléments joncteurs ou des expressions comme « ou », « autrement dit », « c'est-à-dire », etc. Ces éléments explicitent davantage la distinction entre le sens figuré (conotatif) et le sens objectif (dénotatif) d'un mot ou d'une expression.

Dans les magazines de culture scientifique, les comparaisons visent souvent à ajouter une information analogique à une information objective déjà présentée, tandis que les métaphores remplacent les termes scientifiques. Lorsqu'il établit des comparaisons, le journaliste explicite le va-et-vient entre le discours scientifique et le langage profane, ce qui est typique dans un texte de vulgarisation.

---

Notre traduction : Ainsi, ce que Wilmut devait faire *était annuler les instructions* dictées par les gènes de la cellule prélevée de la brebis adulte. *Cette cellule n'était préparée que pour être une cellule de pis* de brebis, mais *l'Écossais lui a donné des instructions* pour être une cellule d'embryon.

« (...) submeteu a célula a uma dieta de sais comuns, como cloreto de cálcio e sulfato de magnésio, *o equivalente a* um chá com torradas »<sup>1</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 42).

« En revanche, dans une cellule différenciée, les spires sont resserrées, *comme* un ressort de sommier qu'on tord (...) » (Science et Vie, n° 955, avril 1997, p. 58)

Par le biais de ces exemples, nous soutenons que l'usage des métaphores et des comparaisons atteste un effort du journaliste de réécrire le texte scientifique, en plus de le traduire. Les substitutions analogiques donnent au journaliste un plus grand espace de création lorsqu'elles permettent des libres associations entre des concepts scientifiques et des imageries qui les représentent.

#### 4.2.2. Les marques de ponctuation

La plupart des guides de rédaction conçus par des journalistes recommandent que les marques de ponctuation soient utilisées avec parcimonie, mais il faut reconnaître que la ponctuation est un outil littéraire important pour susciter l'intérêt du lecteur. Utilisés d'abord pour indiquer les divisions d'un texte, les marques de ponctuation peuvent mettre en évidence certains rapports syntaxiques ou certaines nuances affectives. Dans les magazines de culture scientifique, les marques de ponctuation sont aussi des éléments qui soulignent le passage du discours scientifique au discours profane. Les deux points ou le point d'interrogation peuvent annoncer une explication, le point d'exclamation attire l'attention, les guillemets peuvent nuancer l'usage d'un mot ou d'une expression et les parenthèses peuvent proposer des indications accessoires.

---

1. Notre traduction : Il a soumis la cellule à une diète de sels minéraux ordinaires, comme le cloret de calcium et le sulphate de magnésium , l'équivalent d'une tasse de thé avec quelques toasts.



Quoique les guides de rédaction mettent en garde contre un recours abusif à des points d'exclamation de suspension, leur usage est très fréquent dans les reportages analysés ici. Une preuve en est que six parmi les sept titres des reportages analysés constituent des phrases interrogatives : « Comment ça va, Dolly? » (La Recherche, n° 297, avril 1997, p. 50), « Como foi possível? (Comment cela a été possible?) » (Superinteressante, avril 1997, pp. 38 et 39), « Bientôt la bergerie? » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 25), « Pour le meilleur ou pour le pire? » (Science et Vie, n° 955, avril 1997, p. 54), « Por que proibir a clonagem humana? (Pourquoi faudrait-il interdire le clonage des humains ?) » (Ciência Hoje, vol. 22, numéro 127, p. 26).

La Recherche pose une question déjà sur la page couverture: « Clonage : bluff ou révolution ? ». Dans l'article, les sous-titres posent aussi des questions : « Qu'y a-t-il de nouveau ? », « Quel intérêt pour les éleveurs ? », « Quel intérêt pour la pharmacie et la médecine ? », « Quel intérêt pour la science ? » (La Recherche, avril 1997, pp. 52-59). Québec Science demande aussi à la page couverture de l'édition de juillet 1997 : « Clonage : à quand la bergerie ? ». Un sous-titre demande également : « Un clone est-il une copie conforme ? » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 26). À la page suivante, le chapeau<sup>1</sup> du reportage pose une autre question, « Et les humains ? », et y répond sans tarder : « Si le clonage de brebis est possible, il ne devrait pas y avoir d'impossibilité technique majeure à cloner un humain » (p. 27). Le magazine Ciência Hoje, qui a publié trois articles sur Dolly (dont un sous forme d'entrevue), présente aussi un sous-titre sous forme d'interrogation : « Até onde a clonagem pode chegar ? (Jusqu'où le clonage peut-il aller ?) » (vol. 22, numéro 127, p. 34). Le reportage de Science et Vie demande dans le chapeau : « Faut-il s'inquiéter de la naissance de Dolly ? » (avril 1997, p. 54).

---

1. Chapeau : « Début d'article ou texte de présentation d'un article, composé dans un caractère différent de celui du reste du texte, ou sur une autre justification » (Gaillard, 1980, p. 125).

Dans le début du reportage publié par La Recherche, les questions abondent également :

« L'humanité est-elle donc si légère ? Ou bien faut-il admettre que ces réactions enflammées sont le signe qu'il s'est produit un événement fondamental ? Que la naissance d'un mammifère sans père, et clone de sa mère, a une portée symbolique majeure ? Faut-il y voir un tournant dans l'histoire de notre espèce ? Ou bien peut-être la marque d'une cassure décisive entre le monde scientifique et celui des simples citoyens ? » (n° 297, avril 1997, p. 50).

Toutes ces interrogations visent à attirer le lecteur qui se pose lui-même des questions similaires sur ce thème. Lisant le reportage, le lecteur trouvera ses réponses. L'article du magazine La Recherche explicite la fonction des interrogations qui ont été soulevées dans le chapeau : « Pour aider nos lecteurs à y voir clair, nous avons repris les bases du dossier. Voilà une synthèse [...] permettant [...] de se former un jugement » (La Recherche, avril 1997, p. 50).

Le point d'interrogation semble également conduire le lecteur vers une information particulièrement importante. L'interrogation met alors une explication en évidence : « [Ian Wilmut a réussi à] retirer les cellules mères du cycle de division cellulaire afin que leur matériel génétique soit moins vulnérable. Comment ? En les affamant » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 27).

Moins fréquents, les points de suspension et le point d'exclamation sont quand même observés dans l'ensemble des reportages analysés. Dans ces cas, nous notons que le journaliste personnalise son texte et lui donne une charge émotionnelle :

« D'ailleurs, avant d'obtenir ce succès, Ian Wilmut et son équipe ont tenté près de 1 000 fusions de cellules de pis et d'ovules ! » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 27).

« En somme, pour faire naître un seul clone, il faudrait réquisitionner une véritable armée de génitrices ! » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 28).

« Tout cela pour la naissance d'un mouton ! Et pour une expérience non encore reproduite ! » (La Recherche, avril 1997, p. 50).

« Quoi qu'en disent certains, c'est tout de même assez nouveau ! » (La Recherche, avril 1997, p. 55).

L'usage des marques de ponctuation devrait, selon les guides de rédaction, obéir à un style classique, plutôt impersonnel et neutre. L'usage exagéré de marques de ponctuation révélerait un vocabulaire pauvre. Un mot suffisamment fort dispenserait de ce type d'artifice facile, qui, à force de se répéter trop souvent au long d'un texte, peut devenir fatigant pour le lecteur. Les guillemets sont également des marques de ponctuation auxquelles il faudrait faire attention. Leur usage devrait se restreindre aux citations des interviewés et, même dans ce cas, seules les citations importantes devraient être mises entre guillemets. Pourtant, l'usage des guillemets est fréquent dans les reportages analysés.

Les guillemets et les parenthèses établissent souvent des équivalences entre des termes scientifiques et les figures qui les expliquent, en attirant l'attention du lecteur sur ces associations analogiques. Le passage du discours scientifique au discours profane est souvent signalé par la ponctuation :

« [...] seule une fraction de quelque cent mille gènes de l'individu s'exprime dans la cellule. Les autres gènes sont muets. Mais que signifie "*muets*" ? » (La Recherche, avril 1997, p. 52).

Dans l'exemple ci-dessus, le journaliste propose une association analogique lorsqu'il explique que dans une cellule adulte spécialisée seule une partie de l'ensemble de gènes de tout l'individu sera active. Il faut qu'il explique que chaque cellule comporte tout le patrimoine génétique de l'individu, mais que dans les cellules spécialisées seul certains gènes peuvent s'exprimer. Pour clarifier son explication, le journaliste confronte l'idée de l'expression des gènes (terme scientifique) à l'absence d'expression des

gènes inactifs dans la cellule spécialisée. Ainsi, il propose la métaphore des gènes muets, ceux qui ne s'expriment pas dans une cellule spécialisée. Lorsqu'il utilise le mot « muet » pour la deuxième fois, le journaliste utilise des guillemets, mettant ainsi en évidence la métaphore, et il formule une phrase interrogative, afin de mettre un accent particulier sur la réponse qui suit.

Les guillemets indiquent aussi certaines substitutions synonymiques dans le souci de nuancer l'usage des figures de langage :

«[Les ovocytes] ont été “*activés*” à l'aide d'une première impulsion électrique [...] » (La Recherche, avril 1997, p. 51).

« À l'inverse, tous les destins sont possibles pour une “*jeune*” cellule d'embryon, du moins durant les premiers jours de son développement ». (Québec Science, juillet-août 1997, p. 26).

« À ce premier stade de la vie, les gènes commencent à s'activer. Ils deviennent capables de “*s'exprimer*”, c'est-à-dire de remplir la fonction pour laquelle ils sont programmés » (Science et Vie, avril 1997, p. 56).

Dans ces trois derniers exemples les guillemets pourraient être supprimés. Cependant, scientifiques ou non, il s'agit de termes qui méritaient d'être expliqués ou du moins soulignés. Les guillemets isolent alors une locution ou un mot pour le mettre en évidence. Souvent, l'usage des guillemets peut aussi montrer que le journaliste prend ses distances par rapport à un certain mot ou expression. Pour cette raison, il faudrait limiter l'usage du mot ainsi mis en relief. C'est probablement pourquoi le reportage du magazine Superinteressante n'utilise les guillemets que pour le verbe “clonar” (cloner), qui est considéré comme un néologisme en portugais. Les locutions et les mots qui ont une fonction dénotative ne sont pas placés entre guillemets. Cela indique que la relation du journaliste avec le lecteur a moins besoin d'être explicitée, puisqu'il n'est pas nécessaire de souligner à tout moment le passage du discours scientifique au discours profane.

L'observation de l'usage de la ponctuation par le journaliste montre que ce dernier construit un lien entre le discours scientifique et le discours profane lorsqu'il crée un rythme de lecture qui oriente le lecteur vers des explications :

« [...] le noyau de cellule mère se trouve noyé dans cytoplasme de l'ovule (le liquide visqueux qui remplit la cellule) » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 26).

Le passage entre les deux discours est d'ailleurs souligné par l'isolement de certains mots ou expressions entre parenthèses ou guillemets.

#### **4.2.3. La fonction métalinguistique et le contact avec le lecteur**

« La plupart des énoncés comportent, implicitement ou explicitement, une référence à leur propre code », notent Ducrot et Todorov (1979, p. 427). La fonction métalinguistique comprend donc les informations sur le langage dans le texte. Dans le cas de la vulgarisation scientifique, la fonction métalinguistique vise à signaler le passage du discours scientifique au discours profane, lorsque le journaliste présente les distinctions entre les deux discours. Les exemples précédents montrent que les distinctions entre ces deux discours peuvent se présenter de plusieurs manières : en remplaçant un terme par un mot équivalent, en établissant des comparaisons ou en nuancant le choix d'un mot par l'usage d'une marque de ponctuation. Ce sont là des indices de la façon dont le journaliste opère le passage d'un langage spécialisé à un langage accessible à tous. Parfois, le journaliste exhibe l'équivalence entre le terme et son évocation; cette équivalence est explicitée par un appel métalinguistique. « Il s'agit le plus souvent des verbes comme : appeler, nommer, dire... ou des locutions adverbiales : tel, ainsi, comme,

même... », indique Jacobi (1986, p. 129). Ces verbes et ces locutions explicitent donc une référence au langage utilisé :

« [...] Num estado que os embriologistas *chamam* de quiescente »<sup>1</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 42).

« La technique [...] a consisté à [...] rendre leur noyau totipotent, *c'est-à-dire* capable de donner un embryon puis un individu complet, identique à sa mère génétique » (Science & Vie, avril 1997, p. 56).

Toujours selon Ducrot et Todorov (1979, p. 427) « il n'y a pas de communication sans un effort pour établir et maintenir un contact avec l'interlocuteur [...] d'où le fait aussi que la parole est vécue comme constituant, par son existence même, un lien social ou affectif ». Dans les magazines de culture scientifique, l'appel direct au lecteur est un procédé très fréquent, visant à établir et à personnaliser le contact avec lui :

« Agora você vai entender tudo direitinho »<sup>2</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 38).

« É o que você vai ver nas páginas seguintes »<sup>3</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 41).

« Comme on l'a vu, à un moment précis de la vie embryonnaire [...] ». (Science et Vie, avril 1997, p. 57).

« Pour le comprendre, revenons à nos moutons » (Science et Vie, avril 1997, p. 56).

« Voici les principales étapes de l'opération [...] » (La Recherche, avril 1997, p. 51).

« Dans l'expérience Dolly, on l'a vu, les cellules donneuses sont mises en hibernation. » (La Recherche, avril 1997, p. 52).

---

1. Notre traduction : Dans un état que les scientifiques *appellent* quiescent.

2. Maintenant vous comprendrez tout.

3. Notre traduction : C'est ce que vous irez voir dans les pages suivantes.

L'usage du mode impératif des verbes, une caractéristique typique du langage publicitaire, est également observé dans les textes de vulgarisation. Le but est celui d'attirer l'attention du lecteur et l'introduire à l'histoire à raconter :

« *Lembre-se* de que óvulos e espermatozóides só têm metade do material genético de uma célula normal »<sup>1</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 43).

« Bem, *começemos* pelo verbo clonar [...] »<sup>2</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 38).

« [...] *imagine*, só para entender [...] que os óvulos caíam em ilusões »<sup>3</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 43).

Le journaliste parvient ainsi à établir et à maintenir un contact avec le lecteur par le biais de repères métalinguistiques et d'appels au lecteur, dans le but de communiquer avec lui. La communication avec le lecteur vise à la fois à signaler la reconstruction du texte scientifique et à amener le lecteur à ce nouveau texte reformulé.

### 4.3 L'aspect sémantique : la structure rhétorique des articles

De façon générale, la structure rhétorique des sept articles analysés se ressemble. Chacun de ces articles peut être découpé en quatre parties principales, dont l'ordonnement est à peu près similaire

---

1. Notre traduction : *Rappelez-vous* que les ovules et les spermatozoïdes contiennent seulement la moitié du matériel génétique d'une cellule normale.

2. Notre traduction : Et bien, *commençons* par le verbe cloner...

3. Notre traduction : *Imaginez*, juste pour comprendre, que les ovules croissent en illusions.

dans tous les textes analysés. La première partie consiste en un premier appel au lecteur. Les articles font remarquer l'impact du cas Dolly. Vient ensuite une mise en contexte où les journalistes expliquent le concept de clonage et dessinent un bref historique des expériences autour de ce phénomène. La troisième partie principale correspond à l'histoire de l'expérience qui a abouti à la création de la brebis Dolly. L'analyse qui suit met l'accent sur cette partie, dans laquelle l'expérience est présentée comme un récit. Enfin, la quatrième partie, qui correspond à l'épilogue de ce récit, montre les enjeux mis en cause par l'expérience.

Dans les articles sur Dolly, le récit débute par la notoriété de la brebis dans les nouvelles. Les reportages introduisent le sujet à partir de l'impact qu'il a eu sur la presse. Le but est d'attirer l'attention du lecteur et, en même temps, de lui montrer que Dolly représente un sujet important et actuel dont tout le monde parle. Il faut d'abord justifier le sujet et montrer qu'il s'agit d'un thème pertinent, actuel et intéressant. Pour accrocher l'attention des lecteurs, les reportages de Superinteressante, La Recherche, Science et Vie, Québec Science, Ciência Hoje et Globo Ciência suivent, de façon générale, la même tendance :

« A notícia da façanha de Wilmut foi uma bomba, uma unanimidade, uma festa e tanto. Manchetes em todas as televisoes, jornais, rádios, revistas, sites da Internet. E por que tudo isso ? » (Superinteressante, avril 1997, p. 38).

« Voilà longtemps qu'une nouvelle scientifique n'avait pas fait autant de bruit. Télévisions, journaux et magazines du monde entier, chefs d'Etat et parlements, scientifiques et industriels, écologistes et spécialistes de la bioéthique, philosophes et hommes d'Eglise ont produit en quelques jours une invraisemblable cacophonie » (La Recherche, n° 297, avril 1997, p. 50).

---

1. Notre traduction : La nouvelle sur la prouesse de Wilmut a été une bombe, l'unanimité, une grosse fête. Elle s'est méritée des manchettes de toutes les chaînes de télévision, des journaux, des radios, des magazines, des sites Internet. Et pourquoi tout ça ?



« Pourquoi la naissance de Dolly, ce mouton conçu sans accouplement, chair de la chair de sa mère, a-t-elle été saluée comme le plus important événement depuis la révolution copernicienne et la fission de l'atome ? » (Science et Vie, avril 1997, p. 54).

« À l'instar de Lassie, Skippy et Flipper, la brebis Dolly, dont les aventures scientifiques ont estomaqué la communauté scientifique internationale, vient de rejoindre le club sélect des animaux vedettes » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 25).

« [...] Rapidamente, a novidade espalhou-se pelos quatro cantos do planeta e Dolly virou 'o caso Dolly', aparecendo nas capas das principais revistas do mundo inteiro[...] <sup>1</sup> » (Ciência Hoje, vol. 22, p. 36).

Ces considérations situent également le cas Dolly dans le contexte actuel montrant que la brebis est devenue un phénomène médiatique. Le reportage de Globo Ciência adopte une approche plus critique, suivant, cependant, une structure analogue à celle observée dans les autres magazines :

« [...] A mídia produziu uma verdadeira histeria coletiva em torno do assunto, acenando com a clonagem iminente e em larga escala de seres humanos. Exércitos de Rambos, multidoes de Einsteins, estoques de andróides descerebrados e outros delírios passaram a ocupar o imaginário das pessoas comuns, gerando imediatamente opinioes a favor e contra – tao taxativas quanto desinformadas »<sup>2</sup> (juin 1997, p. 26)

---

1. Notre traduction : Rapidement, la nouvelle s'est répandue aux quatre coins de la planète et Dolly est devenue « le cas Dolly », apparaissant sur les premières pages des principaux magazines du monde.

2. Notre traduction : Les médias de masse ont créé une vraie hystérie collective autour de ce sujet, prévoyant le clonage imminent et en série d'êtres humains. Des armées de Rambos, des foules d'Einsteins, des stocks d'androïdes sans cerveau et d'autres délires ont occupé l'imaginaire des personnes en général. Ces idées ont immédiatement provoqué des opinions pour et contre; des opinions aussi catégoriques que non fondées.

Après ce premier appel au lecteur, les textes proposent une mise en contexte expliquant le concept de clonage et offrant un bref historique des expériences scientifiques autour de ce phénomène depuis le début du vingtième siècle. Le reportage de Science et Vie commence en expliquant en quoi consiste un clonage. Pour cela, le mot « clone » est élucidé à partir de son étymologie. Ensuite, le texte introduit d'autres notions autour du concept de clone, comme celle de la totipotence. La mise en contexte du reportage publié par Superinteressante débute aussi par l'explication du verbe « clonar » (cloner), qui n'existait pas encore dans les dictionnaires brésiliens à ce moment. Le journaliste tente de démystifier le concept du clonage en expliquant que ce phénomène est assez fréquent chez certaines espèces, comme le bananier et les étoiles de mer:

« Aliás, “clonar” [...] nem é uma novidade. Cientistas do mundo inteiro andam “clonando” por aí há quase vinte anos. Desde 1978, vários tipos de animais são copiados – e, se não fosse proibido, já teriam anunciado os clones de gente » (Superinteressante, avril 1997, p. 38).

Le reportage de Québec Science (juillet-août 1997) essaie aussi de démystifier la question proposant également un historique qui montre les progrès scientifiques concernant le clonage. « Le principe du clonage est pourtant simple », dit le journaliste au deuxième paragraphe du reportage (p. 25), ajoutant un peu plus loin que « la technique du clonage est également simple » (p.26). L'article de Rumjanek dans Ciência Hoje suit lui aussi un ordre similaire, soulignant d'abord l'impact du sujet sur l'opinion publique, expliquant le concept de clonage et proposant une rétrospective des principales expériences dans ce domaine.

---

Notre traduction : Le fait de cloner n'est même pas une nouveauté. Des scientifiques du monde entier ont cloné ailleurs il y a presque vingt ans. Depuis 1978, plusieurs espèces d'animaux sont copiées et, si ce n'était pas interdit, on aurait déjà annoncé les clones humains.

Dans le reportage de La Recherche, l'ordre change, mais l'approche n'est guère différente des autres textes. Le panorama historique est présenté après l'exposition de l'expérience de clonage dans l'Institut Roslin. Le reportage souligne, cependant, que l'expérience du clonage n'est pas aussi simple qu'il puisse le sembler :

« La relative simplicité des procédures décrites et des schémas présentés dans la presse ne doivent pas faire illusion. Le clonage de Dolly est une opération lourde et complexe, résultat de décennies de recherches et d'expérimentations par divers laboratoires. Bien des échecs ont été essuyés, des équipes se sont découragées. Des intérêts privés étant en jeu, il est par ailleurs probable que tous les détails ne soient pas disponibles » (La Recherche, avril 1997, p. 51).

Cependant, dans un encadré à la onzième page du reportage (qui a treize pages au total), nous observons la tendance de démystifier le sujet. Le texte déclare que « La nature ne déteste pas les clones » (La Recherche, avril 1997, p.60). La structure rhétorique du reportage de Globo Ciência s'avère un peu différente comparativement aux autres textes. Cela est dû à ce que le reportage suit une approche qui vise plutôt à comparer la méthode qui nous a donné Dolly aux technologies de clonage développées au Brésil.

Malgré certaines variations, l'ensemble des reportages suit une même tendance lors de la mise en contexte du sujet. La rétrospective des expériences scientifiques et l'explication du phénomène dressent la mise en scène de l'événement principal qui est l'expérience effectuée dans l'Institut Roslin. Cette mise en contexte peut être perçue comme la présentation d'un panorama du phénomène : c'est le décor de l'histoire à raconter. Comme dans les récits qui commencent par « Il était une fois... », les journalistes dressent le paysage conceptuel de l'histoire.

### **4.3.1. La structure du récit**

Une fois établie l'arrière-scène de l'histoire, le récit prend forme au moment où les reportages présentent le cheminement suivi par Wilmut et son équipe jusqu'à la naissance de la brebis Dolly. Bien qu'ils adoptent des démarches types du reportage, les journalistes de culture scientifique suivent, souvent de façon intuitive, d'autres démarches plus proches de l'écriture de fiction lorsqu'ils racontent l'histoire de Dolly. L'analyse discursive des articles se concentre sur la structure narrative des textes qui peuvent être décrits à l'aide du modèle sémiotique proposé par Greimas.

Les six articles ont un programme narratif commun qui représente l'axe de toutes les versions de l'histoire de Dolly. La narration dans les six articles analysés est décrite à partir de la succession d'états et de transformations des actants, en suivant le modèle greimassien. La structure narrative du récit est retracée en deux étapes. Premièrement, il faut identifier les rôles actantiels dans le cas Dolly et montrer les relations entre eux. Ces relations se transforment au long de l'histoire, ce qui est perçu à l'aide de la description des programmes narratifs de l'histoire. La seconde étape consiste à indiquer les transformations qui se succèdent dans le cas Dolly. L'analyse du cas Dolly, raconté comme un récit par les magazines, peut engendrer une discussion sur le travail de réécriture effectué par les journalistes.

#### **4.3.1.1. Les rôles actantiels**

La plupart des guides de vulgarisation scientifique enseignent que vulgariser la science, c'est raconter une histoire. Cette formule est effectivement fréquente, ce qui a été vérifié lorsqu'on a identifié les rôles actantiels du cas Dolly et la structure narrative qui se déroule dans les magazines analysés. Selon le modèle greimassien, les rôles actantiels sont des éléments qui interagissent dans le récit. Les

relations entre les rôles se transforment et la succession des transformations constitue la séquence narrative du récit. Bien que les rôles actantiels proposés par Greimas ne correspondent pas nécessairement à des personnages, les textes analysés présentent une tendance à la personnification des actants. La brebis Dolly, par exemple, devient un personnage dans les magazines, ainsi que les cellules, les gènes et les substances chimiques. Cette personnification ne fait que renforcer davantage l'association entre la vulgarisation et l'acte de raconter une histoire. Le lecteur perçoit ainsi les rôles actantiels comme des éléments qui interagissent et dont les relations se transforment continuellement, par le biais de leurs actions.

Les rôles sont représentés par les paires destinataire/destinataire, sujet/anti-sujet, sujet/objet (la paire principale) et adjuvant/opposant. Chacun de ces rôles est identifiable dans le cas Dolly. Cela montre la façon dont les journalistes manipulent le langage littéraire afin de transmettre des informations techniques et de proposer des interprétations autour de ces contenus. Bien que les magazines analysés présentent une diversité considérable, à commencer par le fait qu'ils sont conçus dans des contextes culturels différents et qu'ils sont publiés en langues différentes, les rôles actantiels sont presque toujours les mêmes dans l'ensemble des textes analysés, comme nous le verrons dans les sections suivantes.

#### 4.3.1.1.1. Le Destinataire

Selon le modèle de Greimas, le destinataire est l'actant qui persuade le sujet d'exécuter une performance déterminée. Dans la narration du cas Dolly, il est possible d'identifier plusieurs destinataires. Chaque article peut mettre l'accent sur un destinataire en particulier, mais le rôle actantiel du destinataire demeure toujours celui qui démarre le mouvement narratif en faisant agir le sujet opérateur.

Plusieurs actants du cas Dolly pourraient correspondre au rôle de destinataire. D'abord la science en tant qu'institution, puisque l'expérience de clonage visait aussi à augmenter les connaissances à propos de la génétique. C'est le désir de répondre aux questions soulevées par les expériences de clonage antérieures qui aurait poussé les scientifiques à effectuer l'expérience analysée ici. La société correspond aussi au rôle de destinataire, puisqu'elle formule des demandes au milieu scientifique, afin de trouver des solutions pour ses besoins, qui peuvent être d'ordre économique (le besoin d'une nouvelle technologie pour les éleveurs) et social (le besoin d'une solution pour le problème de transplantation d'organes).

L'Institut Roslin, financé à la fois par le gouvernement britannique et par une entreprise privée (PPL Therapeutics) qui est le gestionnaire de l'Institut, peut également être perçu comme destinataire. Dolly a été le résultat d'une expérience de collaboration entre l'Institut Roslin et PPL Therapeutics qui avait pour but de tester l'adaptabilité de différents types de cellules au transfert nucléaire. Le reportage de Globo Ciência nuance le rôle de destinataire dans le contexte brésilien, le comparant au rôle qu'il a dans le contexte écossais :

« Num país em que a pecuária tem enorme importância econômica, esse objetivo [de clonar larga escala] relaciona-se diretamente com o bolso dos pecuaristas. [...] Na clonagem escocesa, os interesses que pesaram não partiram da pecuária, mas da indústria farmacêutica. [Nesse caso,] o grande objetivo com a produção de clones do tipo Dolly é multiplicar [...] a população de animais geneticamente manipulados, capazes de produzir substâncias de interesse farmacológico e até órgãos para transplantes » (juin 1997, p. 31-32).

---

Notre traduction : Dans un pays où l'élevage du bœuf a une énorme importance économique, l'objectif de cloner en série concerne directement les éleveurs de bœuf. Dans le cas du clonage écossais, c'est l'industrie pharmaceutique qui est la plus intéressée (et non l'industrie de l'élevage). Dans ce cas, l'objectif de la production de clones du type Dolly est de multiplier la population d'animaux génétiquement manipulés, capables de produire des substances de nature médicinale ou même des organes à être transplantés.

L'embryologiste Ian Wilmut peut lui même jouer le rôle du destinataire principal dans les articles analysés. En plus d'être le sujet, l'embryologiste est présenté d'abord comme le destinataire, celui qui déclenche le processus. Certains des articles attribuent à Wilmut le rôle de démarreur principal du clonage. C'est ce que fait le reportage de Superinteressante (avril 1997, p. 42), disant : « Para realizar o sonho impossível de fazer de sua célula especializada um embrião, Ian apostou num palpite sensacional »<sup>1</sup>. Québec Science (juillet-août 1997, p. 28) explique que l'expérience a des impacts économiques importants et ajoute : « C'est pourquoi Ian Wilmut a pris bien soin de faire breveter sa méthode avant de la rendre publique ». D'une façon générale, Wilmut représente, dans le rôle de destinataire, l'ensemble des autres actants qui sont à l'origine de l'expérience. L'embryologiste représente ainsi la science, la société, les institutions publiques et privées et, bien sûr, lui-même, avec ses motivations personnelles qui le mènent à cette entreprise.

#### 4.3.1.1.2. Le Destinataire

Le destinataire est, dans la théorie de Greimas, celui qui bénéficie de l'objet lors de la performance. De façon générale, les actants destinataires sont aussi destinataires. La science, les éleveurs, les institutions publiques et privées comme l'Institut Roslin, la société de façon générale et même Ian Wilmut sont des actants qui ont provoqué l'expérience et qui, en même temps, bénéficient de ses résultats. Le reportage de La Recherche (avril 1997, pp.55-59) met les destinataires en évidence lorsque le journaliste divise le texte de façon à montrer comment chaque actant peut bénéficier de l'expérience. Les sous-titres indiquent les destinataires : « Quel intérêt pour les éleveurs ? », « Quel intérêt pour la pharmacie et la médecine ? », « Quel intérêt pour la science ? ». Le reportage de Québec Science (juillet-août 1997, p. 28) souligne : « Ces travaux intéressent au plus haut point l'industrie agro-

alimentaire, dont les profits sont proportionnels à la qualité des animaux produits », Le reportage de Superinteressante met l'accent sur le progrès scientifique en tant que destinataire principal:

« A [área de pesquisa] mais relevante [a ser beneficiada] é o estudo do processo de envelhecimento das células. [Uma outra área ] diz respeito à fabricação de drogas e terapias genéticas por meio da técnica dos clones » (Superinteressante, avril 1997, p. 42).

Le reportage de Globo Ciência montre, lui aussi, que la science est un des actants bénéficiaires de l'expérience. « [A criação da ovelha Dolly] pode contribuir para a elucidação de um mistério [...] fundamental : o dos fatores que determinam o processo de diferenciação celular (La création de la brebis Dolly peut contribuer à élucider un mystère fondamental : celui concernant les variables qui déterminent le processus de différenciation cellulaire) » ( Globo Ciência, juin 1997, p. 30).

#### 4.3.1.1.3. Le Sujet

Le sujet est celui qui opère la performance principale, effectuant la transformation d'état dans le processus narratif. Dans l'ensemble des articles analysés, l'embryologiste Wilmut représente ce sujet opérateur qui réussit à construire un clone utilisant une cellule spécialisée. Cependant, le poids donné au rôle de Wilmut varient dans les magazines. L'article de Rumjanek, publié par Ciência Hoje, présente le groupe de chercheurs comme un seul sujet, ne distinguant guère Wilmut de façon particulière :

---

Notre traduction : La ligne de recherche la plus importante qui en bénéficie le plus est l'étude du vieillissement des cellules. Une autre tendance est celle de la fabrication de médicaments par le biais de la technique de clonage.



« Em 1996, os mesmos pesquisadores que agora causam sensação já haviam publicado um artigo que marcava o ‘salto’ de anfíbios para mamíferos. [...] A unanimidade do grupo não duraria muito »<sup>1</sup> (Ciência Hoje, vol. 22, número 127, p. 44).

« Os pesquisadores raciocinaram então que a glândula mamária seria mais propensa a reprogramar-se que outros tecidos, o que de fato aconteceu »<sup>2</sup> (Ciência Hoje, vol. 22, número 127, p. 45).

Le reportage de La Recherche précise également que le rôle du sujet est partagé entre les chercheurs écossais de l’Institut Roslin. La Recherche mentionne plus souvent la participation de Keith Campbell comme co- sujet de la performance :

« C’est lui [Campbell] qui aura l’idée d’expérimenter avec des cellules quiescentes au stade G0. [...] En suivant le même protocole expérimental, Ian Wilmut, Keith Campbell et leurs collègues du Roslin Institut [...] ont également obtenu trois agneaux à partir de cellules d’un fœtus de 26 jours [...] » (La Recherche, avril 1997, p. 51).

Les reportages de Québec Science et Science et Vie se rapportent à Wilmut comme un sujet représentant l’équipe de l’Institut Roslin . « C’est cet obstacle, réputé insurmontable, que l’équipe de Ian Wilmut [...] a réussi à franchir », remarque l’article de Québec Science (juillet-août 1997, p. 27). Science et Vie (avril 1997, p. 56) se rapporte à « l’équipe britannique de Ian Wilmut, à l’Institut Roslin [...] ».

Déjà le magazine Superinteressante se rapporte toujours à Wilmut comme le sujet opérateur :

---

1. Notre traduction : En 1996, les mêmes chercheurs qui aujourd’hui sont des vedettes avaient déjà publié un article qui marquait l’évolution d’anphibiens pour des mammifères. L’unanimité entre le groupe ne durerait guère...

2. Notre traduction : Les chercheurs ont donc conclu que la glande mammaire serait plus propense à se reprogrammer que les autres tissus.

« [...]Wilmur [...] eliminou de seu clone a necessidade do encontro de um espermatozóide com um óvulo [...]. Wilmur produziu sua criatura usando um óvulo virgem [...]. [...] O cientista fez um embrião com os genes de uma célula [...] especializada »<sup>1</sup> (avril 1997, p. 38).

Le profil du sujet est dessiné par Superinteressante comme celui d'un personnage. Le chapeau du reportage annonce :

« Em fevereiro de 1997, o escocês Ian Wilmur, um brilhante embriologista de 52 anos, anunciou a primeira clonagem de um animal adulto, uma ovelha »<sup>2</sup> (idem).

À la fin de l'article, le journaliste trace même un profil de Wilmur :

« Aos 52 anos, pai de três filhos, Wilmur é discreto e metódico. Não tem o perfil usual de uma grande estrela da ciência . Há vinte anos faz parte da equipe de 300 pesquisadores do Instituto Roslin [...] »<sup>3</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 43).

#### 4.3.1.1.4. L'Anti-sujet

L'anti-sujet, dans la théorie greimassienne, est un rôle symétrique à celui du sujet. Ce rôle est l'opposant principal du sujet opérateur. Le cas Dolly est présenté dans les articles comme la quête du scientifique de dominer la nature. L'anti-sujet du cas Dolly est la nature, ce sont les mécanismes qui empêchent le scientifique d'obtenir son clone à partir d'une cellule adulte.

---

1. Notre traduction : Wilmur a éliminé de son clone la nécessité d'une rencontre entre un spermatozoïde et un ovule. Il a produit sa créature utilisant un ovule vierge. Le scientifique a construit un embryon à partir d'une cellule spécialisée.

2. Notre traduction : En février 1997, l'écossais Ian Wilmur, un brillant embryologiste âgé de 52 ans, a annoncé le premier clonage d'un animal adulte, une brebis.

3. Notre traduction : Âgé de 52 ans, père de trois enfants, Wilmur est discret et méthodique. Il n'a pas le profil usuel d'une grande vedette de la science. Depuis vingt ans il fait partie de l'équipe de 300 chercheurs de l'Institut Roslin.

Les articles analysés montrent que le(s) chercheur(s) de l'Institut Roslin conteste(nt) les règles de la nature. Un titre d'un tableau de Science et Vie (n° 955, avril 1997, p. 55) annonce : « Les lois de la vie bouleversées [sic] ». Le reportage de Superinteressante (avril 1997) suit la même idée disant à la page 40: « Ian Wilmut [...] aposentou [...] uma lei sagrada da biologia (Le scientifique a mis à la retraite une loi sacrée de la biologie) ». La loi sacrée en question se rapporte à l'incapacité de la plupart des cellules spécialisées à former un nouvel être, sauf par exemple, des cas comme les étoiles de mer. Cette loi empêchait le clonage à partir des cellules différenciées.

#### 4.3.1.1.5. L'Objet

Le clone de la cellule adulte est l'objet recherché dans la performance principale. La brebis Dolly, objet de la performance de Wilmut, représente le succès d'une expérience qui met plusieurs actants en relation. Les reportages analysés mettent l'accent sur la seule brebis ayant survécu parmi les autres 277 embryons créés à partir de la même méthode.

La brebis est présentée comme une réussite scientifique grâce à Wilmut et l'équipe de l'Institut Roslin. « [...] Avant d'obtenir ce succès, Ian Wilmut et son équipe ont tenté près de 1000 fusions [...] », rappelle le reportage de Québec Science (juillet-août 1997, p. 27). Le reportage de La Recherche (n° 297, avril 1997, p. 56) rappelle également qu'il a fallu « récolter mille ovocytes pour obtenir Dolly ». Objet d'abord virtuel, puisqu'un clonage de ce type n'était qu'une possibilité, Dolly est devenue réelle lorsque l'équipe de l'Institut Roslin a réussi à synchroniser le cycle de la cellule donneuse et celui de l'ovule receveur. Même après sa naissance, son existence est encore contestée, car certaines hypothèses mettent en doute l'origine mammaire de la cellule clonée.

## **L'objet modal**

L'objet modal correspond à l'élément qui confère au sujet la compétence qui lui faut pour effectuer la performance. Dans le cas Dolly, cet objet est représenté par la méthode qui permet la production d'un clone à partir d'une cellule de la glande mammaire d'une brebis. Cette méthode est valorisée dans la mise en relation entre les scientifiques, qui s'échangent des informations à propos du clonage, comme le montre le reportage de La Recherche :

« Campbell apprend par une indiscretion qu'un technicien du laboratoire avait oublié d'alimenter en sérum les cellules en culture... Lui et Wilmut décident aussitôt d'appliquer la recette » (La Recherche, avril 1997, p. 54).

### **4.3.1.1.6. L'Adjuvant**

Dans le récit, l'adjuvant correspond à l'ensemble des éléments qui contribuent à l'obtention de l'objet par le sujet opérateur. Pour parvenir à créer Dolly, l'équipe de l'Institut Roslin compte sur une série d'éléments adjuvants. Les articles mentionnent les scientifiques prédécesseurs dans les expériences de clonage, les connaissances accumulées par les chercheurs de l'Institut Roslin et, sans oublier, le hasard, comme le remarque le reportage de La Recherche :

« Là aussi un certain hasard a joué son rôle [...]. Dolly elle-même est sans doute en partie le produit du hasard. Un hasard certes provoqué. Mais 277 embryons formés à partir de cellules de glande mammaire n'ont donné qu'un agneau viable. Ce n'est pas beaucoup » (La Recherche, avril 1997, p. 54).

« Ian Wilmut apprit ainsi en 1986, par une indiscretion, que le Danois Willamsden [...] était aussi parvenu, en 1984, à faire naître un mouton à partir de cellules de blastocyste, déjà différenciées » (idem).

#### 4.3.1.1.7. L'Opposant

Ce rôle correspond aux obstacles qui peuvent empêcher le sujet d'effectuer la performance. Certaines incorrections dans l'expérience sont signalées par des scientifiques renommés qui contestent le résultat de l'expérience qui a créé Dolly. Le 30 janvier 1998, presque un an après le clonage, la revue Science publia une lettre de deux scientifiques, Vittorio Sgaramella, de l'Université de Calabria, et Norton Zinder, de l'Université de Rockefeller, qui indiquaient des erreurs dans l'expérience. Un premier opposant est le fait que la mère génétique de Dolly était déjà morte quand la brebis est née. Cela empêcha les scientifiques de comparer à nouveau la copie (Dolly) avec la brebis d'où on a extrait les gènes à copier. Deuxièmement, la brebis clonée était enceinte, ce qui ajoutait une autre probabilité d'erreur. Une des cellules embryonnaires (qui se présentent normalement dans le sang des femelles enceintes) aurait pu éventuellement se mêler aux cellules prélevées de la glande mammaire de la mère génétique de Dolly.

Le reportage de Superinteressante avertit le lecteur que le résultat de l'expérience n'est pas encore très concluant étant donné la faible marge de succès par rapport aux nombreuses tentatives de clonage. L'article ajoute, sans cependant s'intéresser à tous les détails, qu'il existe une hypothèse allant à l'encontre du résultat de l'expérience :

« Outro fato citado pelo cientista [Wilmot] em seu artigo científico na revista inglesa Nature é a possibilidade de Dolly nao ter nascido de uma célula de mama, mas de algum embrião de verdade infiltrado por ali. Seria o maior banho de água fria do ano. As chances são remotíssimas, mas a suspeita tem de ser investigada » (Superinteressante, avril 1997, p. 41).

---

Notre traduction : Un autre fait cité par Ian Wilmut dans son article scientifique dans la revue anglaise Nature est la possibilité de Dolly ne pas avoir été créée à partir d'une cellule de pis de brebis, mais d'un vrai embryon infiltré parmi les cellules prélevées de la glande mammaire. Ce serait la déception de l'année. Les probabilités que cela ait arrivé sont extrêmement faibles, mais le supçon doit être vérifié.

Parmi les articles analysés, le reportage de Science et Vie ne mentionne pas d'opposant. Québec Science le mentionne en soulignant que la possibilité de la cellule originale n'être, en vérité, qu'une cellule embryonnaire n'élimine pas totalement le succès de l'expérience. « Retour à la caisse de départ ? Pas tout à fait, puisque, même si la cellule n'était pas différenciée, on aurait bel et bien cloné une cellule adulte » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 27). Le reportage de La Recherche analyse plus en détail cet élément opposant rappelant que les chercheurs ont également obtenu des agneaux à partir de cellules d'un fœtus de 26 jours. Ensuite il explique : « à ce stade, un fœtus ovin est déjà un animal différencié, avec la tête et les membres, le système nerveux et tous les organes » (La Recherche, avril 1997, p. 55). L'article rassure donc qu'il est possible de cloner un gros mammifère à partir des cellules spécialisées.

La méconnaissance de certains mécanismes du développement de la cellule s'avère un autre obstacle au résultat favorable de l'expérience de clonage. Le reportage de La Recherche soulève cette question expliquant qu'on ne connaît guère jusqu'à quel point l'ovule receveur participe à la formation du patrimoine génétique du clone. Puisqu'il cède au noyau à cloner certaines de ses organelles, l'ovule énucléé participe tout de même à la formation du nouvel individu. Pour cette raison, le clone Dolly pourrait être encore contesté.

Le reportage de Globo Ciência oriente le thème vers le contexte brésilien et identifie des éléments opposants au développement des méthodes de clonage au Brésil :

« Se o Brasil está um passo atrás na corrida rumo aos clones, nao é por falta de talentos científicos. O que dificulta as pesquisas [no Brasil] sao os conhecidos problemas de falta de verbas e descaso com que o governo trata as atividades científicas » ( Globo Ciência, juin 1997, p. 33).

---

Notre traduction : Si le Brésil est un pas derrière dans la course vers les clones, ce n'est pas parce qu'il manque des talents scientifiques. Ce qui rend difficile la continuation des recherches sont les problèmes connus concernant la manque de subventions et la négligence du gouvernement en ce qui concerne les activités scientifiques.

#### **4.3.1.2. Les programmes narratifs**

La narration se définit comme un ensemble de transformations qui établissent des relations entre les actants du récit. Les programmes narratifs sont des parties distinctes du récit, qui est composé de quatre phases : la manipulation, la compétence, la performance et la sanction. La manipulation débute le processus, la compétence définit les éléments qui mènent à la transformation, la performance est l'action qui marque la transformation et la sanction constitue la confirmation de la transformation. Selon Greimas, ces quatre étapes, dont l'ordre n'est pas nécessairement chronologique, sont toujours présentées dans une séquence narrative. Dans le cas Dolly, les programmes narratifs sont identifiables dans l'ensemble des articles, qui ont en commun le fait de présenter l'expérience de clonage comme un récit. Toutefois, ces quatre étapes ne sont pas toujours disposées de la même façon dans la structure des textes.

##### **4.3.1.2.1. La manipulation (le faire faire)**

Le mouvement narratif débute par la mise en relation entre un destinataire et le sujet opérateur. Le destinataire est celui qui fait agir le sujet opérateur en lui transmettant un devoir faire et un vouloir faire. La manipulation démarre donc le mouvement narratif lorsque le destinataire fait faire quelque chose au futur sujet. Dans le cas Dolly, la manipulation n'est guère rehaussée. Les magazines de culture scientifique présentent la manipulation comme un mouvement implicite découlé des expériences précédentes autour du clonage. Les articles analysés fournissent des pistes sur les actants qui poussent Wilmut à effectuer le clonage de Dolly, sans néanmoins présenter le moment de la manipulation de façon explicite.

Tandis que la manipulation principale, où Wilmut serait crédité par son destinataire d'effectuer le clonage, n'est pas explicite dans les textes, une manipulation secondaire est présentée de façon très claire. Il s'agit de la manipulation de Wilmut sur la cellule à être clonée. Certains articles décrivent cette opération comme une étape de faire faire, où Wilmut assume le rôle du destinataire et la cellule assume un rôle de sujet. Cette relation est ainsi explicitée par le reportage de La Recherche :

« Les chercheurs écossais se sont rendu compte qu'en combinant ces deux techniques, activation de l'ovocyte énucléé et arrêt du cycle des cellules donneuses, ils pouvaient réussir à faire naître des animaux viables avec des cellules déjà fortement, voire totalement différenciées » (La Recherche, avril 1997, p. 52).

Les chercheurs sont donc à la fois des sujets d'une manipulation principale sous le plan politique (l'Institut Roslin représentant les destinataires qui démarrent le projet) et des destinataires d'une manipulation secondaire (l'expérience proprement dite). Dans ce deuxième plan, les chercheurs induisent les cellules (sujets) à se comporter d'une façon déterminée, en accomplissant donc la performance du clonage. Le reportage de Superinteressante transforme même les cellules en personnages pour expliquer que Wilmut persuade à la fois une cellule somatique à arrêter son cycle et un ovocyte énucléé à accepter un noyau étranger comme s'il s'agissait d'un embryon :

« [...] O que Wilmut precisava fazer era apagar as instruções inscritas nos genes da célula tirada da ovelha adulta, que seria a mãe de Dolly. Essa célula só sabia ser mama, mas o escocês deu a ela a ordem de ser embrião »<sup>1</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 41).

---

Notre traduction : Ce que Wilmut avait besoin de faire c'était effacer les instructions inscrites dans les gènes de la cellule prélevée de la brebis adulte, qui serait la mère de Dolly. Cette cellule ne savait qu'être pis, mais l'écossais lui ordonna d'être embryon.



#### 4.3.1.2.2. La compétence ou performance modale (l'être du faire)

La compétence correspond au moment où le sujet est mis en relation avec les conditions nécessaires pour qu'il effectue la performance principale. Dans le cas Dolly, la compétence est visible surtout lorsque les articles montrent comment les chercheurs obtiennent le savoir et le pouvoir de faire un embryon à partir d'une cellule somatique.

Les chercheurs sont présentés tout d'abord comme des scientifiques qualifiés pour la performance. La performance modale se consolide dans cette présentation mais aussi au moment où les articles présentent la façon dont les chercheurs trouvent une méthode qui leur convient. La compétence ou performance modale est l'étape où le sujet se prépare pour l'action principale. La méthode choisie par les chercheurs écossais est l'outil qu'il leur faut pour produire Dolly.

Les articles des magazines de culture scientifique présentent la compétence de plusieurs façons, allant d'une lecture imaginaire à une description minutieuse des procédures qui permettent que les chercheurs trouvent la clé du clonage. Ils suggèrent l'image d'un jeu de détectives, où les scientifiques recherchent un mystère, ou alors un jeu de casse-tête, où les chercheurs trouvent des pièces qu'il faut bien regrouper pour visualiser le plan qui mène au trésor. Le reportage de La Recherche décrit comment Wilmut et Campbell acquièrent les informations pour projeter leur méthode racontant que les deux chercheurs apprennent certaines de ses informations par indiscrétion. Déjà le reportage de Superinteressante simplifie l'histoire disant que la méthode du clonage vient d'une intuition de Wilmut.

#### 4.3.1.2.3. La performance principale (le faire être)

À cette étape le sujet est mis en relation avec l'objet effectuant une transformation d'état. Dans le cas Dolly, le programme narratif se réalise par le passage d'un état de disjonction à un état de conjonction entre le sujet (les chercheurs) et l'objet (le clone). L'état de conjonction est présenté dans le récit comme l'obtention du clone de brebis à partir d'une cellule somatique. La performance principale opérée par les chercheurs correspond à l'apogée du récit sur Dolly. Dans cette étape les chercheurs effectuent l'action la plus importante du récit : ils transforment le noyau d'une cellule de glande mammaire en noyau d'un ovocyte enucléé, faisant donc fusionner les deux cellules afin d'obtenir un embryon. Ils parviennent ainsi à cloner la brebis. Les articles de culture scientifique expriment les énoncés d'état (la relation de conjonction entre le chercheur et le clone) et du faire (la performance du chercheur) par le biais de la description de la transformation opérée par Wilmut et son équipe.

« Ele conseguiu desprogramar uma célula especializada e fazer com que seu núcleo, levado para dentro de um óvulo, virasse um embrião » (Superinteressante, avril 1997, p. 41).

#### 4.3.1.2.4. La sanction (l'être de l'être)

La sanction est présentée dans le récit au moment où la performance est confirmée par le destinataire. Il démontre ainsi la reconnaissance de l'état final de la transformation réalisée par le sujet opérateur. Le résultat de l'expérience du clonage réalisée par Wilmut et les chercheurs de l'Institut Roslin est sanctionné par la communauté scientifique et par plusieurs secteurs de la société, comme le montrent les articles des magazines de culture scientifique.

---

Notre traduction : Il a réussi à déprogrammer une cellule spécialisée et faire son noyau se transformer en embryon, une fois transporté dans un ovule.

La sanction est d'abord manifestée de façon positive par la reconnaissance publique de Wilmut. Le reportage de Superinteressante (avril 1997, p. 39) juge : « O escocês, merecidamente, foi a sensação do planeta (L'écossais fût , avec mérite, la sensation de la planète) ». Cet aspect est souligné dans les six articles analysés. Il est, d'ailleurs, le point de départ des articles de magazines de culture scientifique. C'est justement par la reconnaissance publique de l'expérience qui débutent les articles sur le cas Dolly.

La sanction est aussi manifestée lorsque les articles montrent la réaction de certains actants, représentant le destinataire, face à Dolly. La communauté scientifique donne son verdict. Le reportage de Globo Ciência sanctionne le résultat en accordant la parole au professeur Visintin, un des chercheurs brésiliens les plus renommés qui oeuvrent sur le clonage des animaux supérieurs :

« Clonar o animal adulto permite, sem dúvida, um maior controle do rebanho resultante », admite o professor Visintin, aplaudindo a façanha escocesa » (Globo Ciência, juin 1997, p. 31)

Pour caractériser le verdict de la communauté scientifique, le reportage de Québec Science donne la parole au généticien français Alex Kahn qui a déclaré au journal Le Monde : « On a réussi à réveiller des gènes dont on ignorait qu'ils fussent réveillables. Il s'agit selon moi d'un travail d'une importance fondamentale considérable » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 27). Les articles mentionnent également l'opinion de certaines personnalités, comme Bill Clinton, le Pape ou Jacques Chirac, qui donnent également leur verdict sur le résultat de l'expérience. Tous ces jugements ont un point convergent : ils admettent le résultat comme vrai, confirmant ainsi la performance réalisée par Wilmut et ses collègues chercheurs de l'Institut Roslin.

---

Notre traduction : « Cloner la bête adulte permet sans doute un plus grand contrôle du troupeau résultant », admet le professeur Visintin, en applaudissant la prouesse écossaise.

Le modèle greimassien a rendu possible l'identification des éléments typiques du récit, dans les articles analysés. La structure observée dans les articles est le résultat d'un travail de réécriture, où le journaliste se sert d'un ensemble de rôle actantiels, tout en racontant l'événement scientifique par le biais d'une série d'épisodes. L'identification de cette structure atteste notre hypothèse principale, selon laquelle le journaliste opère une recréation du texte scientifique lorsqu'il le vulgarise.

#### **4.3.2. Les mots clés et les catégories sémantiques**

Suivant la méthode d'analyse sémantique de Kientz (1971), les articles sur Dolly ont aussi été analysés à partir d'un ensemble de mots clés qui apparaissent fréquemment dans les textes. Les mots clés servent à situer les catégories sémantiques principales de l'ensemble d'articles analysés. À travers ces mots, il est possible de percevoir les approches les plus exploitées dans les textes sur Dolly.

La fréquence de chaque mot clé dans les textes a été inférée, sans l'emploi d'un outil d'analyse quantitatif. Sont considérés comme mots clés les termes non scientifiques qui figurent de façon fréquente dans l'ensemble des articles analysés. Les mots clés choisis ici sont trouvés dans la presque totalité des articles sur Dolly faisant partie de cette étude, même si les articles analysés proviennent de pays différents. Ces mots sont utilisés pour expliquer et surtout pour qualifier l'expérience de clonage. Les mots clés qui conduisent aux principales catégories sémantiques sont de six: spectacle (spectaculaire), prouesse, impossible, truc, simple, complexe.

Chacun des six mots peut regrouper d'autres mots qui font partie d'un même groupe sémantique, représentant donc une même approche. Un exemple est le mot « spectaculaire », qui appartient à la même catégorie sémantique des mots « exceptionnel », « fantastique », « extraordinaire » et

« sensationnel ». Ces mots sont utilisés dans les magazines de culture scientifique pour sanctionner l'expérience du clonage. Comme exemple, Québec Science (juillet-août 1997, p. 27) qualifie la naissance de Dolly comme « un événement spectaculaire ». D'autres termes similaires sont utilisés:

« Dolly [...] est une bête *exceptionnelle* : elle a été clonée à partir d'une cellule d'une autre brebis, de six ans son aînée » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 25).

« S'agissant de Dolly, l'exploit est beaucoup plus *étonnant* [...] » (Science et Vie, n° 955, avril 1997, p. 57).

« Os mecanismos envolvidos nessa *fantástica* metamorfose são bastante obscuros [...] »<sup>1</sup> Globo Ciência, p. 38

« O que Wilmut conseguiu de *extraordinário* foi quebrar dois tabus »<sup>2</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 38).

Le « spectacle » résume l'importance accordée à l'événement, considéré inédit et attirant. Cette importance est aussi soulignée par La Recherche et Ciência Hoje, mais les articles de ces deux magazines semblent chercher à éviter l'excès d'enthousiasme. La Recherche (avril 1997, p. 50) est plutôt critique à l'égard de l'idée du spectacle, annonçant qu'il y avait longtemps « qu'une nouvelle scientifique n'avait pas fait autant de bruit ». Cependant l'article reproduit le commentaire d'un embryologiste allemand concernant le clonage d'un embryon de batracien : « une expérience fantastique » (La Recherche, avril 1997, p. 52). L'expérience des chercheurs de l'Institut Roslin est ensuite présentée comme « la grande nouveauté » (idem). L'article de Ciência Hoje, indique tout de même l'idée du spectacle, lorsqu'il se rapporte aux chercheurs qui ont conçu Dolly :

---

1. Notre traduction : Les mécanismes de cette métamorphose fantastique sont assez obscures.

2. Notre traduction : Ce que Wilmut a réussi d'extraordinaire a été de détruire deux tabous.

« Em 1996, os mesmos pesquisadores da Escócia que agora causam sensação já haviam publicado um artigo que marcava o ‘salto’ de anfíbios para mamíferos»<sup>1</sup> (Ciência Hoje, vol. 22, número 127, p. 44).

Le mot « prouesse » est un des mots les plus fréquemment utilisés dans la majorité des magazines analysés. Cette deuxième catégorie regroupe des mots qui suggèrent l’idée de défi à la nature, de franchissement d’un obstacle.

« Actuellement, plusieurs équipes scientifiques à travers le monde tentent de répéter la *prouesse* des Écossais » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 27).

« A notícia da *façanha* de Wilmut foi uma bomba [...] »<sup>2</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 38).

Le mot « exploit » est également utilisé dans ce sens :

« S’agissant de Dolly, l’*exploit* est beaucoup plus étonnant », (Science et Vie, n° 955, avril 1997, p. 57).

« [...] Personne n’a réussi à rééditer cet *exploit* », (Québec Science, juillet-août 1997, p. 27).

La même idée est suggérée par des expressions soulignant la performance des chercheurs, qui défient la nature avec leur expérience :

« Ian Wilmut simplesmente aposentou aquilo que era uma lei sagrada da biologia, segundo a qual uma célula especializada (de ovelha e da maioria das espécies conhecidas) jamais poderia gerar um novo ser »<sup>3</sup>, (Superinteressante, avril 1997, p. 40).

- 
1. Notre traduction : En 1996, les mêmes chercheurs écossais qui sont admirés présentement avaient déjà publié un article qui marquait le progrès des expériences, auparavant avec des amphibes et ensuite avec des mammiphères.
  2. Notre traduction : La nouvelle concernant la prouesse de Wilmut a été une bombe.
  3. Notre traduction : Ian Wilmut a tout simplement franchi une loi sacrée de la biologie selon laquelle une cellule spécialisée (de brebis et de la plupart des espèces connues) ne pourrait jamais générer un nouvel être.

« Foi aí que Wilmut anunciou um revertério assustador, derrubando a velha lei », (Superinteressante, avril 1997, p. 41).

« C'est du moins ce qu'on croyait jusqu'ici et c'est ce que vient de démentir l'équipe de Wian Wilmut » (Science et Vie, avril 1997, p. 57).

L'idée de prouesse est reliée à l'idée de réussite, exprimant également les difficultés surmontées par les chercheurs :

« L'équipe écossaise de Ian Wilmut **a réussi** pour la première fois à cloner un mammifère à partir d'une cellule "adulte" » (Science et Vie, n° 955, avril 1997, p. 55).

« C'est cet obstacle, réputé insurmontable, que l'équipe de Ian Wilmut, de l'Institut Roslin [...] **a réussi** à franchir » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 27).

Le troisième mot clé c'est « impossible », qui renforce l'idée d'un résultat très difficile à obtenir et, plus que cela, un rêve devenu réel. Le reportage de Superinteressante (avril 1997, p. 41) parle de l'expérience comme un « rêve impossible » (« *sonho impossível* », en portugais). Le mot se répète dans d'autres magazines :

« [...] Il s'agit d'une prouesse scientifique qu'on jugeait **impossible** [...] » (Science et Vie, n° 955, avril 1997, p. 54).

« Réaliser un clonage de cellules adultes paraissait cependant **impossible** » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 27)

Les articles montrent que la réalisation de l'expérience a été une surprise, soulignant que ce type de clonage était considérée irréalisable jusqu'à alors :

« C'est une percée scientifique considérable, que les biologistes croyaient **irréalisable** » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 25).

---

Notre traduction : C'était à ce moment que Wilmut annonça un changement étonnant, basculant la vieille loi.

« S'agissant de Dolly, l'exploit est beaucoup plus *étonnant* : cette fois, il s'agit non pas de cellules embryonnaires mais de cellules différenciées ». (Science et Vie, n° 955, avril 1997, p. 57).

« Le mythe maintes fois décrit par les auteurs de science-fiction est *devenu réalité* » (Science et Vie, n° 955, avril 1997, p. 56).

Les articles de Globo Ciência e Ciência Hoje nuancent la coupure entre rêve et réalité en employant également l'antonyme « possible » pour montrer, encore une fois, que ce qu'on jugeait impossible est devenu faisable :

« De qualquer forma, nao resta dúvida de que, depois de Dolly, tornou-se tecnicamente *possível* clonar um ser humano »<sup>1</sup> (Globo Ciência, juin 1997, p. 34).

« A pergunta dos pesquisadores [...] foi respondida : *é possível* gerar um clone a partir de células somáticas »<sup>2</sup> (Ciência Hoje, vol. 22, número 127, p. 45).

Le quatrième mot clé est « truc », qui désigne, au-delà d'une méthode, le côté créatif des chercheurs :

« Le *truc* : retirer les cellules mères du cycle de division cellulaire [...] » (Québec Science, juillet-août 1997, p. 27).

« O *truque* fez essa quiescência acontecer quando a célula era bem jovem »<sup>3</sup> (Superinteressante, avril 1997, p. 42).

« O '*pulo do gato*' está no sincronismo do ciclo celular do núcleo e do citoplasma receptor [...] »<sup>4</sup> (Globo Ciência, juin 1997, p. 30).

- 
1. Notre traduction : Il ne faut pas douter que après Dolly, il est devenu techniquement *possible* de cloner un être humain.
  2. Notre traduction : La question des chercheurs a eu une réponse : *il est possible* de générer un clone à partir des cellules sommatiques.
  3. Notre traduction : Le *truc* a fait que cette quiescence ait lieu quand la cellule était très jeune.
  4. Notre traduction : Le *secret* est dans le synchronisme du cycle cellulaire du noyau et du cytoplasme récepteur.



Cette approche est aussi explicitée par l'usage de mots comme « secret », « pressentiment », qui indiquent l'aspect humain des chercheurs dans l'expérience du clonage :

« La technique utilisée par l'équipe [...] a consisté à mettre en culture des cellules de glande mammaire et à rendre leur noyau totipotent [...]. C'est là le vrai *secret* de l'expérience » (Science et Vie, n° 955, avril 1997, p. 56).

« Para [...] fazer de sua célula especializada um embrião, Ian Wilmut apostou num *palpite* [...]: a fome. É um *palpite* que ainda não está inteiramente comprovado[...] » (Superinteressante, avril 1997, p. 42)

Les deux autres mots clés, « simple » et « complexe » (ou « compliqué »), paraissent souvent ensemble dans les textes. Le mot « simple » introduit les explications et le mot « complexe » sert à nuancer que l'expérience est tout de même une opération délicate :

«La relative *simplicité* des procédures décrites et des schémas présentés dans la presse ne doivent pas faire illusion. Le clonage de Dolly est une opération *lourde* et *complexe* [...] » (La Recherche, n° 297, avril 1997, p. 51).

« [...] Chez les mammifères, elle [la méthode de clonage] est beaucoup plus *complexe* [...] » (Science et Vie, n° 955, avril 1997, p. 57).

« La technique du clonage est également assez *simple*. On prélève une cellule de l'animal dont on veut obtenir une copie [...]. Mais tout ça, c'est la théorie. Dans les faits, c'est beaucoup plus *compliqué* ». (Québec Science, juillet-août 1997, p. 26)

Les mots clés choisis montrent donc comment les journalistes qualifient l'expérience et quels sont les thèmes principaux soulevés concernant l'expérience proprement dite. Le choix des six mots clés présentés à l'aide des exemples ci-dessus se limite à montrer comment les journalistes présentent les méthodes et les résultats de l'expérience. Ainsi, l'analyse des mots clés permet qu'on identifie les principales approches adoptées par les journalistes lorsqu'ils décrivent et qualifient les méthodes et les résultats de l'opération du clonage.

L'insertion de ces mots révèle que l'opinion a une place importante dans les articles de culture scientifique. Tandis que les articles de vulgarisation se limitent plutôt à traduire les informations scientifiques au public profane, les articles de culture scientifique ouvrent un espace plus grand à l'interprétation de ces informations. L'adoption de ces six mots-clés indique également que les journalistes cherchent à présenter une vision particulière de la science. Cette vision est exprimée par des jugements de valeur, lorsqu'on adopte des adjectifs comme « simples », « compliqué », « étonnant » et « impossible », et des substantifs comme « spectacle », « prouesse » et « rêve ».

L'information scientifique est ainsi enrobée de fiction. Dans les articles de culture scientifique, la science n'est présentée que par son aspect spectaculaire, fascinant, intrigant et sensationnel. La structure narrative et l'accent particulier sur certains thèmes dénotent cette tendance de récréation du texte scientifique à l'aide de la fiction.

## Chapitre 5 : Analyse des entrevues

Ce chapitre présente l'analyse de sept entrevues avec des journalistes qui travaillent dans des magazines de culture scientifique au Brésil et au Québec. L'analyse des entrevues a pour but de vérifier si celles-ci confirment ou s'opposent à l'analyse discursive des articles sur le cas de Dolly. D'autre part, nous cherchons, dans les entrevues, des éléments qui confirment, qui s'opposent ou tout simplement qui complètent notre hypothèse de départ concernant le travail de recréation des textes scientifiques dans les magazines de culture scientifique.

Les entrevues sont présentées à partir des aspects particuliers soulevés par les journalistes interviewés. Certains de ces journalistes ne sont pas des auteurs des articles sur Dolly, bien qu'ils travaillent dans les magazines qui font partie du corpus de l'analyse. Dans Québec Science, l'interviewé est Michel Gauquelin, le journaliste en chef. Dans Superinteressante, l'interviewé est Flávio Diegues, auteur d'un reportage sur Dolly et un des journalistes en chef du magazine. Dans Globo Ciência, nous avons interviewé Flávio Tadeu, auteur du reportage sur le clonage, et Álfio Beccari, journaliste en chef. Dans Ciência Hoje, nous avons interviewé Roberto Carvalho, auteur d'une entrevue sur le clonage, Alícia Ivanssevich, journaliste en chef, et Cássio Vieira, journaliste pigiste.

### 5.1. Aspects lexicaux et stylistiques de la reformulation

Même s'ils n'ont pas nommé les reformulations, les journalistes ont donné des exemples montrant certains types de substitutions synonymiques. Álfio Beccari, éditeur de Globo Ciência, a donné l'exemple du remplacement du terme « néoplasme » par le mot « cancer ». Selon la classification de

Jacobi (1986) il s'agit d'une substitution synonymique du type hyperonymique, car le terme spécifique est remplacé par un autre terme plus général. Beccari a expliqué que, dans un reportage, le langage scientifique est plutôt utilisé pour mieux préciser un concept dans le langage ordinaire. Pour lui, il est important de maintenir la rigueur de l'information scientifique tout en la rendant compréhensible. « Souvent, pour être compréhensible il faut abandonner le langage scientifique », a-t-il observé. Beccari a noté que les magazines de « divulgation scientifique », comme Nature, Scientific American et Science, sont des sources importantes pour les journalistes, mais ne sont pas accessibles au grand public en raison de leur format et de leur vocabulaire plutôt scientifique.

C'est surtout sur l'aspect stylistique que les journalistes ont mis l'accent lorsqu'ils ont décrit leur travail. Souvent ils ont mentionné que, pour créer un reportage, il faut « détruire » le langage du texte scientifique. « Il faut détruire un langage en vue d'expliquer les contenus transmis par ce langage », affirme Flávio Dieguez, éditeur de Superinteressante. Cássio Vieira, journaliste de Ciência Hoje, a aussi parlé de la « destruction totale du texte scientifique » lorsque le journaliste écrit un reportage. Roberto Carvalho, de Ciência Hoje, a décrit son travail comme une « transposition de langages ». Cette idée de reformulation a été exprimée par tous les journalistes, qui ont tenu à souligner les différences fondamentales entre le texte scientifique et le texte journalistique.

Les journalistes ont noté que le langage scientifique est précis, ayant des significations exactes. Álfio Beccari, de Globo Ciência, a indiqué que le texte journalistique suit le chemin contraire. « Généraliser est une tendance du journaliste », a-t-il dit. « Le langage scientifique n'admet pas des métaphores, qui sont une des plus importantes sources de la littérature », a remarqué Flávio Dieguez, de Superinteressante. Il a ajouté que « par contre, le langage journalistique, comme le langage de la fiction [de la littérature], est métaphorique, en admettant des significations multiples ». Dieguez considère que

le caractère métaphorique du texte journalistique lui donne une plus grande capacité à communiquer. « Comme dans la poésie, où l'on groupe une énorme quantité d'informations par l'unité de mots, le texte journalistique présente une grande richesse de significations », a-t-il comparé. Flávio Tadeu, de Globo Ciência, a comparé, lui aussi, le texte journalistique à la poésie pour décrire leur caractère polysémique, c'est-à-dire qui admet des sens multiples.

Les interviewés ont donné plusieurs exemples de métaphores. Flávio Dieguez, de Superinteressante, remarque que le journaliste spécialisé en sciences s'occupe d'expliquer un texte qui n'admet pas de métaphores et, pourtant, « il lui faut absolument utiliser des métaphores ». Selon les interviewés, il s'agit d'un travail difficile, car le journaliste risque de perdre des informations importantes ou de les dévier de son sens original. En même temps, les sept journalistes perçoivent les métaphores comme un outil pour rendre les concepts abstraits plus proches de la vie quotidienne du lecteur.

Les sept interviewés ont tous mentionné que l'utilisation d'analogies est une démarche typique du journalisme spécialisé en sciences. Cássio Vieira, de Ciência Hoje, a expliqué que les analogies aident le journaliste à transformer des concepts abstraits en choses palpables. Les comparaisons sont utilisées afin d'amener les informations scientifiques à la réalité du public, a noté Michel Gauquelin, de Québec Science. Ainsi, se justifie la vaste utilisation d'expressions comme : « de la grandeur de », « si lourd comme un », « cela se passe comme si », « cela fonctionne comme un ».

Seul Roberto Carvalho, de Ciência Hoje, a mentionné la ponctuation comme un outil important pour expliquer des concepts scientifiques. « Nous travaillons beaucoup avec des parenthèses et tirets, parce que les articles portant sur des sujets scientifiques demandent davantage d'explications », a observé le journaliste. Il considère que les autres spécialisations du journalisme sont plus familières pour le lectorat, utilisant donc moins ces marques de ponctuation. Carvalho croit que même si les techniques

du journalisme soient fondamentalement les mêmes, les articles portant sur des informations scientifiques demandent une façon d'écrire encore plus simple et explicative. « Il vaut mieux songer à formuler des phrases courtes, évitant les paragraphes longs, les subordonations et l'ordre indirecte, soit le temps passif. « Les citations entre guillemets doivent être également courtes », a-t-il remarqué. Ces manières d'écrire sont, selon lui, des indices du caractère explicatif de l'article portant sur une information scientifique. Même si le journaliste n'a pas utilisé le terme « métalangage », il a mentionné que les articles portant sur la science sont marqués par un caractère auto-explicatif.

D'autres interviewés ont expliqué la raison de l'usage d'autres marques de ponctuation. Le journaliste de Superinteressante a expliqué que l'usage des interrogations dans les textes sert à orienter le lecteur vers certains raisonnements. Déjà Álfio Beccari, de Globo Ciência, a condamné l'usage de phrases interrogatives et de titres en interrogation. « Nous devons informer, affirmer », a-t-il dit.

Ayant un style moins convivial que Superinteressante, le magazine Globo Ciência présente certaines variations de style. Les deux interviewés de Globo Ciência ont fait des commentaires concernant les appels au lecteur dans le texte. « Nous n'avons pas, par exemple, l'habitude d'appeler le lecteur dans nos textes, comme le font d'autres publications plus conviviales », a rappelé Flávio Tadeu, auteur du reportage sur le cas de Dolly. Il a dit avoir dû s'adapter aux différentes politiques des magazines où il a travaillé. « Certains magazines où j'ai travaillé avaient cette formule de se rapporter au lecteur dans les articles. Cela attire davantage l'attention du lecteur, mais, en même temps, ces formules peuvent devenir des tics de langage », a-t-il observé. Álfio Beccari, éditeur de Globo Ciência, a été catégorique : « Il ne faut pas sousestimer le lecteur ».

## 5.2. Aspects sémantiques de la reformulation

«Superinteressante ne vend pas de science, il vend de l'aventure. Nous utilisons la science comme une matière première. Notre public veut savoir comment la science affecte sa vie, ses rêves. Un magazine mensuel comme Superinteressante ne vend pas de faits scientifiques : ils sont déjà connus du lecteur. Notre but est de repositionner ces faits scientifiques dans l'univers culturel du lecteur» (Entrevue avec Flávio Dieguez).

Flávio Dieguez a observé que le magazine Superinteressante ne pourrait pas vendre l'information scientifique elle-même, car sa périodicité mensuelle exige d'autres approches et l'approfondissement des nouvelles. Álfio Beccari, de Globo Ciência, partage cette même perception, signalant en plus que certaines observations pertinentes du journaliste ne sont pas nécessairement scientifiques. Selon lui, cela est possible parce que le journaliste insère l'information scientifique brute dans un univers d'informations plus amples. L'information scientifique est donc le prétexte pour la réalisation du reportage et le journaliste complète les faits avec des considérations venues de son imagination. La fiction peut donc s'avérer un outil pour expliquer le fait scientifique.

« Le journaliste non seulement documente ce qu'il observe, mais il registre la réalité avec son par son opinion, son imagination. Lorsqu'il y a des lacunes entre les faits, le journaliste complète le fait historique avec des situations inventées et romancées, bref avec la fiction. Souvent la version du journaliste est autant ou parfois plus importante que les faits» (Entrevue avec Álfio Beccari, de Globo Ciência).

L'interviewé a rappelé que certains auteurs documentent avec précision des faits historiques tout en les transformant en littérature, tels que Marguerite Yourcenar (Mémoires de Adrien) et Umberto Eco (Le nom de la rose, Le pendule de Foucault).

Flávio Dieguez est un des auteurs du reportage sur le clonage publié par Superinteressante ; un reportage « écrit à quatre mains », avec le directeur de la rédaction, le journaliste Eugênio Bucci. Lorsqu'il a énuméré les techniques utilisées pour vulgariser les informations scientifiques, en particulier celles utilisées dans le reportage sur le cas de Dolly, Dieguez a admis que d'autres langages influencent le texte, même s'il demeure essentiellement journalistique. « Certes, nous utilisons des éléments techniques propres au texte journalistique. Mais, s'agissant d'un magazine mensuel, nous avons une certaine flexibilité par rapport à ces techniques là », a-t-il dit. Le journaliste a expliqué que les reportages peuvent débiter par une longue introduction, sans nécessairement toucher à l'aspect le plus important. Souvent, le « lead » introduit le reportage tout en énonçant les informations principales sur l'événement en question.

Roberto Carvalho, de Ciência Hoje, a observé que le texte journalistique doit se distinguer par l'invention, « pas seulement du contenu mais aussi de la forme de représenter ce contenu ». Flávio Dieguez, de Superinteressante, a indiqué des emprunts d'autres langages en dehors du texte journalistique proprement dit. Dans le reportage sur le cas de Dolly, Dieguez a identifié deux types d'emprunt. Premièrement, il a noté des éléments du langage de la publicité : « L'introduction du reportage sur Dolly propage la nouvelle comme une 'bombe', une 'unanimité', une 'grande fête'. Ces qualificatifs permettent au lecteur de comprendre l'importance de la nouvelle lorsqu'il se rend compte de son impact dans la presse ». Alfio Beccari, de Globo Ciência, a noté que les journalistes essaient de convaincre le lecteur que l'approche de cet article sera différente des autres. « Le journaliste promet de suivre un chemin qui n'a pas été suivi auparavant », observe-t-il. Deuxièmement, le journaliste de Superinteressante a identifié un recours qui, selon lui, vient du discours dialectique des textes du moyen



âge, caractérisé par l'acte de poser des questions pour amener le lecteur à une réponse déterminée. « Cela n'a pas été probablement un recours utilisé intentionnellement », a-t-il constaté.

Flávio Dieguez considère que d'autres reportages de Superinteressante ont une plus grande charge de fiction, si on les compare au reportage sur Dolly. « Souvent, j'emprunte certaines techniques de cinéma, par exemple. Je commence à expliquer un sujet scientifique à partir d'une action, tout en décrivant un paysage, un décor où cette action se déroule », a-t-il rappelé, concluant ensuite que les articles de Superinteressante naissent à partir d'une histoire. Le journaliste a dit que toutes ces techniques révèlent jusqu'à quel point la science et la fiction se conjuguent dans les textes journalistiques.

Alicia Ivanssevich, de Ciência Hoje, a commenté un aspect qui n'a pas été abordé dans l'analyse discursive. « Les scientifiques racontent souvent la partie la plus intéressante de l'expérience à la fin. Le journaliste, au contraire, raconte les faits les plus intéressants au début du reportage et organise les informations en vue d'attirer l'intérêt du public », a observé la journaliste. Selon elle, les scientifiques exposent les faits de façon plutôt prévisible, tandis que le journaliste songe à surprendre son lecteur. « Nous essayons de jouer un peu sur le mystère, comme dans un livre de détectives », a-t-elle comparé. Les autres journalistes ont également mentionné le caractère littéraire des articles, qui jouent sur le suspense, l'inhabituel, l'inattendu. Selon Álfio Beccari, de Globo Ciência, les magazines de culture scientifique se nourrissent de situations qui ne sont pas encore très bien expliquées, exploitant la curiosité du lecteur. Michel Gauquelin, de Québec Science, observe, lui aussi, que le journaliste spécialisé en sciences se concentre sur le « pourquoi » et sur le « comment » des événements. Il note que l'intérêt pour les informations scientifiques est une tendance du monde actuel, où la science échappe aux personnes étant donnée la vitesse des conquêtes scientifiques et technologiques. « Les personnes

semblent intéressées de savoir ce qu'il y a derrière les choses et les événements de leur environnement », a-t-il analysé, en montrant un slogan publicitaire qui caractérise le magazine : « la curiosité est une belle qualité », et non un « vilain défaut », contrairement à ce qu'affirme le proverbe français. Cependant, il ne faut pas que le journaliste transforme ses textes en almanachs de curiosité. « On doit choisir des thèmes actuels et susceptibles d'éveiller le débat », a considéré Gauquelin.

Álfo Beccari, de Globo Ciência, a observé que même si les sujets scientifiques demandent que le texte soit davantage explicatif, il faut laisser un certain espace pour que le lecteur réfléchisse. « Il faut parfois être didactique, mais sans fermer le sujet », a-t-il dit. Flávio Dieguez, de Superinteressante, et Cássio Vieira, de Ciência Hoje, ont refusé l'intention didactique dans leurs articles. « Nous n'avons pas la prétention d'enseigner la science à notre public », a déclaré Dieguez, considérant que la formation scientifique ne peut pas être effectuée dans un magazine comme Superinteressante. « La formation scientifique est dans l'école et dans les livres techniques », a-t-il conclu. Le journaliste Cássio Vieira, de Ciência Hoje, a ajouté : « Ce qui ne peut pas être expliqué dans peu d'espace doit être supprimé ; nous ne pouvons pas écrire des traités dans trente lignes ».

D'ailleurs, Cássio Vieira croit que le journaliste ne doit pas nécessairement écrire sur ce que le lecteur veut. Selon lui, le journaliste doit fournir au lecteur ce qui peut attirer son intérêt. « Dans les enquêtes, le lecteur manifeste une préférence pour les loisirs, tout ce qui est facile, amusant, léger », a dit Vieira. Álfo Beccari, de Globo Ciência, a observé la même tendance et a recommandé, lui aussi : « Il faut montrer au lecteur ce qu'il peut l'intéresser ». Le journaliste de Globo Ciência croit qu'il faut séduire le lecteur lorsqu'on montre les événements scientifiques autour de sa vie. Selon lui, le journaliste doit jouer sur l'admiration du lecteur devant la connaissance scientifique. « D'ailleurs, il faut humaniser cette connaissance scientifique », a-t-il considéré en proposant que le journaliste montre le côté humain

des chercheurs, par le biais de la publication de leurs profils personnels, des photos et des entrevues. « Il faut montrer que les scientifiques partagent de ce même enchantement devant la connaissance. Eux aussi, ils utilisent de l'imagination dans la construction de ces connaissances », a noté le journaliste, citant l'exemple de Einstein, « qui a utilisé l'imagination dans son travail de scientifique ». Michel Gauquelin, de Québec Science, croit, lui aussi, au lien entre la science et l'imagination. Selon lui, il faut stimuler l'imaginaire du public. Cependant, le journaliste a averti : « Il ne faut pas que cette même imagination rende les informations obscures : il faut être clair et précis ». La précision, a insisté Gauquelin, est un critère fondamental. La précision a été une des caractéristiques les plus observées par les interviewés, lorsqu'ils énumèrent les principaux attributs d'un article de vulgarisation.

Flávio Dieguez, de Superinteressante, considère qu'une des règles de la vulgarisation scientifique dans le journalisme est de bien évaluer quels sont les faits pertinents et quels sont les faits non pertinents. « Si le journaliste fournit trop d'informations, le lecteur aura de la difficulté de savoir ce qui est essentiel et ce qui est accessoire », a-t-il justifié. La considération a été faite lorsque nous lui avons demandé pourquoi l'article de Superinteressante ne mentionnait pas que, dans le clonage, la fusion cellulaire est effectuée à l'aide d'un courant électrique. Dieguez a détaillé davantage son raisonnement : « Cette information n'était pas importante et, d'ailleurs, le sujet était déjà complexe. Je croyais que l'information pourrait induire le lecteur à une idée erronée selon laquelle le courant électrique aurait un rôle fondamental dans le clonage. L'idée du choc électrique aurait pu induire le lecteur à penser que le choc a ressuscité la cellule, comme dans l'histoire du docteur Frankenstein. Une explication longue serait nécessaire, disant que le choc en question n'est pas le même appliqué à la créature du docteur Frankenstein, où le scientifique réactive les cellules à travers un courant électrique. Dans la fiction, il s'agit de réactiver des cellules somatiques de parties de corps de personnes différentes qui étaient mortes. Dans la réalité du clonage, il s'agit de forcer une cellule différenciée

à se reproduire. Le courant électrique, dans ce cas, n'est qu'un détail de l'expérience». Il a ajouté un autre argument plus technique, disant qu'il y a plusieurs façons d'induire le noyau à se fusionner à la cellule : des moyens physiques (par exemple une pipette qui pousse le noyau à rentrer dans l'intérieur de l'ovule) et des moyens chimiques (comme certaines substances chimiques qui induisent la cellule à s'ouvrir), parmi d'autres. Selon lui, le courant électrique dans la méthode écossaise est utilisée à cause d'un excès de zèle de l'équipe de Wilmut, comme une mesure de plus pour garantir que la fusion eût des résultats optimaux. Le souci du journaliste n'est pas infondé puisque Superinteressante utilise souvent la fiction pour expliquer l'information scientifique. Dans la couverture du cas de Dolly, la fiction a un rôle important. « Superinteressante exploite l'imaginaire du public, présentant le cas de Dolly comme une violation des lois de la nature », a souligné Diegues.

Flávio Tadeu a expliqué que, dans le reportage de Globo Ciência le clonage en Écosse n'a été qu'un prétexte pour aborder les méthodes brésiliennes de clonage dans l'industrie d'élevage. « Le sujet était évidemment très important et nous n'aurions pas abordé la question du clonage si la nouvelle sur Dolly n'avait pas bouleversé la presse internationale », a observé le journaliste, expliquant que, cependant, Globo Ciência s'est intéressé aux répercussions de ce sujet dans le milieu scientifique brésilien. Pour cette raison, certaines informations sur les méthodes du clonage en Écosse n'ont pas été fournies dans l'article de Globo Ciência. Une de ces informations concerne la marge d'erreur de l'expérience à l'Institut Roslin, où la brebis clonée était enceinte. Ainsi, il se pouvait que certaines cellules embryonnaires aient été mêlées aux cellules de glande mammaire. Dans ce cas, Dolly serait un clone fabriqué à partir d'un embryon et non à partir d'une cellule spécialisée. Le journaliste a noté que cette information n'est pas importante dans son reportage, vu que la méthode écossaise s'applique à l'industrie pharmaceutique tandis que la méthode brésilienne s'applique à l'élevage de bœufs. « Dans le

cas brésilien, il n'est pas nécessaire d'utiliser des cellules adultes [spécialisées] pour le clonage », a-t-il justifié.

Roberto Carvalho, Ciência Hoje, a expliqué pourquoi il a choisi d'aborder une question peu exploitée par les médias, soit la question concernant le DNA mitochondrial. Celui-ci contient le patrimoine génétique du cytoplasme de l'ovule receveur. Le journaliste a considéré qu'il fallait attirer l'attention du public sur le fait que la mère porteuse de Dolly peut avoir modifié la génétique de la petite brebis créée par les chercheurs écossais. Ainsi, le journaliste a opté pour approfondir certains aspects du sujet, amenant le lecteur à se demander jusqu'à quel point Dolly était un clone parfait de la brebis donneuse de la cellule de glande mammaire. « De plus, l'information entraîne d'autres questions, comme : combien du temps Dolly va vivre ? », rappelle Carvalho.

Quant à la longueur du texte journalistique, Alicia Ivanssevich, de Ciência Hoje, a expliqué : « Nos articles ont entre huit et dix pages, en général. Six pages serait l'idéal pour approfondir un sujet dans un article ». Selon la journaliste, la grandeur des articles est une variable importante : « Pour que nous soyons plus diversifiés il faut que les articles soient plus courts et synthétiques ». Michel Gauquelin, de Québec Science a dit : « D'habitude, nos articles ont environ deux feuillets et demi par page; l'image est importante non seulement pour expliquer l'information mais aussi pour faciliter la lecture ». Le journaliste a conseillé d'éviter des textes trop longs, malgré le risque de tendre vers la superficialité avec des textes trop petits. « Nos articles ont habituellement 12 à 15 feuillets (cinq feuillets composent une page de magazine) », a-t-il calculé.

Selon les interviewés, les techniques du journalisme sont toujours les mêmes, quoi que ce soit la spécialisation. Cássio Vieira, de Ciência Hoje, a remarqué : « Quoiqu'il soit important de se spécialiser, il faut qu'un journaliste ait la compétence d'écrire sur n'importe quel sujet ». Cependant, les interviewés

ont indiqué certaines spécificités du journalisme spécialisé en sciences. Michel Gauquelin, de Québec Science, a observé que certains aspects de la science ne sont pas très visibles dans notre quotidien. « Certains domaines, comme la médecine, s'avèrent plus proches du quotidien du public, mais pour expliquer la physique quantique il faut recourir à certaines stratégies qui amènent le sujet à la réalité du lecteur », a noté le journaliste. Pour cette raison, l'usage d'analogies est plus fréquent dans les articles portant sur des sujets scientifiques. « D'ailleurs, le journalisme spécialisé en sciences permet (et demande) beaucoup plus d'images, illustrations et graphiques, si on le compare à d'autres spécialisations comme la politique, par exemple », a dit Gauquelin.

Roberto Carvalho, de Ciência Hoje, a observé lui aussi que même si les textes journalistiques ont des caractéristiques en commun, les reportages portant sur des informations scientifiques présentent des spécificités. « Un reportage sur le sport est considérablement auto-explicative, faisant partie du domaine du lecteur », a-t-il argumenté. Dans un article sur un sujet scientifique, le besoin d'expliquer est plus flagrant. Selon lui, c'est ce qui distingue cette spécialisation des autres : « Lorsqu'on écrit un reportage portant sur un sujet scientifique, il faut détailler davantage ». Le besoin d'expliquer influence aussi la forme des articles. Ils ont des paragraphes explicatifs, où le journaliste tient à un détail important, explique cet aspect et ensuite continue le raisonnement qu'il était en train d'exposer. « Pour cette raison, le journaliste spécialisé en sciences exploite davantage le langage nommé hypertextuel, qui permet que le lecteur décide sur l'ordre de la lecture et sur les informations qu'il préfère connaître d'abord », a noté Roberto Carvalho.

Dans un reportage écrit, le langage hypertextuel auquel s'est rapporté Carvalho est observé dans les cadres explicatifs. Alfio Beccari et Flávio Tadeu, de Globo Ciência, ont noté que les cadres sont des bons outils pour expliquer des informations complémentaires du texte principal. « Cependant, il ne faut

pas en abuser. L'excès de cadres rend le texte confus et trop fragmenté », a dit Roberto Carvalho, de Ciência Hoje. Michel Gauquelin, de Québec Science, a observé que les cadres, les tableaux et les infographiques complètent les textes, qui sont de plus en plus petits. « Les lecteurs se sentent découragés de lire des textes trop longs », a conclu Álfio Beccari, de Globo Ciência.

Les interviewés ont observé également que les textes journalistiques portant sur des sujets scientifiques ont des caractéristiques particulières par rapport à d'autres textes de vulgarisation. Cássio Vieira, de Ciência Hoje, a souligné : « La vulgarisation scientifique n'est pas toujours du journalisme ». Dans les textes journalistiques, l'actualité est un aspect très important. Selon Álfio Beccari, de Globo Ciência, les textes scientifiques sont tout à fait atemporels, tandis que les textes journalistiques doivent s'adapter au contexte actuel. Il a comparé le journalisme avec l'histoire disant que « le journalisme est l'histoire du quotidien ».

Les interviewés observent également que les journalistes spécialisés en sciences ont souvent l'habitude de montrer le texte au scientifique avant de publier la version finale. Selon les interviewés, cette caractéristique est typique des reportages portant sur des événements scientifiques. Álfio Beccari, de Globo Ciência, note que dans d'autres spécialités du journalisme ce n'est pas nécessaire de montrer le texte à la source. « Dans le cas du journalisme scientifique, il s'agit d'une pratique très fréquente », affirme-t-il. Flávio Dieguez, de Superinteressante, considère que ce procédé n'est pas nécessaire. « Nous supposons qu'un magazine doit être indépendant et pour cette raison que nous n'adoptons pas ce procédé de toujours faire réviser nos textes par les scientifiques interviewés ».

« Différent des scientifiques vulgarisateurs, les journalistes travaillent souvent avec des concepts provisoires : la science présentée par le journaliste est reliée à l'actualité, soumise aux changements et aux nouvelles découvertes », a remarqué Cássio Vieira. D'ailleurs, l'emploi d'adjectifs

et d'adverbes est plus discret si on les compare aux textes de vulgarisation non journalistiques. Álfio Beccari, de Globo Ciência, croit que le vulgarisateur ne doit pas abuser des adjectifs et des adverbes. « Les informations (données, chiffres, etc.) sont plus convaincantes en eux mêmes », considère-t-il. Selon les journalistes, l'économie de l'usage des adjectifs et des adverbes est le secret de bien écrire. « Il faut populariser sans banaliser », recommande Álfio Beccari.

Les interviewés ont noté qu'un bon texte journalistique est généralement un texte simple. Roberto Carvalho, de Ciência Hoje, considère que le journalisme moderne marche vers la simplicité : des phrases courtes, l'ordre direct, des mots accessibles à un vaste public et des articulations grammaticales plus simples. Selon lui, il faut éviter les recours à l'exagération, comme les exclamations, les questions dans le texte et les points de suspension. « Ces artifices devraient être utilisés seulement lorsqu'ils peuvent aider le lecteur à comprendre quelque chose, ou alors quand cela peut vraiment enrichir le texte de façon élégante », a-t-il dit. Álfio Beccari, de Globo Ciência, considère que le but du journaliste est de rendre le cheminement du lecteur plus facile ; ainsi il ne faut pas abuser de ces « artifices de séduction ».

Il faut être à l'affût de ce qui peut intéresser le lecteur. Michel Gauquelin, de Québec Science, a identifié deux types de lecteur : le lecteur occasionnel, celui qui achète le magazine dans les kiosques, et le lecteur abonné. Il faut à la fois apprivoiser le lecteur occasionnel et disposer le lecteur abonné de continuer à lire le magazine. Dans le cas de Québec Science, la recherche d'une place dans le marché se fonde surtout sur le souci d'aborder les spécificités de la culture québécoise. « Le magazine vise à aborder la science comme un produit de notre culture », a synthétisé Gauquelin. Il a expliqué que le magazine cherche à considérer, dans chaque reportage, les aspects propres à la culture québécoise tout en évoquant la tradition scientifique du Québec. Les sujets reliés à l'énergie électrique, aux questions anthropologiques, comme aux autochtones du Québec, aux télécommunications, ainsi que les recherches



sur le froid, l'eau, la pollution des fleuves, des lacs et des rivières illustrent cette tradition. « Cela fait partie de notre culture », a-t-il expliqué, « et le travail de Québec Science est de rendre cette information accessible à l'intérieur d'une dynamique commerciale : il faut faire en sorte que les gens soient prêts à acheter ».

Les interviewés décrivent leur travail comme une activité de création. Ils considèrent que leur rôle est de reproduire les informations scientifiques afin de les vulgariser au grand public. Il s'agit, au bout du compte, d'un rôle de médiateur. « Le rôle du journaliste est en général celui de faire le lien entre deux pôles, soit la source d'informations et le lecteur », observe Michel Gauquelin, de Québec Science. Ce lien est le résultat d'une série de techniques propres au journalisme. Une de ces techniques est l'entrevue. Roberto Carvalho, de Ciência Hoje, note que le journaliste effectue, lors d'une entrevue, une transposition du langage oral au langage écrit : il écoute une information et la reproduit. « Il faut savoir écouter et ensuite essayer de recréer ce qu'on a entendu pour le raconter à un troisième », décrit-il.

Les entrevues ont ainsi confirmé l'hypothèse de départ, indiquant que les journalistes effectuent un travail de récréation dans les magazines de culture scientifique. Comme l'ont confirmé les entrevues, la réécriture du texte scientifique s'opère sur plusieurs plans, de l'aspect formel jusqu'au choix des approches et des prises de vue pour présenter et interpréter l'événement scientifique.

## Chapitre 6 : Conclusion

Dans ce chapitre nous confrontons le cadre théorique adopté dans ce travail à l'analyse discursive et à l'analyse des entrevues. Les concepts présentés dans notre encadrement théorique nous ont amenés à la compréhension des démarches de vulgarisation adoptées par les articles journalistiques. Nous avons montré que les procédures principales de la vulgarisation dans les magazines de culture scientifique comprennent la reformulation du texte scientifique et la structuration de l'article de culture scientifique sous forme de récit.

Les journalistes effectuent des reformulations en utilisant plusieurs recours, surtout sur le plan lexical et stylistique. Sur le plan lexical, nous avons décrit les substitutions synonymiques, qui consistent à remplacer des termes scientifiques par d'autres termes plus courants. L'analyse lexical des articles de culture scientifique portant sur le cas de Dolly nous a montré que les journalistes effectuent plutôt des substitutions de nature hyperonymique, c'est-à-dire qu'ils préfèrent remplacer les termes scientifiques par d'autres termes plus génériques. L'usage plus fréquent des substitutions du type hyperonymique révèle le caractère généraliste du texte journalistique face au texte scientifique. La tendance au généralisme, observée dans le cadre théorique du chapitre 2, a été d'ailleurs soulignée par les interviewés.

Sur le plan stylistique, nous avons expliqué que les substitutions analogiques utilisent des figures de langage pour remplacer des termes spécialisés. L'analyse discursive a montré que les journalistes remplacent les termes scientifiques par des expressions et mots comparatifs ou métaphoriques. Dans les entrevues, les journalistes confirment qu'ils expliquent les informations scientifiques à travers un discours non scientifique marqué par les analogies. Les interviewés mentionnent le plus souvent l'usage

des métaphores que celle des comparaisons, ce qui peut être également observé dans l'analyse discursive.

D'autres aspects stylistiques propres à la vulgarisation sont décrits dans le cadre théorique, comme la ponctuation et les tournures métalinguistiques. L'analyse discursive localise l'usage de ces repères, mais les interviewés y sont moins attentifs. Certains d'entre eux mentionnent quelques-uns des aspects stylistiques abordés dans la revue de littérature, comme une manière de ponctuer le texte pour le rendre plus explicatif ou l'adoption de certaines formules de contour métalinguistique. Les entrevues révèlent cependant que les procédures concernant l'aspect stylistique ne sont pas toujours systématisées par les journalistes de façon logique. La plupart des interviewés décrivent l'aspect stylistique comme s'il était le résultat de procédures non intentionnelles.

Pour cerner l'aspect sémantique des articles de culture scientifique, nous avons utilisé le modèle actantiel de Greimas et la méthode d'analyse discursive de Kientz. L'application du modèle greimassien aux articles sur le cas Dolly révèle que les reportages ont effectivement une structure narrative, même s'il s'agit de textes journalistiques. Cette structure narrative n'apparaît pas selon un ordre chronologique. Elle est reconnue à partir des rôles actantiels identifiés dans l'ensemble des textes. Effectivement, les interviewés affirment souvent que d'expliquer la science au grand public est comme raconter une histoire. D'un autre côté, l'application de la méthode de Kientz nous a permis d'identifier les thèmes soulevés dans les articles de culture scientifique lorsqu'ils décrivent l'expérience de clonage. Cette méthode repère certaines catégories thématiques utilisées par les journalistes lorsqu'ils interprètent les événements scientifiques. Cette démarche nous a montré que les journalistes qualifient les événements scientifiques, proposant une vision de la science à partir de son aspect curieux, intrigant, spectaculaire, fantastique. Les interviewés ont confirmé cette observation, affirmant qu'ils essaient de

créer une atmosphère d'aventure et de mystère autour des faits scientifiques qu'ils expliquent au grand public.

Décrivant l'élaboration des articles sur le cas de Dolly, les interviewés ont exposé leurs conceptions à propos de la vulgarisation dans le texte journalistique. L'analyse des entrevues a montré que plusieurs aspects soulevés par le cadre théorique font partie de la réflexion des journalistes. Un premier aspect est la notion de communication. Comme nous avons vu dans le chapitre 5, les interviewés ont souligné qu'ils recherchent un contact avec le lecteur. La mise en relation est établie lorsque le journaliste donne l'espace à l'opinion et à la fiction dans son article. L'interprétation des informations scientifiques est faite à travers la version du journaliste. La place à l'opinion est beaucoup plus évidente dans le texte journalistique que dans le texte scientifique, comme le confirment les interviewés. Le journaliste réalise alors la « passage de la nomination à la communication », comme le souligne Varga (1989, p. 8). Cet auteur observe que ce passage comporte toujours une tension puisque, en nommant une chose, nous la transformons en un concept intemporel, tandis que, « pendant la communication, nous cherchons à réintroduire cette chose fixe, cette essence intemporelle dans le flux du temps » (Varga, 1989, p. 8).

Nous avons vu également que les interviewés font la distinction entre la vulgarisation faite par les scientifiques et celle effectuée par les journalistes, qui correspond à la description que nous avons présentée dans le cadre théorique. Ils expliquent que vulgariser c'est « détruire » le texte scientifique pour « construire » un nouveau texte. Ils confirment ainsi notre hypothèse selon laquelle la vulgarisation dans le journalisme constitue un travail de réécriture, et pas seulement de traduction.

Les interviewés réaffirment d'ailleurs certaines caractéristiques typiques du texte journalistique que nous avons abordé dans le cadre théorique. Pour les interviewés la différence fondamentale entre la

vulgarisation des scientifiques et celle effectuée par les journalistes est dans la mise en contexte de l'information scientifique. Les journalistes vulgarisateurs mettent en relation l'information scientifique au contexte actuel, tout en l'interprétant et en proposant des prises de vue, d'où le lecteur peut saisir certaines opinions. Selon eux, le texte journalistique tend à généraliser, tandis que le texte scientifique tend à préciser les informations. Cela entraîne des différences importantes, comme la multiplicité de significations du texte journalistique par opposition à l'exactitude des significations dans le texte scientifique. Ces caractéristiques ont été constatées également dans l'analyse discursive, où les journalistes adoptent des reformulations et surtout des images pour expliquer des concepts scientifiques précis.

Nous retenons que bien que ces stratégies ne soient guère identifiées de façon claire par les journalistes, ils les reconnaissent de façon empirique lorsqu'ils décrivent leur travail. Les interviewés décrivent leurs techniques de vulgarisation, comme des « ficelles » ou des « trucs » utilisés de manière intuitive.

Notre hypothèse proposait la notion de culture scientifique à partir de la constatation d'un travail de réécriture effectué par le journaliste. Les interviewés ont confirmé cette hypothèse lorsqu'ils se rapportaient à une « transposition de langages » et une « reconstruction du texte », au lieu d'adopter l'approche de la traduction. « L'approche sémiotique du discours vulgarisé suppose un va et vient dans l'intertexte : réseau qui se tisse entre le discours scientifique, sa reformulation et réutilisation » (Jacobi, 1991, p. 15). Nous sommes ainsi arrivés à des résultats qui confirment l'hypothèse du mémoire.

Ce travail nous a également aidé à systématiser les démarches que la plupart des journalistes réalisent de façon parfois intuitive. L'analyse des entrevues nous a permis de confronter la pratique de la vulgarisation, décrite de façon formelle, au savoir faire des journalistes vulgarisateurs, en leur proposant de décrire

d'avantage leurs pratiques professionnelles et les connaissances acquises par ces pratiques. La systématisation de cette pratique peut être utile non seulement pour les journalistes mais aussi pour tous les spécialistes qui effectuent la vulgarisation scientifique.

Cette recherche nous a permis de réfléchir sur ce que Veron (1981) appelle « culture médiatique », c'est-à-dire le bagage culturel répandu par les médias. Veron (1981, p. 10) dit: « Objets de refus ou de désir, on répugne à les considérer [les médias] comme objets de connaissance. [...] ». Le déni des médias comme objets de connaissance est le résultat de la coupure entre la science et le sens commun, comme l'explique Varga (1989). Comme le remarquent les interviewés, les journalistes présentent les connaissances scientifiques sous un format différent du discours scientifique. Varga (1989) observe que la coupure entre le discours scientifique et le sens commun s'est opérée lorsque la science s'est écartée du récit :

« Dans les communautés primitives, le savoir se transmet par la voie narrative, c'est ce qui sacralise le récit; mais au moment où, dans la civilisation occidentale par exemple, une partie du savoir - celle, notamment, que nous avons l'habitude d'appeler 'scientifique' - se détache du récit pour se donner un autre langage, le récit se trouve déconsidéré comme quelque chose de 'simple': le savoir qu'il véhicule est déconsidéré du même coup, les nouvelles et les anédoctes ne nous transmettent pas une connaissance scientifique qui concerne la réalité » (Varga, 1989, p. 66)

Nous défendons l'idée que le journalisme devient une forme de connaissance lorsque les médias assument un rôle fondamentale dans la diffusion de connaissances au grand public. En plus qu'être traducteur du discours scientifique, le journaliste assume un rôle de médiateur, reliant le discours des spécialistes au discours du public profane. Ce rôle de médiateur est expliqué par Mortureux (1978), lorsqu'elle décrit la vulgarisation comme un discours qui peut s'adresser « simultanément aux savants et

aux mondains, [...] s'offrant ainsi au moins à une double lecture, selon la participation du lecteur à la connaissance scientifique ou seulement à la culture mondaine ». Le rôle du journaliste est donc celui « d'élaborer une "philosophie moyenne", commune aux deux groupes [savants et mondains] » (Mortureux, 1978). Le journaliste récupère le lien entre ces deux sphères en créant un espace d'intersection entre le discours scientifique et le sens commun. Comme le souligne l'auteur, cela nécessite notamment l'intégration de certaines connaissances scientifiques à la réflexion morale et sociale répandues dans la société. Jacobi (1991, p. 16) rappelle que la notion du « troisième homme », médiateur qui s'interpose entre le spécialiste et le public à seule fin de rendre possible la communication, a été empruntée à la sociologie empirique de la communication et défendue par des auteurs comme Merton et Lazarsfeld.

Dans le journalisme spécialisé en sciences, la « culture médiatique » est construite à partir de l'insertion des connaissances scientifiques dans l'univers culturel du lectorat. Cela est fait lorsque le journaliste adopte des imageries pour contextualiser le savoir scientifique à la réalité du lecteur moyen. L'utilisation de l'anthropocentrisme et la personnification, y compris des objets, sont des stratégies pour rendre le texte plus proche de l'univers culturel du lectorat. Jacobi (1991, p. 15) remarque :

« En fait le syntagme ne se substitue pas à un terme scientifique et c'est donc l'animisation qui apparaît d'emblée : les produits immunitaires sont assimilés à des êtres humains auxquels on peut prêter des comportements et des sentiments connus et familiers ».

Varga (1989, p. 73) souligne que c'est à travers le récit que ce savoir est mis à la portée du grand public. Il remarque cependant que le savoir répandu par les médias « n'est pas un savoir scientifique au sens strict et positiviste de ce terme, mais plutôt un savoir humain, une accumulation et un prolongement des expériences du lecteur: du vécu élargi et confirmé » (Varga, 1989, p. 73).

Le texte journalistique s'appuie sur la fiction pour présenter les certitudes et les incertitudes de la science, tandis que le texte scientifique expose plutôt les certitudes sanctionnées par la communauté scientifique. L'article de culture scientifique ne vise pas seulement à répondre à des questions, mais surtout à orienter le lecteur à en trouver les réponses aux questions soulevées dans le texte. Selon Varga (1989, p. 82), le récit se conçoit toujours à l'intérieur d'un questionnement. Les interviewés indiquent que ce mouvement est intentionnel : ils visent à la fois à répondre aux questions et à en soulever d'autres sans toutefois y répondre. C'est au lecteur d'y réfléchir. Ce double jeu est expliqué par Varga (1989, p. 82) à travers les fonctions hypotactiques (qui donnent l'impression de clôture, de synthèse du contenu) et paratactiques (qui, au contraire, causent la sensation d'inconclusion et d'incertitude) du texte.

Un dernier aspect important à discuter concerne la dimension didactique du journalisme et de la vulgarisation. Les interviewés admettent que le journalisme spécialisé en sciences est plus explicatif, mais ils renoncent à prendre en charge l'éducation non formelle du lectorat. Pour eux, ce n'est pas la fonction du journalisme. Le didactisme peut s'avérer également une épreuve d'éloignement entre le vulgarisateur et le lectorat. En adoptant une posture didactique, le vulgarisateur renforce la dichotomie entre le texte scientifique et le lectorat non spécialisé. Dans ce cas, le vulgarisateur fonctionne comme un filtre qui isole le discours scientifique du discours profane, et non comme médiateur. Jacobi (1991) cite certaines approches qui remarquent cet aspect de la vulgarisation, comme l'approche sémiologique de Jurdant (la vulgarisation scientifique construit le mythe de la scientificité), l'approche philosophique de Roqueplo (l'effet de vitrine), l'approche sociologique de Maledidier (la culture en simili) et l'approche psychosociologique de Barbichon (le jargon comme moyen de sauvegarde de pouvoir). Toutes ces approches convergent au même point commun : la vulgarisation scientifique ne parvient pas à diffuser le



savoir et elle renforce les inégalités culturelles. Selon cette conception de la vulgarisation, Jacobi (1991, p. 16) la définit de la façon suivante :

« La vulgarisation est traduction de la langue savante en langue vulgaire (ou commune plus précisément). Dans ce cas le vulgarisateur se trouve très exactement entre le spécialiste et le non spécialiste, virtuose de deux registres, il interprète le discours de la science en usant du seul registre commun à la pluralité des destinataires : la langue moyenne. Il s'agit d'une traduction intralinguale voisine de l'autre, plus connue, où l'interprète doit faire passer le discours d'une langue cible dans une autre».

Nous avons constaté que les magazines de culture scientifique portent à la connaissance du public ce qui était connu de quelques-uns, de même qu'ils mettent les événements et les concepts scientifiques au grand jour. Le journalisme spécialisé en sciences mérite une attention spécial, car il s'agit d'un cas représentatif de cette « culture médiatique » de nos jours, où les connaissances scientifiques passent à intégrer une vaste gamme de produits culturels véhiculés par les médias. Comme l'indique Jacobi (1991), ce phénomène peut être observé comme une forme parallèle d'éducation :

« [L'éducation non formelle] s'efforce de conquérir son public (qui [...] n'est pas un public captif). La consommation de l'éducation non formelle est volontaire[...] Les profits que retirent les consommateurs de ses efforts sont en principe désintéressés. Les objectifs de l'éducation non formelle sont multiformes : éduquer certes, mais aussi informer ou distraire et parfois contester le pouvoir de la science » (Jacobi, 1991, p. 34).

Nous croyons ainsi que le journalisme spécialisé en sciences donne lieu à une organisation dictée par la tendance à l'interdisciplinarité. Dans les magazines de culture scientifique, les nouvelles locales, internationales, policières, culturelles, sportives, économiques et politiques, entre autres, sont toutes abordées à partir de leur aspect scientifique. La science devient alors un angle de traitement des thèmes

actuels qui intéressent la société. L'insertion des magazines de culture scientifique dans le marché se fonde également sur la fonction sociale du journalisme. Comme Charron, Lemieux et Sauvageau observent et nous soulignons : « On peut espérer qu'un nouvel équilibre pourra s'établir dans la double fonction de l'entreprise de presse - la rentabilité et le service public [...] » (p. 216).

## Références bibliographiques

**ANGERS, M.**, *Initiation pratique à la méthodologie des sciences humaines*, Édition CEC –Collégial et Universitaire, Québec, 1992.

**BARDIN, L.**, *L'analyse du contenu*, Presses Universitaires de France, Paris, 1996.

**BOUGNOUX, D.**, *La communication contre l'information*, Ed. Hachette, Paris, 1995.

**CANADIAN ADVERTISING RATES & DATA**, (volumes de décembre des années 1985 à 1996)

**CARVALHO, A.**, *A ciência em revista : um estudo dos casos de Globo Ciência e Superinteressante*, mémoire en communications, Faculdade de Comunicações e Artes do Instituto Metodista de Ensino Superior, Sao Bernardo do Campo, 1996.

**CHARRON, LEMIEUX et SAUVAGEAU**, *Les journalistes, les médias et leurs sources*, Gaëtan Morin éditeur ltée, Québec, 1991.

**CYR, M.**, *Les figures et les représentations dans le discours de vulgarisation scientifique : une étude de cas des magazines le jeune scientifique et Québec Science de 1962 à 1987*, mémoire de maîtrise en communications, Université de Québec à Montréal, Montréal, 1988.

**DUCROT et TODOROV**, *Dictionnaire encyclopédique des sciences du langage*, Éditions du Seuil, Paris, 1972, p. 350-357

**GAUTHIER, B.**(sous la direction de), *Recherche sociale – De la problématique à la collecte de données*, Presses de l'Université du Québec, Québec, 1992.

**Groupe d'entrevernes**, “La composante narrative” dans *Analyse sémiotique des textes*, Presses universitaires de Lyon, Lyon, 1984, pp. 7-29.

**JACOBI, D.**, *Diffusion et vulgarisation : itinéraires du texte scientifique*, Les belles lettres, Paris, 1986.

**JACOBI, D. & SCHIELE, B.** (sous la direction de ). *Vulgariser la Science – Le procès de l'ignorance*, Editions Champ Vallon, Mâcon, 1988.

**KIENTZ, A.**, *Pour analyser les media; l'analyse de contenu*, Éditions HMH, Montréal, 1971.

**LASZLO, P.**, *La vulgarisation scientifique*, Presses Universitaires de France, Paris, 1993.

**MASSÉ, P.**, *Méthodes de collecte et d'analyse de données en communication*, Presses de l'Université du Québec , Québec, 1992.

**MORTUREUX, M.**, *La formation et le fonctionnement d'un discours de la vulgarisation scientifique au XVIIIème siècle à travers l'oeuvre de Fontenelle*. Atelier national, Lille, Paris, 1983.

**Média - le guide annuel des médias**, Éditions Infopresse inc., Montréal, 1996

**ROQUEPLO, P.**, *Le partage du savoir*, Éditions du Seuil, Paris, 1974

**SCHIELE, B., BENOIT, C. & AMYOT, M.**, *Quand la science se fait culture : la culture scientifique dans le monde*, MultiMondes, Sainte-Foy, Québec, 1994.

**SORMANY, P.**, «Le journalisme spécialisé», dans *Le métier de journaliste: guide des outils et des pratiques du journalisme au Québec*, Les Éditions du Boréal, Québec, 1990, p. 309-320.

**VARGA, A. Kibédi.** *Discours, récit, image*, éditeur Pierre Mardaga, Bruxelles, 1989.

**VERON, E.**, *Construire l'événement*, Les éditions de Minuit, Paris, 1981

**TREMBLAY, G.**, *Les industries de la culture et de la communication au Québec et au Canada*, Presses de l'Université du Québec, Québec, 1990.

## **Annexe**

27 February 1997

International weekly journal of science

# nature

\$10.00



## A flock of clones

.....  
**Extrasolar planets** Fading from view  
.....

.....  
**Climate cycles** Eccentricity finds a role  
.....

.....  
**Archaeology** Hunting 400,000 years ago  
.....

**New on the market**  
Genetics



**Figure 5** Spear II, which is 2.30 m long. The spear is shown to the left of an incomplete pelvis of a horse, and the base has been broken off. Inset shows a detail of the tip of spear II. Scale in cm.

isotope stage 7, and are at least of stage 9. Correlations of the Schöningen sequence to other areas<sup>12,14</sup> suggest that they were deposited during the fourth-last interglacial, probably at the end of stage 11. Judging from the mammalian fauna, the Reinsdorf assemblage is younger than the Lower Palaeolithic site of Boxgrove (West Sussex, UK)<sup>19,20</sup>.

Before our discovery, the oldest complete 'spear' known was discovered in Eemian deposits at Lehringen (Lower Saxony, Germany) in 1948 (ref. 2). Thought to be about 125 kyr old (oxygen-isotope substage 5e), this thrusting spear was recovered from between the ribs of a straight-tusked elephant, and was made from yew (*Taxus*). The Schöningen spears are probably three full interglacial/glacial cycles older than the Lehringen lance (Fig. 2).

The discovery of spears designed for throwing means that theories of the development of hunting capacities and subsistence strategies of Middle Pleistocene hominids must be revised, as well-balanced, sophisticated hunting weapons were common from an early period of the Middle Pleistocene onwards. Accordingly, meat from hunting may have provided a larger dietary contribution than has previously been acknowledged<sup>21,22</sup>. The Schöningen evidence also illustrates how little is known about the 'organic' component of early hominid material culture. □

Received 27 September; accepted 23 December 1996.

- Oakley, K. P., Andrews, P., Keeley, L. H. & Clark, J. D. A reappraisal of the Clacton spearpoint. *Proc. Prehist. Soc.* **43**, 13–30 (1977).
- Thieme, H. & Veil, S. Neue Untersuchungen zum eemzeitlichen Elefanten-Jagdplatz Lehringen, Ldkr. Verden. *Die Kunde N.F.* **36**, 11–58 (1985).
- Thieme, H., Maier, R. & Urban, B. Archäologische Schwerpunktuntersuchungen im Helmstedter Braunkohlerevier (ASHB). – Zum Stand der Arbeiten 1983–1986. *Archäol. Korrespondenzbl.* **17**, 445–462 (1987).
- Thieme, H., Maier, R. & Urban, B. Neue Erkenntnisse zum urgeschichtlichen Siedlungsgeschehen. *Archäol. Deutsch.* **8**(2), 26–30 (1992).
- Urban, B., Thieme, H. & Elsner, H. Biostratigraphische, quartärgeologische und urgeschichtliche Befunde aus dem Tagebau 'Schöningen', Ldkr. Helmstedt. *Z. Deutsch. Geol. Ges.* **139**, 123–154 (1988).
- Urban, B., Elsner, H., Hölzer, A., Mania, D. & Albrecht, B. Eine eem- und frühweichselzeitliche Abfolge im Tagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt. *Eiszeit. Gegenw.* **41**, 85–99 (1991).
- Urban, B., Lenhard, R., Mania, D. & Albrecht, B. Mittelpleistozän im Tagebau Schöningen, Ldkr. Helmstedt. *Z. Deutsch. Geol. Ges.* **142**, 351–372 (1991).
- Thieme, H. & Maier, R. *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt.* (Hahnsche, Hannover, 1995).
- Thieme, H. & Mania, D. 'Schöningen 12' – ein mittelpleistozänes Interglazialvorkommen im Nordharzvorland mit paläolithischen Funden. *Ethnogr.-Archäol. Z.* **34**, 610–619 (1993).

- Urban, B. Mittelpleistozäne Interglaziale im Tagebau Schöningen. *Ethnogr.-Archäol. Z.* **34**, 620–622 (1993).
- Urban, B. in *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt* (eds Thieme, H. & Maier, R.) 44–56 (Hahnsche, Hannover, 1995).
- Mania, D. Die Terrassen-Travertin-Sequenz von Bilzingsleben. Ein Beitrag zur Stratigraphie des Mittel- und Jungpleistozäns im Elbe-Saale-Gebiet. *Ethnogr.-Archäol. Z.* **34**, 554–575 (1993).
- Mania, D. in *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt* (eds Thieme, H. & Maier, R.) 33–43 (Hahnsche, Hannover, 1995).
- Mania, D. in *The Earliest Occupation of Europe* (eds Roebroeks, W. & van Kolfschoten, T.) 85–101 (University of Leiden, 1995).
- Thieme, H., Mania, D., Urban, B. & van Kolfschoten, T. Schöningen (Nordharzvorland). Eine altpaläolithische Fundstelle aus dem mittleren Eiszeitalter. *Archäol. Korrespondenzbl.* **23**, 147–163 (1993).
- van Kolfschoten, T. Die Vertebraten des Interglazials von Schöningen I. *Ethnogr.-Archäol. Z.* **34**, 623–628 (1993).
- van Kolfschoten, T. in *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt* (eds Thieme, H. & Maier, R.) 85–94 (Hahnsche, Hannover, 1995).
- Schoch, W. H. in *Archäologische Ausgrabungen im Braunkohlentagebau Schöningen, Landkreis Helmstedt* (eds Thieme, H. & Maier, R.) 73–84 (Hahnsche, Hannover, 1995).
- Roberts, M. B., Stringer, C. B. & Parfitt, S. A. *Nature* **369**, 311–313 (1994).
- Roebroeks, W. & van Kolfschoten, T. in *The Earliest Occupation of Europe* (eds Roebroeks, W. & van Kolfschoten, T.) 297–315 (University of Leiden, 1995).
- Nitecki, M. H. in *The Evolution of Human Hunting* (eds Nitecki, M. H. & Nitecki, D. V.) 1–9 (Plenum, New York, 1987).
- Gamble, C. in *The Pleistocene Old World. Regional Perspectives* (ed. Soffer, O.) 81–98 (Plenum, New York, 1987).

**Acknowledgements.** We thank the Braunschweigische Kohlen-Bergwerke AG for the technical and organizational support of the archaeological excavations in the Schöningen mine; W. H. Schoch for identifying the wood; D. Mania for the drawings in Figs 1 and 2; P. Pfarr and C. S. Fuchs for the photographs in Figs 3–5; and M. Roberts, W. Roebroeks and T. van Kolfschoten for translating and reviewing the original German manuscript. The excavation of the spear site was supported by the Deutsche Stiftung Denkmalschutz.

Correspondence and requests for materials should be addressed to the author.

## Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells

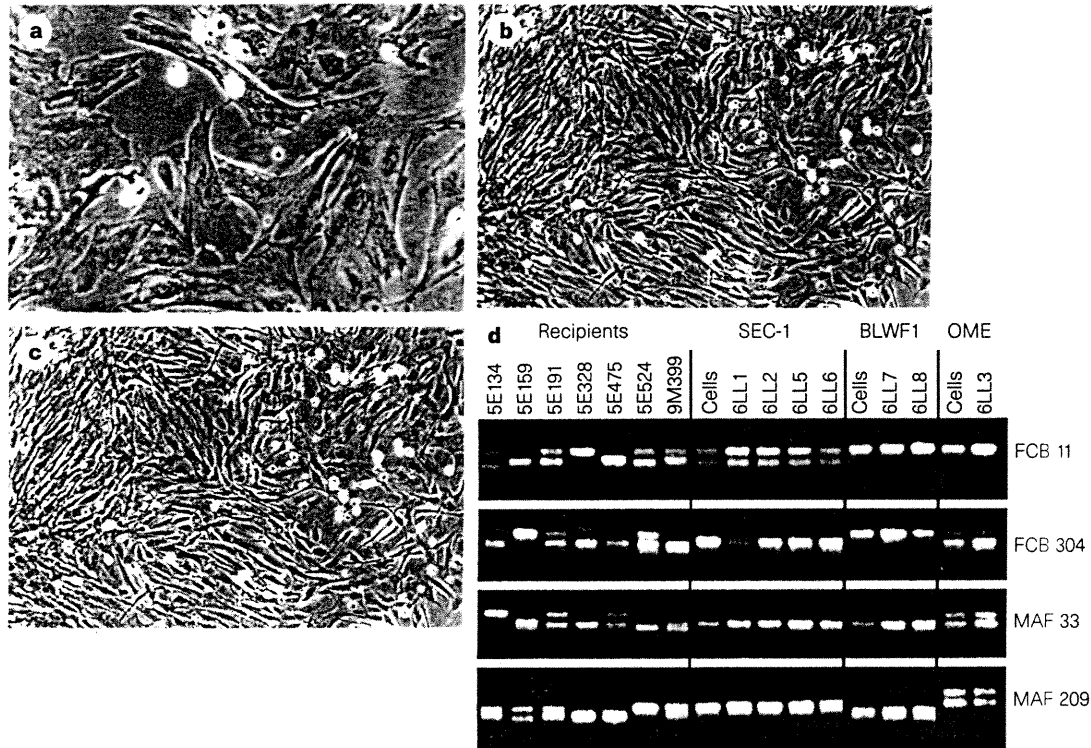
I. Wilmut, A. E. Schnieke\*, J. McWhir, A. J. Kind\* & K. H. S. Campbell

Roslin Institute (Edinburgh), Roslin, Midlothian EH25 9PS, UK  
\* PPL Therapeutics, Roslin, Midlothian EH25 9PP, UK

Fertilization of mammalian eggs is followed by successive cell divisions and progressive differentiation, first into the early embryo and subsequently into all of the cell types that make up the adult animal. Transfer of a single nucleus at a specific stage of development, to an enucleated unfertilized egg, provided an opportunity to investigate whether cellular differentiation to that stage involved irreversible genetic modification. The first offspring to develop from a differentiated cell were born after nuclear transfer from an embryo-derived cell line that had been induced to become quiescent<sup>1</sup>. Using the same procedure, we now report the birth of live lambs from three new cell populations established from adult mammary gland, fetus and embryo. The fact that a lamb was derived from an adult cell confirms that differentiation of that cell did not involve the irreversible modification of genetic material required for development to term. The birth of lambs from differentiated fetal and adult cells also reinforces previous speculation<sup>1,2</sup> that by inducing donor cells to become quiescent it will be possible to obtain normal development from a wide variety of differentiated cells.

It has long been known that in amphibians, nuclei transferred from adult keratinocytes established in culture support development to the juvenile, tadpole stage<sup>3</sup>. Although this involves differentiation into complex tissues and organs, no development to the adult stage was reported, leaving open the question of whether a differentiated adult nucleus can be fully reprogrammed. Previously we reported the birth of live lambs after nuclear transfer from cultured embryonic cells that had been induced into quiescence. We suggested that inducing the donor cell to exit the growth phase





**Figure 1** Phase-contrast photomicrograph of donor-cell populations: **a**, Embryo-derived cells (SEC1); **b**, fetal fibroblasts (BLWF1); **c**, mammary-derived cells (OME). **d**, Microsatellite analysis of recipient ewes, nuclear donor cells and lambs using four polymorphic ovine markers<sup>22</sup>. The ewes are arranged from left to right

in the same order as the lambs. Cell populations are embryo-derived (SEC1), fetal-derived (BLW1), and mammary-derived (OME), respectively. Lambs have the same genotype as the donor cells and differ from their recipient mothers.

causes changes in chromatin structure that facilitate reprogramming of gene expression and that development would be normal if nuclei are used from a variety of differentiated donor cells in similar regimes. Here we investigate whether normal development to term is possible when donor cells derived from fetal or adult tissue are induced to exit the growth cycle and enter the G0 phase of the cell cycle before nuclear transfer.

Three new populations of cells were derived from (1) a day-9 embryo, (2) a day-26 fetus and (3) mammary gland of a 6-year-old ewe in the last trimester of pregnancy. Morphology of the embryo-derived cells (Fig. 1) is unlike both mouse embryonic stem (ES) cells and the embryo-derived cells used in our previous study. Nuclear transfer was carried out according to one of our established protocols<sup>1</sup> and reconstructed embryos transferred into recipient ewes. Ultrasound scanning detected 21 single fetuses on day 50–60 after oestrus (Table 1). On subsequent scanning at ~14-day intervals, fewer fetuses were observed, suggesting either mis-diagnosis or

fetal loss. In total, 62% of fetuses were lost, a significantly greater proportion than the estimate of 6% after natural mating<sup>4</sup>. Increased prenatal loss has been reported after embryo manipulation or culture of unreconstructed embryos<sup>5</sup>. At about day 110 of pregnancy, four fetuses were dead, all from embryo-derived cells, and post-mortem analysis was possible after killing the ewes. Two fetuses had abnormal liver development, but no other abnormalities were detected and there was no evidence of infection.

Eight ewes gave birth to live lambs (Table 1, Fig. 2). All three cell populations were represented. One weak lamb, derived from the fetal fibroblasts, weighed 3.1 kg and died within a few minutes of birth, although post-mortem analysis failed to find any abnormality or infection. At 12.5%, perinatal loss was not dissimilar to that occurring in a large study of commercial sheep, when 8% of lambs died within 24 h of birth<sup>6</sup>. In all cases the lambs displayed the morphological characteristics of the breed used to derive the nucleus donors and not that of the oocyte donor (Table 2). This

**Table 1** Development of embryos reconstructed with three different cell types

Cell type	No. of fused couplets (%) <sup>*</sup>	No. recovered from oviduct (%)	No. cultured	No. of morula/blastocyst (%)	No. of morula or blastocysts transferred <sup>†</sup>	No. of pregnancies/no. of recipients (%)	No. of live lambs (%) <sup>‡</sup>
Mammary epithelium	277 (63.8) <sup>a</sup>	247 (89.2)	-	29 (11.7) <sup>a</sup>	29	1/13 (7.7)	1 (3.4%)
Fetal fibroblast	172 (84.7) <sup>b</sup>	124 (86.7)	-	34 (27.4) <sup>b</sup>	34	4/10 (40.0)	2 (5.9%)
			24	13 (54.2) <sup>b</sup>	6	1/6 (16.6)	1 (16.6%) <sup>§</sup>
Embryo-derived	385 (82.8) <sup>b</sup>	231 (85.3)	-	90 (39.0) <sup>b</sup>	72	14/27 (51.8)	4 (5.6%)
			92	36 (39.0) <sup>b</sup>	15	1/5 (20.0)	0

<sup>\*</sup> As assessed 1 h after fusion by examination on a dissecting microscope. Superscripts a or b within a column indicate a significant difference between donor cell types in the efficiency of fusion ( $P < 0.001$ ) or the proportion of embryos that developed to morula or blastocyst ( $P < 0.001$ ).  
<sup>†</sup> It was not practicable to transfer all morulae/blastocysts.  
<sup>‡</sup> As a proportion of morulae or blastocysts transferred. Not all recipients were perfectly synchronized.  
<sup>§</sup> This lamb died within a few minutes of birth.

## letters to nature



**Figure 2** Lamb number 6LL3 derived from the mammary gland of a Finn Dorset ewe with the Scottish Blackface ewe which was the recipient.

alone indicates that the lambs could not have been born after inadvertent mating of either the oocyte donor or recipient ewes. In addition, DNA microsatellite analysis of the cell populations and the lambs at four polymorphic loci confirmed that each lamb was derived from the cell population used as nuclear donor (Fig. 1). Duration of gestation is determined by fetal genotype<sup>7</sup>, and in all cases gestation was longer than the breed mean (Table 2). By contrast, birth weight is influenced by both maternal and fetal genotype<sup>8</sup>. The birth weight of all lambs was within the range for single lambs born to Blackface ewes on our farm (up to 6.6 kg) and in most cases was within the range for the breed of the nuclear donor. There are no strict control observations for birth weight after embryo transfer between breeds, but the range in weight of lambs born to their own breed on our farms is 1.2–5.0 kg, 2–4.9 kg and 3–9 kg for the Finn Dorset, Welsh Mountain and Poll Dorset genotypes, respectively. The attainment of sexual maturity in the lambs is being monitored.

Development of embryos produced by nuclear transfer depends upon the maintenance of normal ploidy and creating the conditions for developmental regulation of gene expression. These responses are both influenced by the cell-cycle stage of donor and recipient cells and the interaction between them (reviewed in ref. 9). A comparison of development of mouse and cattle embryos produced by nuclear transfer to oocytes<sup>10,11</sup> or enucleated zygotes<sup>12,13</sup> suggests that a greater proportion develop if the recipient is an oocyte. This may be because factors that bring about reprogramming of gene expression in a transferred nucleus are required for early development and are taken up by the pronuclei during development of the zygote.

If the recipient cytoplasm is prepared by enucleation of an oocyte at metaphase II, it is only possible to avoid chromosomal damage and maintain normal ploidy by transfer of diploid nuclei<sup>14,15</sup>, but further experiments are required to define the optimum cell-cycle stage. Our studies with cultured cells suggest that there is an advantage if cells are quiescent (ref. 1, and this work). In earlier studies, donor cells were embryonic blastomeres that had not been induced into quiescence. Comparisons of the phases of the growth cycle showed that development was greater if donor cells were in mitosis<sup>16</sup> or in the G1 (ref. 10) phase of the cycle, rather than in S or G2 phases. Increased development using donor cells in G0, G1 or mitosis may reflect greater access for reprogramming factors present in the oocyte cytoplasm, but a direct comparison of these phases in the same cell population is required for a clearer understanding of the underlying mechanisms.

**Table 2** Delivery of lambs developing from embryos derived by nuclear transfer from three different donor cells types, showing gestation length and birth weight

Cell type	Breed of lamb	Lamb identity	Duration of pregnancy (days)*	Birth weight (kg)
Mammary epithelium	Finn Dorset	6LL3	148	6.6
Fetal fibroblast	Black Welsh	6LL7	152	5.6
	Black Welsh	6LL8	149	2.8
	Black Welsh	6LL9†	156	3.1
Embryo-derived	Poll Dorset	6LL1	149	6.5
	Poll Dorset	6LL2‡	152	6.2
	Poll Dorset	6LL5	148	4.2
	Poll Dorset	6LL6‡	152	5.3

\* Breed averages are 143, 147 and 145 days, respectively for the three genotypes Finn Dorset, Black Welsh Mountain and Poll Dorset.

† This lamb died within a few minutes of birth.

‡ These lambs were delivered by caesarian section. Overall the nature of the assistance provided by the veterinary surgeon was similar to that expected in a commercial flock.

Together these results indicate that nuclei from a wide range of cell types should prove to be totipotent after enhancing opportunities for reprogramming by using appropriate combinations of these cell-cycle stages. In turn, the dissemination of the genetic improvement obtained within elite selection herds will be enhanced by limited replication of animals with proven performance by nuclear transfer from cells derived from adult animals. In addition, gene targeting in livestock should now be feasible by nuclear transfer from modified cell populations and will offer new opportunities in biotechnology. The techniques described also offer an opportunity to study the possible persistence and impact of epigenetic changes, such as imprinting and telomere shortening, which are known to occur in somatic cells during development and senescence, respectively.

The lamb born after nuclear transfer from a mammary gland cell is, to our knowledge, the first mammal to develop from a cell derived from an adult tissue. The phenotype of the donor cell is unknown. The primary culture contains mainly mammary epithelial (over 90%) as well as other differentiated cell types, including myoepithelial cells and fibroblasts. We cannot exclude the possibility that there is a small proportion of relatively undifferentiated stem cells able to support regeneration of the mammary gland during pregnancy. Birth of the lamb shows that during the development of that mammary cell there was no irreversible modification of genetic information required for development to term. This is consistent with the generally accepted view that mammalian differentiation is almost all achieved by systematic, sequential changes in gene expression brought about by interactions between the nucleus and the changing cytoplasmic environment<sup>17</sup>. □

### Methods

Embryo-derived cells were obtained from embryonic disc of a day-9 embryo from a Poll Dorset ewe cultured as described<sup>1</sup>, with the following modifications. Stem-cell medium was supplemented with bovine DIA/LIF. After 8 days, the explanted disc was disaggregated by enzymatic digestion and cells replated onto fresh feeders. After a further 7 days, a single colony of large flattened cells was isolated and grown further in the absence of feeder cells. At passage 8, the modal chromosome number was 54. These cells were used as nuclear donors at passages 7–9. Fetal-derived cells were obtained from an eviscerated Black Welsh Mountain fetus recovered at autopsy on day 26 of pregnancy. The head was removed before tissues were cut into small pieces and the cells dispersed by exposure to trypsin. Culture was in BHK 21 (Glasgow MEM; Gibco Life Sciences) supplemented with L-glutamine (2 mM), sodium pyruvate (1 mM) and 10% fetal calf serum. At 90% confluency, the cells were passaged with a 1 : 2

division. At passage 4, these fibroblast-like cells (Fig. 1) had modal chromosome number of 54. Fetal cells were used as nuclear donors at passages 4–6. Cells from mammary gland were obtained from a 6-year-old Finn Dorset ewe in the last trimester of pregnancy<sup>18</sup>. At passages 3 and 6, the modal chromosome number was 54 and these cells were used as nuclear donors at passage numbers 3–6.

Nuclear transfer was done according to a previous protocol<sup>1</sup>. Oocytes were recovered from Scottish Blackface ewes between 28 and 33 h after injection of gonadotropin-releasing hormone (GnRH), and enucleated as soon as possible. They were recovered in calcium- and magnesium-free PBS containing 1% FCS and transferred to calcium-free M2 medium<sup>19</sup> containing 10% FCS at 37 °C. Quiescent, diploid donor cells were produced by reducing the concentration of serum in the medium from 10 to 0.5% for 5 days, causing the cells to exit the growth cycle and arrest in G0. Confirmation that cells had left the cycle was obtained by staining with antiPCNA/cyclin antibody (Immuno Concepts), revealed by a second antibody conjugated with rhodamine (Dakopatts).

Fusion of the donor cell to the enucleated oocyte and activation of the oocyte were induced by the same electrical pulses, between 34 and 36 h after GnRH injection to donor ewes. The majority of reconstructed embryos were cultured in ligated oviducts of sheep as before, but some embryos produced by transfer from embryo-derived cells or fetal fibroblasts were cultured in a chemically defined medium<sup>20</sup>. Most embryos that developed to morula or blastocyst after 6 days of culture were transferred to recipients and allowed to develop to term (Table 1). One, two or three embryos were transferred to each ewe depending upon the availability of embryos. The effect of cell type upon fusion and development to morula or blastocyst was analysed using the marginal model of Breslow and Clayton<sup>21</sup>. No comparison was possible of development to term as it was not practicable to transfer all embryos developing to a suitable stage for transfer. When too many embryos were available, those having better morphology were selected.

Ultrasound scan was used for pregnancy diagnosis at around day 60 after oestrus and to monitor fetal development thereafter at 2-week intervals. Pregnant recipient ewes were monitored for nutritional status, body condition and signs of EAE, Q fever, border disease, louping ill and toxoplasmosis. As lambing approached, they were under constant observation and a veterinary surgeon called at the onset of parturition. Microsatellite analysis was carried out on DNA from the lambs and recipient ewes using four polymorphic ovine markers<sup>22</sup>.

Received 25 November 1996; accepted 10 January 1997.

- Campbell, K. H. S., McWhir, J., Ritchie, W. A. & Wilmut, I. Sheep cloned by nuclear transfer from a cultured cell line. *Nature* **380**, 64–66 (1996).
- Solter, D. Lambing by nuclear transfer. *Nature* **380**, 24–25 (1996).
- Gurdon, J. B., Laskey, R. A. & Reeves, O. R. The developmental capacity of nuclei transplanted from keratinized skin cells of adult frogs. *J. Embryol. Exp. Morph.* **34**, 93–112 (1975).
- Quinlivan, T. D., Martin, C. A., Taylor, W. B. & Cairney, I. M. Pre- and perinatal mortality in those ewes that conceived to one service. *J. Reprod. Fert.* **11**, 379–390 (1966).
- Walker, S. K., Heard, T. M. & Seamark, R. F. *In vitro* culture of sheep embryos without co-culture: successes and perspectives. *Therio* **37**, 111–126 (1992).
- Nash, M. L., Hungerford, L. L., Nash, T. G. & Zinn, G. M. Risk factors for perinatal and postnatal mortality in lambs. *Vet. Rec.* **139**, 64–67 (1996).
- Bradford, G. E., Hart, R., Quirke, J. F. & Land, R. B. Genetic control of the duration of gestation in sheep. *J. Reprod. Fert.* **30**, 459–463 (1972).
- Walton, A. & Hammond, J. The maternal effects on growth and conformation in Shire horse–Shetland pony crosses. *Proc. R. Soc. B* **125**, 311–335 (1938).
- Campbell, K. H. S., Loi, P., Otaegui, P. J. & Wilmut, I. Cell cycle co-ordination in embryo cloning by nuclear transfer. *Rev. Reprod.* **1**, 40–46 (1996).
- Cheong, H.-T., Takahashi, Y. & Kanagawa, H. Birth of mice after transplantation of early-cell-cycle-stage embryonic nuclei into enucleated oocytes. *Biol. Reprod.* **48**, 958–963 (1993).
- Prather, R. S. *et al.* Nuclear transplantation in the bovine embryo. Assessment of donor nuclei and recipient oocyte. *Biol. Reprod.* **37**, 859–866 (1987).
- McGrath, J. & Solter, D. Inability of mouse blastomere nuclei transferred to enucleated zygotes to support development *in vitro*. *Science* **226**, 1317–1318 (1984).
- Robl, J. M. *et al.* Nuclear transplantation in bovine embryos. *J. Anim. Sci.* **64**, 642–647 (1987).
- Campbell, K. H. S., Ritchie, W. A. & Wilmut, I. Nuclear-cytoplasmic interactions during the first cell cycle of nuclear transfer reconstructed bovine embryos: Implications for deoxyribonucleic acid replication and development. *Biol. Reprod.* **49**, 933–942 (1993).
- Barnes, F. L. *et al.* Influence of recipient oocyte cell cycle stage on DNA synthesis, nuclear envelope breakdown, chromosome constitution, and development in nuclear transplant bovine embryos. *Mol. Reprod. Dev.* **36**, 33–41 (1993).
- Kwon, O. Y. & Kono, T. Production of identical sextuplet mice by transferring metaphase nuclei from 4-cell embryos. *J. Reprod. Fert. Abst. Ser.* **17**, 30 (1996).
- Gurdon, J. B. The control of gene expression in animal development (Oxford University Press, Oxford, 1974).
- Finch, L. M. B. *et al.* Primary culture of ovine mammary epithelial cells. *Biochem. Soc. Trans.* **24**, 369S (1996).
- Whitten, W. K. & Biggers, J. D. Complete development *in vitro* of the preimplantation stages of the mouse in a simple chemically defined medium. *J. Reprod. Fert.* **17**, 399–401 (1968).

- Gardner, D. K., Lane, M., Spitzer, A. & Batt, P. A. Enhanced rates of cleavage and development for sheep zygotes cultured to the blastocyst stage *in vitro* in the absence of serum and somatic cells. Amino acids, vitamins, and culturing embryos in groups stimulate development. *Biol. Reprod.* **50**, 390–400 (1994).
- Breslow, N. E. & Clayton, D. G. Approximate inference in generalized linear mixed models. *J. Am. Stat. Assoc.* **88**, 9–25 (1993).
- Buchanan, F. C., Littlejohn, R. P., Galloway, S. M. & Crawford, A. L. Microsatellites and associated repetitive elements in the sheep genome. *Mammal. Gen.* **4**, 258–264 (1993).

**Acknowledgements.** We thank A. Colman for his involvement throughout this experiment and for guidance during the preparation of this manuscript; C. Wilde for mammary-derived cells; M. Ritchie, J. Bracken, M. Malcolm-Smith, W. A. Ritchie, P. Ferrier and K. Mycock for technical assistance; D. Waddington for statistical analysis; and H. Bowran and his colleagues for care of the animals. This research was supported in part by the Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. The experiments were conducted under the Animals (Scientific Procedures) Act 1986 and with the approval of the Roslin Institute Animal Welfare and Experiments Committee.

Correspondence should be addressed to I.W. (e-mail Ian.Wilmut@bbsrc.ac.uk).

## Evidence against a dedicated system for word learning in children

Lori Markson & Paul Bloom

Department of Psychology, University of Arizona, Tucson, Arizona 85721, USA

Children can learn aspects of the meaning of a new word on the basis of only a few incidental exposures and can retain this knowledge for a long period—a process dubbed ‘fast mapping’<sup>1–8</sup>. It is often maintained that fast mapping is the result of a dedicated language mechanism, but it is possible that this same capacity might apply in domains other than language learning. Here we present two experiments in which three- and four-year-old children and adults were taught a novel name and a novel fact about an object, and were tested on their retention immediately, after a 1-week delay or after a 1-month delay. Our findings show that fast mapping is not limited to word learning, suggesting that the capacity to learn and retain new words is the result of learning and memory abilities that are not specific to language.

In two experiments (study 1 and study 2), 48 three-year-old children (mean age, 3 yr 7 months), 47 four-year-old children (mean age, 4 yr 5 months) and 48 undergraduate students first participated in a training phase that lasted for about twenty minutes. This phase involved the manipulation of ten kinds of objects, four of them familiar (for example, pennies) and six of them novel (see Methods). Subjects were asked to use some of the objects to measure other objects: for instance, they were asked to use pennies to measure the circumference of a plastic disc. Children were told it was a game, and adults were told it was a game designed to teach young children how to measure.

In the course of the training phase, subjects in both study 1 and study 2 were exposed to a new word—‘koba’—used to refer to one of the six unfamiliar kinds of objects. Subjects in study 1 were also taught a new fact about one or more objects belonging to another kind. They were told that the object or objects was given to the experimenter by her uncle. Subjects in study 2 were given information about an unfamiliar object, presented visually. They watched as a sticker was placed on one of the unfamiliar objects, and were told that was where the sticker should go (see Methods).

In each of the studies, one-third of the subjects from each age group were tested for comprehension immediately after the training phase, one-third were tested after a 1-week delay (6–8 days), and one-third after a 1-month delay (28–30 days). Subjects were presented with the original array of ten items and asked to recall which object was the koba. Subjects in study 1 were also asked to recall which object was given to the experimenter by her uncle. Subjects in study 2 were handed a small sticker and instructed to put it where it should go (see Methods).

# Como foi

Em fevereiro de 1997, o escocês Ian Wilmut, um brilhante embriologista de 52 anos, anunciou a primeira clonagem de um animal adulto, uma ovelha. Todo mundo só falou disso, mas explicar que é bom, quase ninguém explicou. Agora você vai entender tudo direitinho.

POR FLÁVIO DIEGUEZ

A notícia da façanha de Wilmut foi uma bomba, uma unanimidade, uma festa e tanto. Manchetes em todas as televisões, jornais, rádios, revistas, sites da Internet. E por que tudo isso?

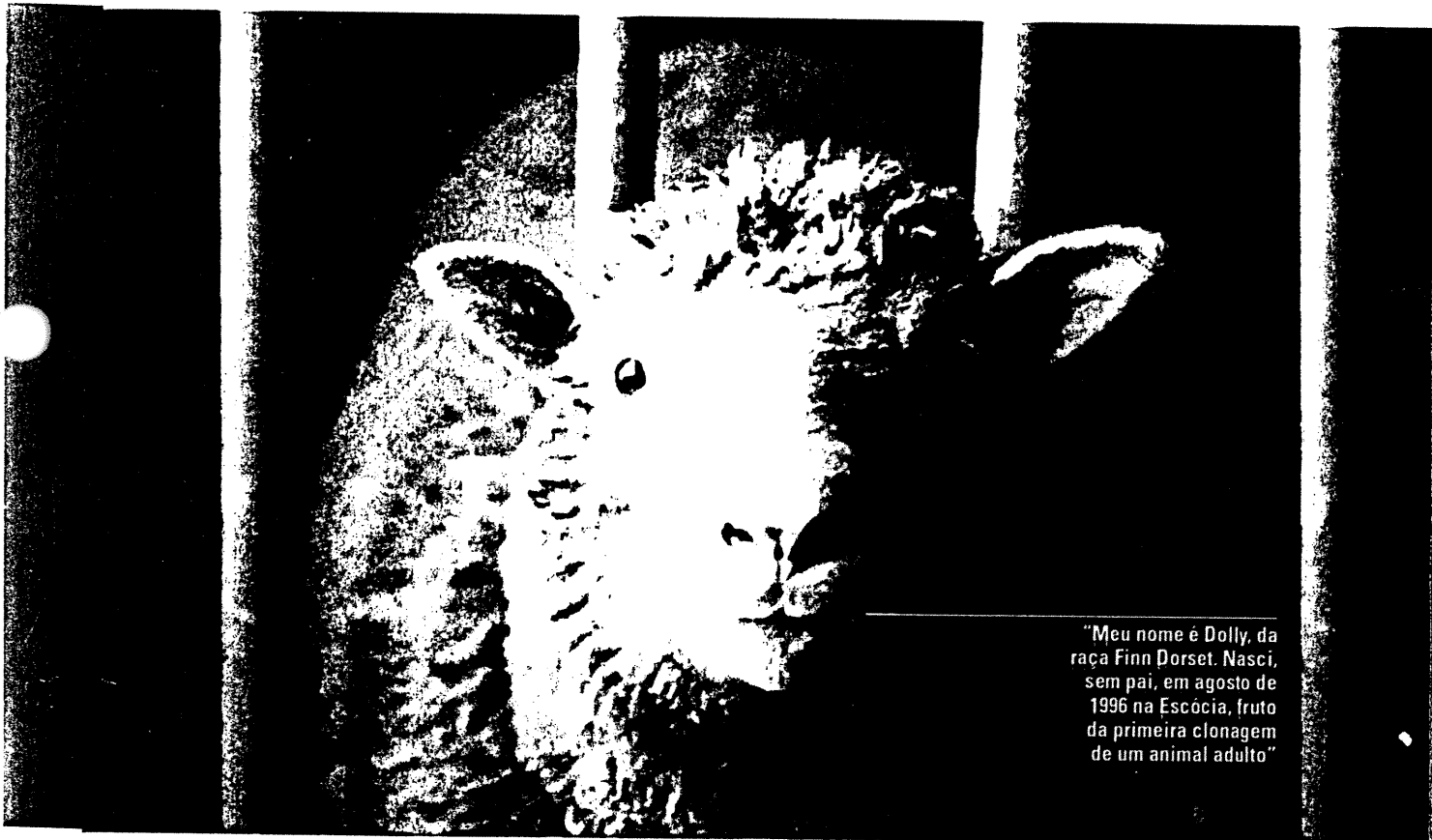
Bem, comecemos pelo verbo "clonar", que por sinal ainda não faz parte do Aurélio. Esse neologismo genético significa fazer cópia, artificialmente, de um ser vivo. Aliás, "clonar", em si, nem é uma novidade. Cientistas do mundo inteiro an-

dam "clonando" por aí há quase vinte anos. Desde 1978, vários tipos de animais são copiados — e, se não fosse proibido, já teriam sido anunciados os clones de gente. Mas antes as cópias eram obtidas a partir de embriões — e embriões, você sabe, são aqueles pequenos ovos gerados a partir do encontro de um óvulo com um espermatozóide. Portanto, a técnica de clonagem partia da multiplicação forçada de embriões. Reproduziam-se num tubo de en-

saio diversos embriões de uma matriz, que depois eram colocados nos úteros de várias fêmeas.

O que Wilmut conseguiu de extraordinário foi quebrar dois tabus. Primeiro, eliminou de seu clone a necessidade do encontro de um espermatozóide com um óvulo — até aqui indispensável para formar o embrião. Wilmut produziu sua criatura usando um óvulo virgem, que nunca havia sido fecundado. Para isso, retirou desse óvulo o seu nú-

# i possível?



"Meu nome é Dolly, da raça Finn Dorset. Nasci, sem pai, em agosto de 1996 na Escócia, fruto da primeira clonagem de um animal adulto"

cleo original e pôs no lugar os genes de uma célula comum de outra ovelha. Esta é que foi "clonada". Da que era dona do óvulo, coitada, nada restou no filhote.

Aí, veio o segundo e mais espetacular tabu: o cientista escocês fez um embrião com os genes de uma célula comum, ou melhor, especializada. Essa célula especializada veio de uma glândula mamária, uma simples teta. Sua única função na existência era ser mama e nada mais.

Por isso, especializada. As células do cabelo são especializadas em ser cabelo, as do fígado, em ser fígado, as da unha, unha. Agora, na Escócia, a carga genética de uma célula corriqueira gerou um inacreditável embrião. Dali nasceria uma ovelha geneticamente idêntica à dona da mama. "Esse resultado mostra como é fascinante o desenvolvimento atual na área da Genética e da reprodução", disse à SUPER o médico Roger Abdel Massi, especialista em

reprodução humana. Sim, um verdadeiro milagre, mas científico.

A ousadia de Ian Wilmut foi coroada com o humor típico da cultura britânica, um humor que talvez seja genético. Ele batizou sua cria de Dolly. Uma homenagem, diz o cientista, à cantora americana Dolly Parton, dona de uma silhueta que realça bem a parte do organismo de onde Wilmut retirou sua célula especializada. O escocês, merecidamente, foi a sensação do planeta.

## Reviravolta na Teoria da Evolução

Ian Wilmut simplesmente aposentou aquilo que era uma lei sagrada da Biologia, segundo a qual uma célula especializada (de ovelha e da maioria das espécies conhecidas) jamais poderia gerar um novo ser. Com algumas poucas espécies, como a estrela-do-mar e as bananeiras,

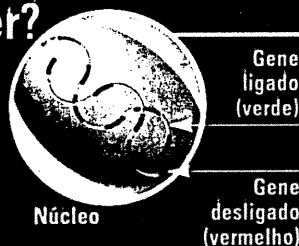
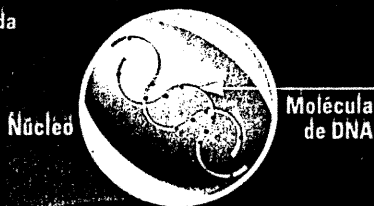
não é assim. Se alguém corta um pedaço do tronco de uma bananeira e o joga no canteiro, outra vai brotar espontaneamente. Ou seja, a célula especializada do tronco vira embrião e inaugura outra bananeira, idêntica à primeira. Para esses seres a clonagem é rotineira. Mas para a maioria das espécies não há clonagem natural. Apenas os óvulos e os espermatozoides participam da reprodução. Resumo: sem sexo, elas jamais poderiam se reproduzir.

A evolução passa pelo sexo há cerca de 500 milhões de anos. E ela fica melhor assim. Havendo espermatozoides e óvulos trocando cargas genéticas, as possibilidades de nascerem indivíduos diferentes é maior, pois os genes do pai se misturam aos da mãe num organismo novo. O que é bom: mais indivíduos diferentes significa mais chance de evolução. Se todos fossem como as bananeiras, os filhotes seriam sempre idênticos aos pais, geração após

### O que eu vou ser quando crescer?

*Veja como as células se especializam, aprendem a executar uma tarefa específica e usam apenas alguns dos seus genes.*

Como embrião, a célula ainda não sabe o que vai ser quando crescer. Sua carga genética, o DNA dentro do núcleo, está livre para assumir qualquer função.



O embrião cresce porque as células se multiplicam. Às vezes elas começam a desligar os genes de que não vão mais precisar.



### A imaginação entre os mitos e a realidade

Depois de Dolly, a imaginação de todo mundo disparou na linha de clonar gente. Vamos com calma. Muito do que se fala por aí é mito. Primeiro, não é verdade que um cidadão poderia ressuscitar na forma de um clone. Não.

Nasceria um ser muito parecido com o primeiro, mas não é aquele primeiro reencarnado. Isto aqui é Genética, não espiritismo. Mais uma coisa: não dá para clonar morto. A célula tem de estar viva.

Assim, o clone não ficaria igual a quem lhe deu origem. Apenas os genes seriam iguais. Mas clone e clonado são diferentes,

assim como são diferentes os gêmeos idênticos, que também têm o mesmo material genético. Há diferenças porque, além dos genes, o ambiente, a cultura, a comida, tudo influi no jeito do indivíduo.

São perigosas, enfim, especulações de que os genes atuam sobre coisas como as emoções e a

inteligência. Não há prova disso. E o mais provável é que a força dos genes, se existir, seja muito inferior à do ambiente. Até gêmeos que crescem juntos acabam tendo personalidades divergentes. As diferenças devem ser ainda maiores no clone de um adulto, pois cresceria em outra época e outro lugar.

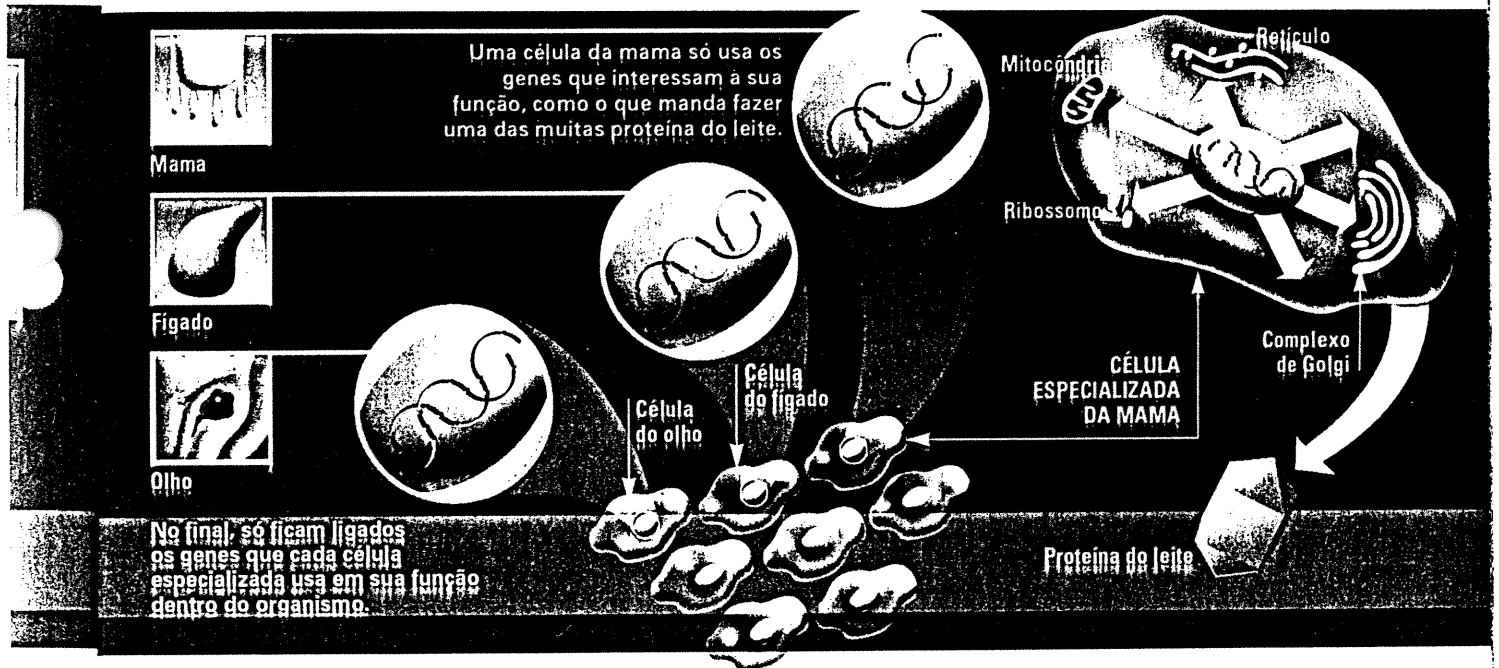
geração, e a evolução seria muito lenta, causada só por uma ou outra mutação dos genes.

Nas espécies que se reproduzem por óvulos e espermatozoides, que são a maioria, a natureza criou uma sábia proibição: nenhuma outra célula do corpo está autorizada a participar da reprodução. Só as células sexuais cuidam disso.

Foi aí que Wilmut anunciou um revertério assustador, derrubando a velha lei. Ele conseguiu despro-

gramar uma célula especializada e fazer com que seu núcleo, levado para dentro de um óvulo, virasse um embrião. "Com isso, ganhamos uma capacidade reprodutiva que é típica das plantas", explica o professor Otto Crócomo, da USP, um dos maiores especialistas em clones de vegetais no Brasil. Como é uma máquina complexa, o organismo só funciona direito se cada parte tiver função bem definida e se todas as partes estiverem bem coordenadas.

É por isso que as células se especializam durante a gestação. Uma virarão olho, outras figado etc. Mas, mesmo especializadas, todas as células têm os mesmos genes. Logo, o que Wilmut precisava fazer, era apagar as instruções inscritas nos genes da célula tirada da ovelha adulta, a que seria a mãe de Dolly. Essa célula só sabia ser mama, mas o escocês deu a ela a ordem de ser embrião. Como? É o que você vai ver nas duas páginas seguintes.



## Fabricados 277 embriões, só um vingou

Com o impacto da descoberta, diversos detalhes a respeito de Dolly passaram quase em branco. Um deles é que a clonagem funcionou, de maneira geral, muito bem. Afinal, o clone nasceu, e com boa saúde. Na verdade, a experiência deu um resultado fraco, já que Ian

Wilmut não tentou donar só uma ovelha, mas um total de 277. Isso significa que ele conseguiu transformar 277 células comuns em embriões, que foram depois implantados no útero de outras ovelhas, usadas como mães-de-aluguel. Mas desse conjunto inteiro só um filhote chegou a nascer: Dolly. Além disso, ele fez outras experiências utilizando embriões verdadeiros em vez de células comuns.

A clonagem de embriões já é conhecida, mas ela emprega embriões bem jovens. Wilmut testou estágios mais avançados de desenvolvimento para ver o que acontecia. De 557 tentativas, nasceram sete filhotes. Essas taxas baixas indicam que falta muito para aperfeiçoar a técnica. Outro fato citado pelo cientista em seu artigo científico na revista inglesa *Nature* é a possibilidade de Dolly não ter

nascido de uma célula de mama, mas de algum embrião de verdade infiltrado por ali. Seria o maior banho de água fria do ano. As chances são remotíssimas, mas a suspeita tem de ser investigada.

**Ian Wilmut e sua única sobrevivente, Dolly**



©2

## Como tapear uma célula de ovelha

Para realizar o sonho impossível de fazer de sua célula especializada um embrião, Ian Wilmut apostou num palpite sensacional: a fome. É um palpite que ainda não está inteiramente comprovado mas, ao menos em teoria, é fabuloso. Vamos a ele. Primeiro, submeteu a célula a u-

ma dieta de sais comuns, como cloreto de cálcio e sulfato de magnésio, o equivalente a um chá com torradinhas. Com isso, o núcleo teve que reduzir suas atividades a quase zero, entrando num estado letárgico que os embriologistas chamam de quiescente. Nesse estado, a célula interrompe o seu ciclo de crescimento normal.

O truque fez essa quiescência acontecer quando a célula ainda era bem jovem. Essa é a fase G-Zero,

muito breve. É o único instante em que os genes, dentro do núcleo, descansam e param de distribuir as ordens de crescimento e multiplicação para a célula. Nessa fase, as operações ficam a cargo de proteínas especiais do citoplasma. A função dessas proteínas é justamente entrar no núcleo e preparar os genes para o início de um novo ciclo de crescimento e reprodução.

Nesse instante preciso, transferindo esse núcleo para um óvulo cu-

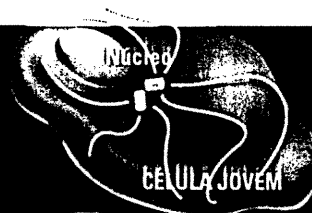
### O segredo de Wilmut

*Veja como o cientista construiu um embrião simplesmente obrigando uma célula especializada a passar fome.*

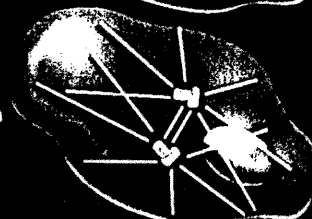
A história começa com a célula da mama que ia virar um clone. Antes disso, foi preciso interromper o seu ciclo normal de reprodução. Acompanhe a experiência.



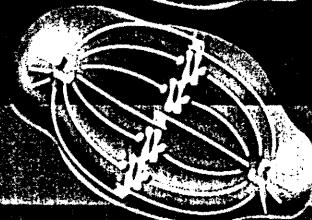
**1** A célula começa o ciclo bem jovem. Apesar de ser um bom momento para clonar, todas as tentativas até hoje deram errado.



**2** Na segunda fase do ciclo, a célula fica pronta para dividir-se em duas. As clonagens a partir daqui também não funcionaram.



**3** Terceira fase. A divisão já vai acontecer e dar origem a uma outra célula da mama. As chances de clonagem são mínimas.



### Quatro promessas para 2001

Quatro grandes áreas de pesquisa vão ser tremendamente beneficiadas pela clonagem, de acordo com as declarações de Ian Wilmut à imprensa logo após anunciar a clonagem da ovelha.

Dessa lista, a mais relevante, do ponto de vista científico, é o estudo do processo de envelhecimento das células. A razão é simples: sabendo o que se passa dentro das células, os cientistas podem investigar mistérios tão profundos quanto os do câncer. Alguns dos avanços recentes mais importantes

no estudo da doença brotaram justamente de investigações detalhadas sobre as moléculas que atuam no processo de envelhecimento celular.

O segundo tópico é mais prático, pois Wilmut diz que agora vai ficar muito mais fácil agir diretamente sobre os genes. O resultado dessa ação precisa é que

será possível estudar qualquer enfermidade genética. Na opinião do cientista, o progresso mais rápido acontecerá nas doenças pulmonares das crianças. A quarta área, bem próxima a esta última, diz respeito à fabricação de drogas e terapias genéticas por meio da técnica dos clones.



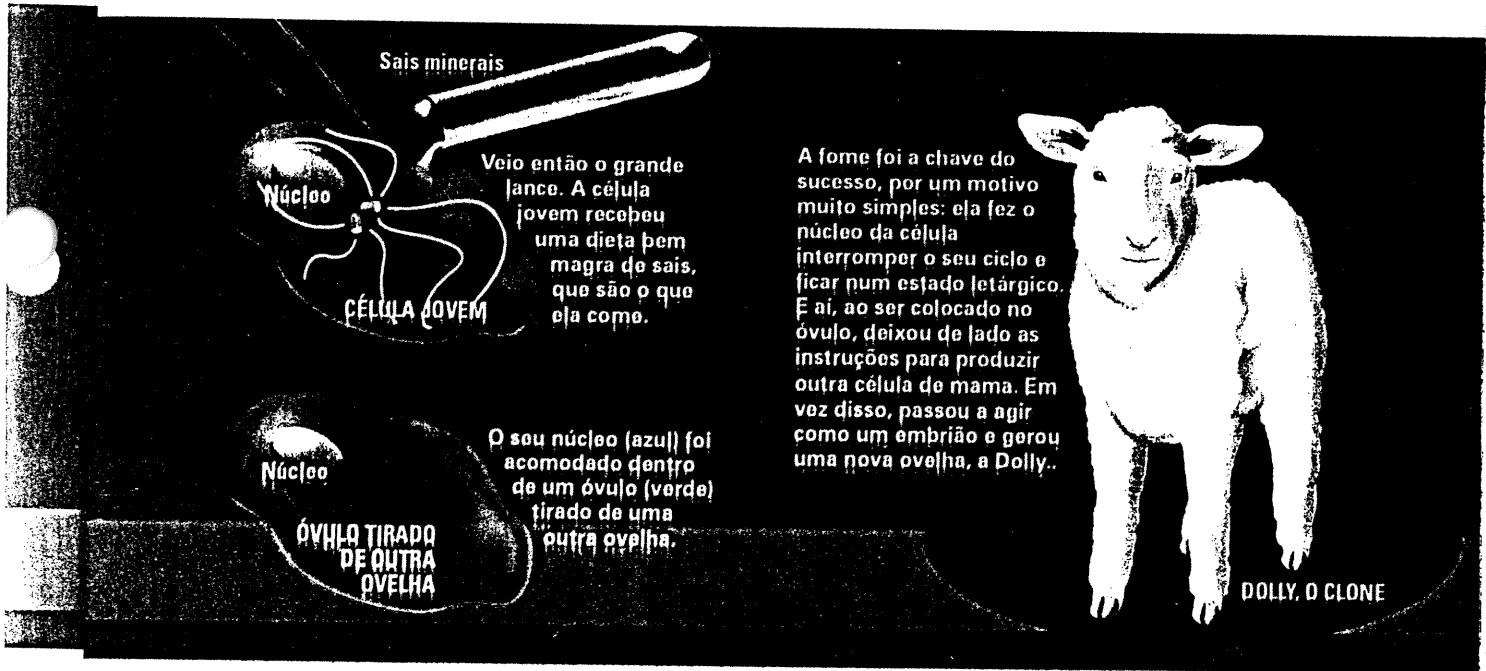
m  
o,  
is  
li-  
is  
fi-  
1-  
e  
2-  
o  
2-  
1-

jo núcleo havia sido retirado, o cientista deu início a um grande logro. Sem essa tapeação, a experiência iria fracassar. Lembre-se de que óvulos e espermatozoides só têm metade do material genético de uma célula normal. Eles só formam um embrião quando se fundem, somando suas duas metades. Assim formam o embrião. Pois ao receber um núcleo novo, que contém o material genético completo, o citoplasma daquele óvulo vai cair numa ilu-

são biológica (imagine, só para entender o truque, que os óvulos caíam em ilusões). Então, o citoplasma vai atuar como se o núcleo já fosse um embrião. Suas proteínas, entram lá dentro e reprogramam os genes totalmente, disparando o início do crescimento e da multiplicação celular. Ou seja, os genes também serão cúmplices da ilusão. Em vez de autorizar um crescimento de novas células de mama, o que seria natural, assumem sem problema o

papel de embrião. E tem início uma multiplicação celular para formar uma ovelha novinha.

"As proteínas do citoplasma realmente podem ter reprogramado os genes", confirmou à SUPER o embriologista Colin Stewart, do Centro Frederick de Desenvolvimento e Pesquisa do Câncer. Claro que a experiência ainda requer comprovações. Mas, desde já, o embriologista escocês abriu novas portas para a Biologia. ■



## A experiência a serviço da Biologia

Aos 52 anos, pai de três filhos, Wilmut é discreto e metódico. Não tem o perfil usual de uma grande estrela da ciência. Há vinte anos faz parte da equipe de 300 pesquisadores do Instituto Roslin, na pequena cidade de mesmo nome. Situado a 10 quilômetros da capital

escocesa, Edimburgo, o instituto fica numa grande planície onde a criação de ovelhas é uma atividade econômica importante. Visto de fora, pode ser confundido com um grande estábulo. É natural que, nesse ambiente, a carreira de Wilmut tenha se orientado muito mais para a solução das questões práticas da pecuária, e menos para grandes indagações teóricas da Genética. "A clonagem

nunca foi o verdadeiro motor das minhas pesquisas", declarou ele à agência de notícias Reuters logo após o sucesso com Dolly. "Meu primeiro trabalho importante foi conseguir congelar espermatozoides de porco." Mas é evidente que Wilmut acumulou um conhecimento acima do normal sobre o aparelho reprodutor dos animais. Especialmente nos primeiros momentos da gestação, em que os

embriões ainda têm a escala microscópica de umas poucas células. Essa experiência parece ter sido decisiva para a façanha de transformar, pela primeira vez na história, uma célula adulta num embrião. S

Instituto Roslin, local da proeza histórica



(1) 2

**MIRO**

LUIZ CLEMENTINO

RONALDO T. LOPES





# Vem aí o clone brasileiro



ELIANA ASSUMIÇÃO

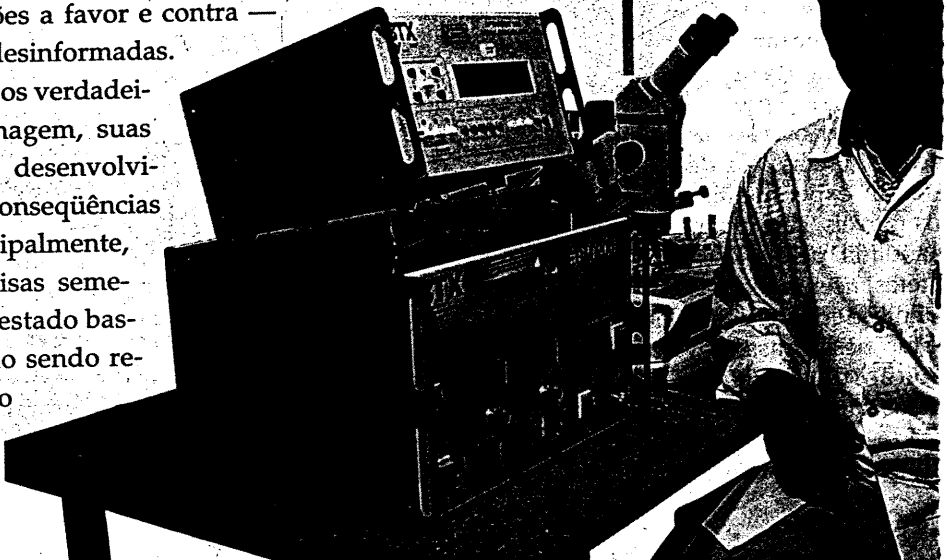
Em Brasília e São Paulo, dois cientistas trabalham em ritmo acelerado na primeira clonagem de um bovino

**Visintin:**  
"A clonagem do tipo Dolly permite maior controle dos resultados, mas o nosso método é muito mais simples"

to Roslin, de Edimburgo, Escócia, a mídia produziu uma verdadeira histeria coletiva em torno do assunto, acenando com a clonagem iminente e em larga escala de seres humanos. Exércitos de Rambos, multidões de Einsteins, estoques de andróides descerebrados e outros delírios passaram a ocupar o imaginário das pessoas comuns, gerando imediatamente opiniões a favor e contra — tão taxativas quanto desinformadas. Tudo isso obscureceu os verdadeiros objetivos da clonagem, suas contribuições para o desenvolvimento da ciência e conseqüências tecnológicas, e, principalmente, o fato de que pesquisas semelhantes, algumas em estado bastante adiantado, estão sendo realizadas pelo mundo todo — principalmente no Brasil.

**T**rês meses depois de a opinião pública tomar conhecimento do nascimento da ovelha Dolly, corações e mentes do mundo inteiro passaram a focalizar um só assunto: a clonagem. Capitalizando o legítimo interesse provocado pela façanha do geneticista Ian Wilmut e sua equipe de pesquisadores do Institu-

**Rumpf:** com equipe e laboratório montados e metodologia perfeitamente desenvolvida, ele promete resultados práticos ainda para este ano





## BIOTECNOLOGIA

### Pesquisadores prometem resultados ainda para este ano

Pesquisadores brasileiros estão, de fato, a um passo de produzir seu primeiro clone de animal superior. Não será uma ovelha, como a graciosa Dolly, mas um bovino, provavelmente da raça Nelore, a mais disseminada na pecuária de corte do país. Dois cientistas disputam a primazia na corrida por esse objetivo. Em Brasília, o médico veterinário Rodolfo Rumpf, coordenador de projetos do Centro Nacional de Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). E, em São Paulo, José Antonio Visintin, professor da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), da Universidade de São Paulo (USP). Apesar de correrem lado a lado pelo primeiro lugar, o relacionamento entre Rumpf e Visintin tem se pautado pela cooperação. Eles estão com equipes e laboratórios montados, ou em fase final de montagem, e prometem resultados positivos ainda para este ano. Os métodos de clonagem propostos pelos dois são semelhantes ao utilizado na Universidade do Oregon, nos Estados Unidos, para a criação de macacos.

Rumpf e Visintin propõem a produção de clones a partir da transferência de núcleos celulares de embriões bovinos jovens (em fase inicial de divisão celular), de alta linhagem genética, para

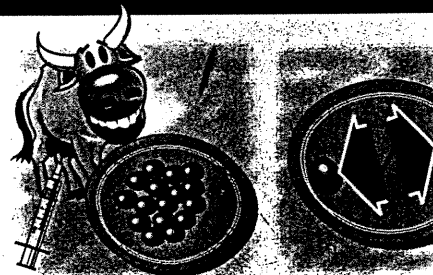
óvulos de vacas comuns, cujos núcleos tenham sido previamente retirados. Numa estimativa vez exageradamente modesta, eles esperam o em torno de sete clones para cada embrião original. Estes animais serão gêmeos idênticos, carregando todos eles o mesmo patrimônio genético que receberam do embrião de origem.

A clonagem é feita quando o embrião doado encontra numa fase inicial de sua existência — 16 ou 32 células, no projeto de Visintin, e 64, no de Rumpf. Nesse estágio, as células não estão ainda diferenciadas e especializadas. Elas são absolutamente iguais e qualquer uma delas pode dar origem a um indivíduo inteiro. Com a ajuda de um micromanipulador acoplado a um microscópio, as células são separadas e depois introduzidas em óvulos cujos núcleos tenham sido previamente descartados (acompanhe no desenho). O *start* para a formação da célula-ovo resultante é feito pela passagem de uma corrente elétrica, num aparelho conhecido como máquina de eletrofusão. "A ativação do óvulo, que normalmente ocorre pela entrada do espermatozóide



Com ajuda da ultra-sonografia, Visintin e sua assistente Mayra Assumpção colhem os óvulos de uma novilha. Um tratamento hormonal faz com que a vaca produza até oito óvulos de cada vez

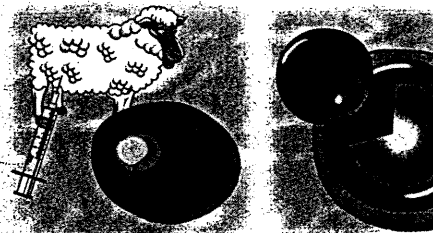
### O modelo brasileiro



1. O ponto de partida para o clone é um embrião, criado por fecundação *in vitro* ou aspirado do útero da mãe. O importante é que esteja numa fase inicial, quando qualquer uma de suas células pode originar o indivíduo inteiro

2. Separam-se essas células uma a uma com a ajuda de um micromanipulador acoplado a um microscópio. Cada célula é introduzida, então, no óvulo, cujo núcleo já foi previamente retirado

### O modelo escocês



1. A clonagem é feita a partir de células já diferenciadas (das glândulas mamárias) do animal adulto

2. Induzidas a iniciar o processo normal de divisão celular, as células são implantadas em óvulos sem núcleo

ELIANA ASSUMPTÃO



A graciosa Dolly e sua "mãe de aluguel": para produzir o clone foi utilizada a célula mamária de uma ovelha adulta

ROSILIN INSTITUTE

obtida por meio da eletrofusão, que abre os poros das membranas plasmáticas, permitindo que as duas estruturas se fundam", explica Rumpf.

A grande diferença entre a metodologia adotada no Brasil e a utilizada na produção da ovelha Dolly é que, nesta, o núcleo implantado não sai de um embrião jovem, mas de um animal adulto, de uma célula altamente diferenciada e especializada. Ian Wilmut efetuou a clonagem a partir de material retirado do tecido da glândula mamária da ovelha-mãe. Uma façanha bem mais

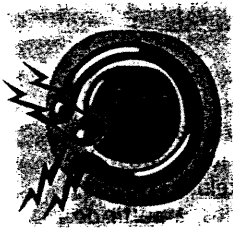
difícil de realizar, pelo fato de que, ao se diferenciarem e especializarem, as células perdem a chamada totipotência, isto é, a capacidade de gerar um indivíduo inteiro, característica das células dos embriões jovens. Quando essas células adultas

se multiplicam, elas produzem um único tipo de tecido e não a grande variedade de tecidos que constituem um organismo completo.

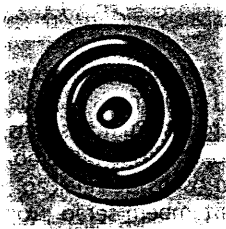
"Isso acontece porque apenas determinadas instruções genéticas presentes em seus cromossomos passam a ser lidas, enquanto as outras não", explica José Mariano Amabis, professor de Genética e Biologia Molecular do Instituto de Biociências da USP. Embora todas as células do organismo (exceto as sexuais) tenham o mesmo patrimônio genético, o processo de diferenciação faz com que, conforme o tipo de célula, certos genes entrem em atividade e outros fiquem inativos. Este foi o caso das células mamárias da ovelha-mãe de Dolly. No entanto, quando seus núcleos foram implantados

## O PASSO A PASSO DA CLONAGEM

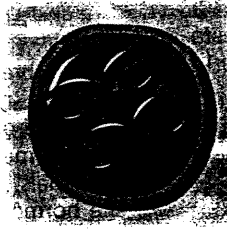
Comparação entre os processos adotados no Brasil e na Escócia



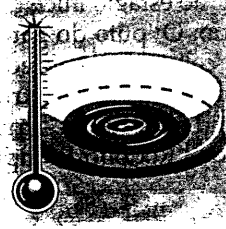
3. A célula do embrião é introduzida inicialmente numa região do óvulo conhecida como espaço perivitelínico. Mediante a passagem de uma corrente elétrica, ela atravessa a membrana do citoplasma receptor (eletrofusão)



4. Os dois citoplasmas se misturam. O da célula do embrião, muito menor, contribui apenas com 5% do citoplasma resultante. O núcleo da célula do embrião, porém, transforma-se em núcleo da nova célula



5. Antes da fase 2, o óvulo tinha só metade do patrimônio genético total (os cromossomos vindos da mãe). Já o ovo reconstruído tem patrimônio completo, herdado dos dois genitores do embrião



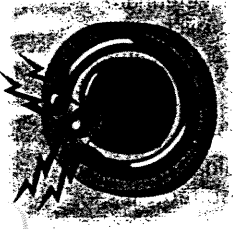
6. O ovo é colocado em cultivo, de sete a nove dias, numa estufa de gás carbônico. Nesse período, ele se multiplica por sucessivas divisões celulares, até atingir o estágio de blastocisto (64 a 128 células)



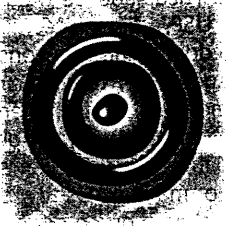
7. Implanta-se o blastocisto no útero de uma vaca comum ("mãe de aluguel"). O implante é feito em datas compatíveis com o ciclo normal da vaca, ou em datas arbitrárias, desde que haja preparação hormonal prévia



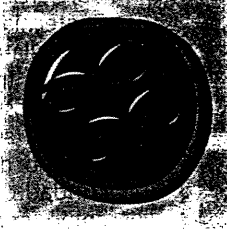
8. Após o tempo regular de gestação, equivalente ao da espécie humana (nove meses), a vaca hospedeira dá à luz o filhote. Este possui o mesmo patrimônio genético do embrião de origem



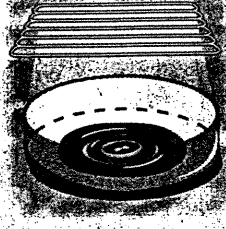
3. O acoplamento das duas estruturas também é obtido por meio da passagem de uma corrente elétrica



4. Os citoplasmas se misturam e o núcleo da célula mamária transforma-se em núcleo do ovo



5. O patrimônio genético do ovo é completo, pois vem do núcleo da célula mamária de um animal adulto



6. À semelhança do método brasileiro, o ovo é cultivado durante seis dias, até atingir a fase de blastocisto



7. O blastocisto é então implantado no útero de uma ovelha comum, adotada como "mãe de aluguel"



8. Cumprido o prazo normal de gestação, que nos animais ovívoros é de cinco meses, nasce o clone da ovelha original

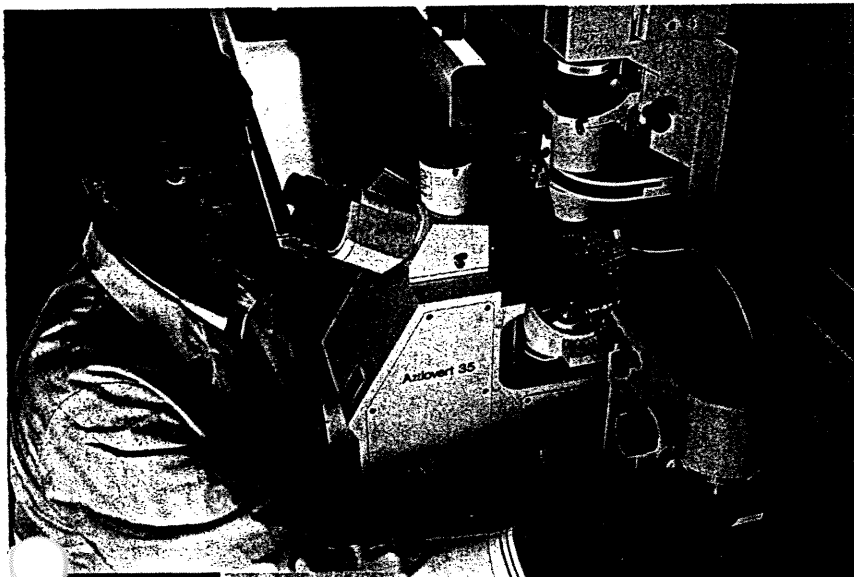


## O objetivo é multiplicar nossos campeões de leite e carne

nos citoplasmas dos óvulos de uma outra ovelha, eles voltaram ao estado de totipotência e tudo correu conforme o previsto. A compreensão de tal fenômeno é o que mais excita os cientistas. A pergunta que eles se fazem é: o que determina que uma célula diferenciada e especializada de um animal adulto tenha o seu genoma, ou patrimônio genético, repotencializado, como se viajasse no tempo, de volta ao estágio inicial da vida embrionária?

### O PROCESSO DE DIFERENCIAÇÃO CELULAR, UM MISTÉRIO PARA O SÉCULO 21

Os mecanismos envolvidos nessa fantástica metamorfose são bastante obscuros e esmiuçar os bastidores da criação da ovelha Dolly pode ajudar a esclarecê-los. Certamente, cientistas de todo o mundo entrarão no século 21 debruçados sobre essa questão. Mesmo porque ela pode contribuir para a elucidação de um mistério ainda mais fundamental: o dos fatores que determinam o processo de diferenciação celular. "É realmente inédito o fato de uma célula altamente diferenciada e especializada deixar-se 'reprogramar' ao estágio inicial do desenvolvimento embrionário. O 'pulo do gato' está no sincronismo do ciclo celular do núcleo e do citoplasma receptor, na fusão das duas estruturas no momento certo e em condições ótimas", comenta entusiasmado o pesquisador Rodolfo Rumpf.



José Fernando Garcia, com um micromanipulador acoplado ao microscópio: o equipamento faz com que os movimentos das mãos sejam miniaturizados, possibilitando realizar uma "cirurgia" dentro da célula

Das etapas na produção do clone: ao lado, uma micropipeta é utilizada para aspirar e retirar o núcleo do óvulo receptor; à direita, o embrião resultante da clonagem, já num estágio inicial de divisão celular



Mas não é só essa repotencialização dos genes que faz com que a metodologia escocesa esteja um degrau acima do procedimento adotado no Brasil. Ela propicia também maior certeza com relação às características do animal produzido. E a explicação para isso é simples. Na clonagem realizada a partir do embrião (caso brasileiro), existe um patrimônio genético, fornecido pelos pais, cujas virtudes ainda não se explicitaram. Embora os genitores sejam ambos de alta linhagem, não se sabe ao certo como seus genes se combinaram para formar o embrião que dá origem aos clones. Será preciso esperar que estes se desenvolvam até a idade adulta para avaliar de maneira conclusiva suas qualidades. Já na clonagem do tipo Dolly

## Animais transgênicos fo

Em breve, se tudo correr como prevêem os geneticistas, não haverá mais filas de espera para transplantes de órgãos. Pulmões, rins, pâncreas, fígados e até mesmo corações poderão ser fornecidos por animais, sem riscos de rejeição. Proteínas, enzimas e hormônios também serão produzidos, a partir de mamíferos, em larga escala e a baixo custo. A corrida rumo a essas metas fantásticas começou há nove anos, quando a companhia americana de biotecnologia Genzyme iniciou o desenvolvimento de uma técnica revolucionária: a transgênese animal.

Animais transgênicos são aqueles que têm seu patrimônio genético modificado por um gene originário de outra espécie — no caso, por um gene humano. Existem quatro técnicas para se introduzir o gene do homem no animal. O veterinário Fernando Garcia, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP, utiliza a técnica da microinjeção na célula-ovo do animal. "Na construção de camundongos transgênicos", relata Garcia, "uma fêmea adulta é submetida a um tratamento hormonal, que induz à superovulação, para a obtenção do maior número de óvulos possível. Em seguida, ela é fecundada pelo macho. Os ovos resultantes são então retirados, para que o gene humano seja neles injetado. Feito isso, transferem-se os ovos para fêmeas receptoras, na mesma fase hormonal da doadora. Para saber se os animais resultantes são ou

ELIANA ASSUNÇÃO

A questão da escala está diretamente relacionada com as metas que os pesquisadores brasileiros pretendem atingir. Num país em que a pecuária tem enorme importância econômica, esse objetivo relaciona-se diretamente com o bolso dos pecuaristas. "Trata-se de multiplicar o rebanho de animais campeões em produção de leite ou carne", informa o pesquisador José

CENARGEM

não há margem para surpresas: parte-se de um único animal, cujas características hereditárias são perfeitamente conhecidas, para fabricar um clone que é uma cópia exata do original.

"Clonar o animal adulto permite, sem dúvida, um maior controle do rebanho resultante", admite o professor Visintin, aplaudindo a façanha escocesa. "Porém, a vantagem do nosso procedimento é ser mais simples." E essa simplicidade não deve ser subestimada. Ela pode vir a ser o grande trunfo da clonagem à brasileira, porque uma coisa é realizar um experimento, como se fez em Edimburgo, e outra, muito diferente, é desenvolver, a partir do experimento, um método corriqueiro, capaz de ser repetido com sucesso em larga escala.

Fernando Garcia, professor da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP. "Enquanto um método, já praticado no Brasil, como a superovulação e a transferência de embriões faz com que uma vaca de alta linhagem gere cerca de dez filhos por ano (*leia quadro*), a clonagem por transferência de células embrionárias permite uma produção anual de 800 crias por vaca" contabiliza.

Na clonagem escocesa, os interesses que pesaram não partiram da pecuária, mas da indústria farmacêutica. O grande objetivo com a produção de clones do tipo Dolly é multiplicar, de maneira rápida e segura, a população de animais geneticamente manipulados, capazes de produzir substâncias de interesse farmacológico e até órgãos

## Por que serão órgãos para transplante



ROBINSON ONIAS

não transgênicos, realizam-se testes com amostras de seus DNAs. Em caso positivo, eles são acasalados com animais normais, para dar origem a uma linhagem de transgênicos. A clonagem permitirá substituir, com enormes vantagens, a reprodução natural dos animais transgênicos."

Em tese, é possível obter, a partir de transgênicos, todas as proteínas, enzimas, hormônios, aminoácidos e componentes sanguíneos de que o ser humano necessita. Especialistas em transgênese animal estimam que, já no início do próximo século, 10% das proteínas recombinantes utilizadas pelo homem, como a insulina, provirão de animais transgênicos. O fato contribuirá para uma redução de 100 vezes ou mais nos preços dessas substâncias. A produção de medicamentos transgênicos, porém, é apenas o começo. Pesquisadores ingleses, franceses e americanos vêm trabalhando em ritmo acelerado para realizar, ainda este ano, o primeiro transplante, num ser humano, de órgãos produzidos em porcos transgênicos. "Um gene humano inibidor da reação imune poderá ser inserido no genoma de um porco normal", informou a GLOBO CIÊNCIA o francês Louis-Marie Houdebine, um dos mais importantes geneticistas da atualidade. "Com isso, seus órgãos, geneticamente modificados, serão aceitos pelo organismo humano, sem rejeição."

SONIA GOLDFEDER, de Paris, com EMI SHIMMA



## Uma única vaca poderá produzir até 800 crias por ano

para transplantes. "Antes de se direcionar para a clonagem, a pesquisa de Ian Wilmut relacionava-se com a produção do Fator 8, uma substância responsável pela coagulação do sangue humano", revela o geneticista Carlos Moreira, do Instituto de Ciências Biomédicas da USP. A ausência dessa substância é que provoca a hemofilia, doença que atinge milhões de pessoas em todo o mundo. "Depois, Wilmut voltou-se para a produção de fatores anticoagulantes, utilizados no tratamento de pessoas infartadas."

"No homem", prossegue Moreira, "tais fatores são instruídos por genes específicos. Implantados em embriões de animais, estes genes humanos não prejudicam o seu desenvolvimento e determinam

que, mais tarde, eles venham a produzir as substâncias de interesse. No caso das ovelhas, os fatores são secretados através do leite. Esses animais 'engenheirados' são chamados transgênicos, por possuírem um gene estranho, tirado de outra espécie, em seu genoma. Sua produção é caríssima e muito trabalhosa. São esses tipos de animais que interessa prioritariamente clonar." Neste caso, parte-se de um único animal geneticamente manipulado para criar todo um lote de transgênicos — 100 vezes mais rápido e com muito maior garantia de êxito do que seria possível através da reprodução sexual normal. Pode-se avaliar o enorme interesse econômico existente em torno dessa meta também pelo fato de o Projeto Dolly ter sido financiado pela PPL Therapeutics, uma multinacional da indústria farmacêutica envolvida com a produção de medicamentos de origem transgênica.

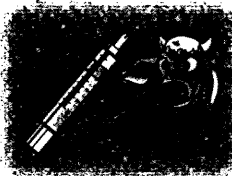
Através da clonagem escocesa, um animal transgênico adulto pode ser multiplicado quase indefi-

## As metodologias usadas na pecuária

**Da seleção clássica, feita a olho desde a Antigüidade e ainda hoje empregada na pecuária caipira, até a sofisticada clonagem, vários procedimentos têm sido utilizados em todo o mundo para aprimorar geneticamente e aumentar a produtividade dos rebanhos. A produção de clones representa um salto fantástico na eficácia dessas biotecnologias. Para se ter uma idéia, na clonagem à brasileira, uma única vaca de alta linhagem pode originar até 800 crias por ano. Conheça aqui os outros métodos já em uso na pecuária e compare os seus resultados.**

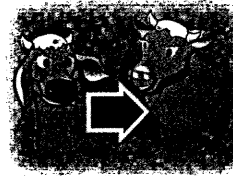


**Seleção genética clássica:** usada empiricamente há milhares de anos, é o cruzamento simples de machos e fêmeas que apresentam características melhores do que o resto do rebanho.



**Inseminação artificial:** adotada a partir da década de 50, consiste na fecundação de vacas nobres ou comuns através da introdução em seus úteros do sêmen colhido de touros selecionados. Uma única ejaculação do touro produz cerca de 100 doses de sêmen. A produção média por animal é de 4 mil doses ao ano. Mesmo com um sucesso de apenas 50%, o método, disseminado em todo o mundo, assegura uma produ-

ção anual de 2 mil filhos por touro. Sua limitação é que a melhoria dos rebanhos fica por conta apenas do patrimônio genético dos machos reprodutores.



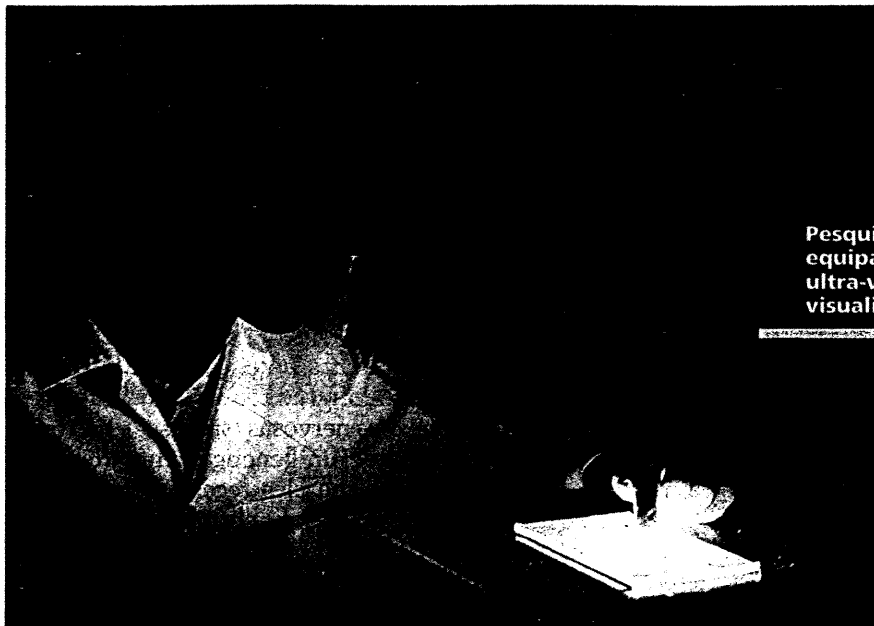
**Transferência de embriões:** introduzida na década de 70, compreende a superovulação e inseminação artificial de vacas selecionadas e a posterior transferência dos embriões para vacas comuns. Superovuladas por meio do hormônio foliculo estimulante (FSH) e inseminadas com sêmen de alta qualidade, as vacas nobres produzem em média cinco embriões de cada vez, até quatro vezes por ano. Colhidos mediante a lavagem do útero da mãe, os embriões são transferidos diretamente ou congelados antes de serem implantados em vacas comuns. Considerando-se a margem de sucesso da técnica, uma vaca doadora gera cerca de 10 filhos por ano, quando o normal é que ela tenha uma única cria durante o mesmo período. O método conjuga as virtudes genéticas do pai e da mãe.



**Bipartição de embriões:** adotada a partir dos anos 80, trata-se do seccionamento dos embriões produzidos pelo método anterior e da transferência das metades para vacas receptoras. A bipartição, realizada com um micromanipulador acoplado a um microscópio, é feita quando o embrião se encontra no estágio de mórula ou blastócisto (ou seja, com 64 a 128 células) e suas células não se

dividem naturalmente.





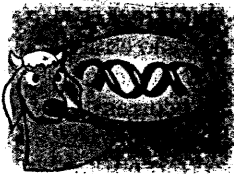
Pesquisador da USP utiliza um equipamento, baseado em luz ultra-violeta, que permite visualizar o DNA do embrião

ELIANA ASSUMIÇÃO

nidamente, uma vez que as glândulas mamárias possuem um estoque formidável de células utilizáveis. Na clonagem brasileira, isso não ocorre. É verdade que os replicantes formados a partir do embrião original podem ser por sua vez reclona-

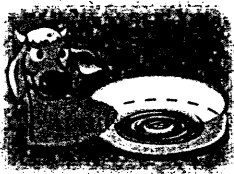
dos, numa progressão geométrica potencialmente ilimitada. Mas os erros metodológicos tendem a se acumular a cada operação destas, comprometendo eventualmente o resultado final do processo. Se o Brasil está um passo atrás na corrida rumo aos clones, não é com certeza por falta de talentos científicos. O que dificulta as pesquisas são os conhecidos problemas de falta de verbas e descaso com que o governo trata as atividades científicas. "Em 1990, as pesquisas em biotecnologia realizadas no país estavam entre as cinco melhores do mundo. Hoje, caímos para algo como o 30º lugar no ranking mundial", lamenta Enoch Borges de Oliveira Filho, ex-professor do Departamento de Reprodução Animal da Universidade Estadual Paulista (Unesp), em Jaboticabal, SP. Enoch, hoje na iniciativa privada, fala com conhecimento de causa, pois foi pioneiro da fecundação *in vitro* no Brasil.

encontram ainda totalmente diferenciadas. Com essa técnica, pode-se aumentar em cerca de 50% a eficiência da transferência de embriões.



#### Sexagem de embriões:

é a eleição do sexo do embrião a ser implantado (no caso da pecuária leiteira, as fêmeas) e o descarte dos embriões do sexo oposto. Para isso, faz-se a biópsia de cada embrião e submete-se os materiais colhidos a técnicas que permitem a amplificação e visualização de regiões específicas de suas moléculas de DNA, determinando-se a partir daí o sexo.



#### Fecundação *in vitro*:

compõe-se da fecundação de óvulos nobres por espermatozoides selecionados e do cultivo *in vitro* dos ovos resultantes, com a posterior bipartição, sexagem, congelamento ou simples transferência dos embriões para vacas comuns. Por meio de uma longa agulha monitorada por ultrassonografia faz-se a punção, via vaginal, dos folículos ovarianos de vacas de alta linhagem. Cada vaca pode produzir até oito óvulos por punção, duas vezes por semana. Estes óvulos são depois maturados e fecundados *in vitro* por espermatozoides selecionados e hiperativados por meio de enzimas. Empregam-se em média 100 mil espermatozoides para cada lote de dez óvulos. O procedimento permite que cada vaca doadora produza até 80 filhos por ano.

### A POLÊMICA EM TORNO DA CLONAGEM HUMANA: MUITO BARULHO POR NADA

Todas essas mazelas não impedem, porém, que trabalhos de vanguarda sejam realizadas no país. Além da clonagem bovina, há outras importantes realizações na área. Na USP, o veterinário José Fernando Garcia vem trabalhando ativamente, desde o início do ano passado, na produção de camundongos transgênicos. "Daqui a dez anos, a técnica de transplantes em seres humanos de órgãos produzidos em animais estará sendo plenamente empregada pela medicina", prevê.

Os transgênicos e os bovinos nobres são o grande alvo prático da clonagem. Este não inclui, em absoluto, a clonagem de seres humanos, como foi falsamente alardeado pela imprensa internacional. A avalanche de informações imprecisas e fantasias mirabolantes suscitadas pelo fenômeno Dolly gerou toda uma cultura do equívoco em torno do assunto. Para começar, ficou-se com a impressão de que Dolly é o primeiro clone produzido pelo homem. Isso não procede. Realizadas empiricamente, as mais antigas clonagens remontam na verdade à pré-história. De fato, clone é um termo usado em biologia para nomear um indivíduo geneticamente idêntico a outro. E isso é corriqueiro no reino vegetal. Quando se propa-

ILUSTRAÇÕES ROBINSON ONIAS



## Clonar humanos é possível, mas não faz parte dos planos

ga uma planta através de muda, está-se produzindo um indivíduo geneticamente idêntico a outro, um clone da planta original. A humanidade faz isso desde os primórdios da agricultura, no período neolítico, há cerca de 9 mil anos.

No reino animal, a clonagem ocorre espontaneamente toda vez que as células ainda indiferenciadas do embrião se separam, dando origem a gêmeos idênticos. A primeira produção artificial de clones animais foi realizada na década de 50 pelos pesquisadores americanos Robert Briggs e

Thomas King. Partindo de núcleos celulares de embriões, eles alcançaram pleno êxito na clonagem de anfíbios. Em linhas gerais, seu procedimento era igual ao que está sendo adotado no Brasil para a clonagem de bovinos. No começo dos anos 60, o pesquisador inglês J.B. Gurdon foi ainda mais longe, usando células dos intestinos de anfíbios adultos para criar clones perfeitos. Esse experimento, idêntico ao que gerou a ovelha Dolly, só não provocou tanto interesse porque a questão parecia restrita aos anfíbios, animais muito distantes do homem na escala evolutiva e cujo óvulo, enorme em comparação com o dos mamíferos, é muito mais fácil de se manipular.

Compreende-se o entusiasmo ou o espanto causados agora pela primeira clonagem artificial de um mamífero. Ian Wilmut e sua equipe trouxeram a clonagem para muito perto da espécie humana. É certo que não há, aparentemente, nenhum interesse econômico, social, político ou cultural em fazê-la e as nações possuem todas as salvaguardas para impedir que isso ocorra, exceto em casos clandestinos. De qualquer forma, não resta dúvida de que, depois de Dolly, tornou-se tecnicamente possível clonar um ser humano. Mesmo assim há uma diferença fundamental a assinalar. "Pode ser que, a despeito de todas as proibições, um humano venha a ser clonado", raciocina José Mariano Amabis. "Seu clone, porém, será um outro indivíduo e não a perpetuação do indivíduo doador." Entre outros motivos, porque a mente nunca será a mes-

ma. Ainda que ela pudesse ser reduzida ao mero funcionamento do cérebro, o que vem sendo cada vez mais contestado pela pesquisa psicológica de vanguarda (leia "Nas fronteiras da consciência", em GLOBO CIÊNCIA n.º 32), seria preciso considerar, além das características hereditárias, outras, que são adquiridas ao longo da vida. Para formarem as mesmas conexões nervosas (sinapses), não basta que dois cérebros sejam geneticamente idênticos. É preciso também que eles recebam exatamente os mesmos estímulos, no mesmo momento, no mesmo contexto — algo obviamente impossível de acontecer com dois seres humanos.

### NA RODA-VIVA DA CIÊNCIA, UM ESPAÇO E UM TEMPO PARA A CONSCIÊNCIA

Em meio à comoção geral causada pela criação de Dolly, pouca gente prestou atenção ao fato de que, do ponto de vista genético, um clone nada mais é do que um gêmeo idêntico do animal original. Embora um gêmeo de idade diferente, como ocorre com a jovem ovelha em relação à sua "mãe". "Na verdade, um clone humano produzido artificialmente seria ainda mais diferente do original do que um eventual irmão gêmeo idêntico deste", argumenta Amabis. Isso porque os gêmeos idênticos são gestados juntos, no mesmo útero, sofrendo simultaneamente o impacto das flutuações orgânicas e emocionais vividas pela mãe durante a gravidez. E, na maioria dos casos, também são educados juntos, recebendo na mesma época influências semelhantes do meio. Coisas que não ocorrem no caso dos clones. Estas considerações ajudam a exorcizar o bicho-de-sete-cabeças que se criou em torno do assunto e possibilitam um julgamento mais sereno de seus prós e contras. Na clonagem, o que se propaga é o genoma, não o indivíduo.

O irônico nisso tudo é que a celeuma ética provocada pelo medo da clonagem humana obscureceu a necessidade de uma reflexão talvez muito mais pertinente ao caso. Ela diz respeito ao fato de as modernas biotecnologias e a engenharia genética propiciarem uma manipulação quase ilimitada do mundo animal. Até que ponto isso é lícito? Mesmo com o improvável benefício da humanidade inteira, é legítimo que os interesses particulares e imediatistas do homem direcionem todo o desenvolvimento da vida no planeta? Este questionamento não implica frear as pesquisas científicas. Mas em abrir, na roda-viva da ciência, um espaço e um tempo para a consciência. Num momento em que o cogumelo nuclear felizmente deixou de ser uma ameaça, sua lembrança deveria alertar a comunidade científica sobre o perigo de se fazer primeiro para pensar depois. ■

JOSÉ TADEU ARANTES, com FLAVIO QUEIROZ



ELIANA ASSUMPTIO

**Carlos Moreira:** "O grande interesse na clonagem do tipo Dolly é multiplicar de maneira rápida e segura a população de animais transgênicos"

# Sérgio Danilo Pena

## Por que proibir clonagem humana?

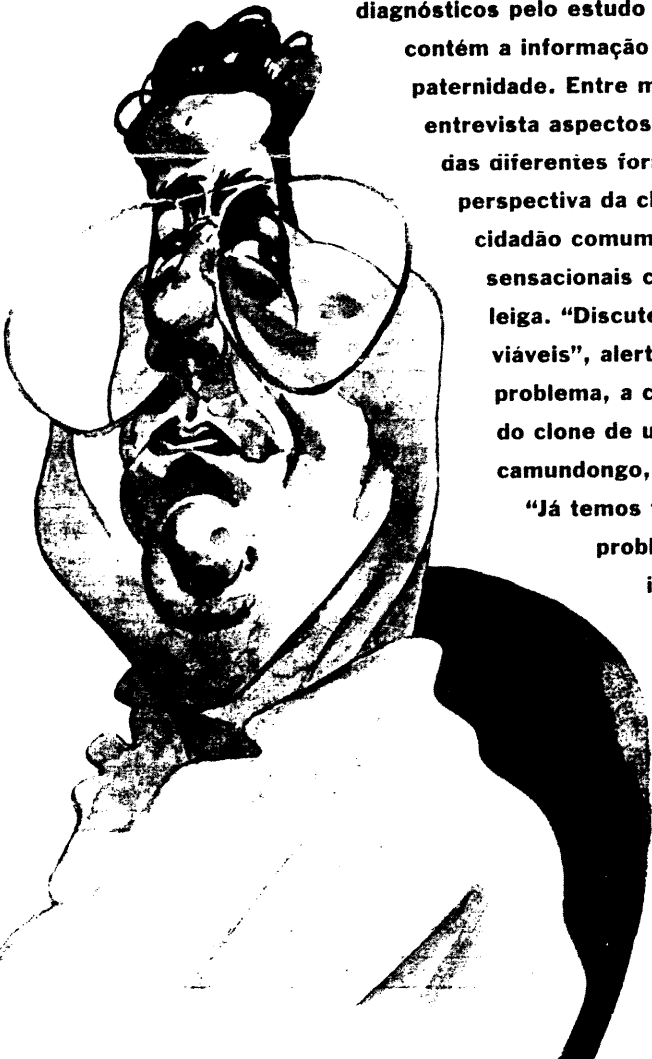
**'Se a clonagem humana for viável no futuro, creio que se pode pensar em situações em que ela seja eticamente justificável.'**

O professor Sérgio Danilo Pena, médico formado pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em 1970 e PhD em genética humana pela Universidade de Manitoba (Canadá), estava fora do Brasil, em férias, quando a notícia da clonagem da ovelha Dolly explodiu no noticiário internacional. Seu repouso foi subitamente interrompido por reiterados telefonemas de jornalistas brasileiros interessados em sua opinião sobre o extraordinário feito dos cientistas britânicos. T tamanha avidez justifica-se pela passagem de Pena pelo Conselho Diretor da respeitada Organização do Genoma Humano, pelo sucesso de seu programa de identificação de genes do *Schistosoma mansoni*, conduzido no Instituto de Ciências Biológicas da UFMG — primeiro esforço genômico sistemático feito no Brasil —, e pela credibilidade conquistada à frente do

Núcleo de Genética Médica de Minas Gerais, pioneiro na América Latina em diagnósticos pelo estudo do DNA (ácido desoxirribonucléico, molécula que contém a informação genética), especialmente na determinação de paternidade. Entre muitas outras questões, Sérgio Pena discute nessa entrevista aspectos éticos decorrentes do conhecimento dos genomas e das diferentes formas de intervenção em nível genético, inclusive a perspectiva da clonagem de seres humanos, que tanto temor infunde ao cidadão comum, perplexo diante da avalanche de informações sensacionais com que é diariamente bombardeado pela imprensa leiga. "Discutem-se possibilidades que sequer sabemos se são viáveis", alerta o geneticista, insistindo em um ponto crucial do problema, a chamada barreira genômica entre espécies. A obtenção do clone de uma ovelha não significa que se vá obtê-lo de um camundongo, de uma vaca ou de um ser humano, explica Sérgio.

"Já temos tantos problemas reais a resolver; por que lidar com problemas imaginários?", indaga ele, criticando a atitude ingênua e precipitada de quem deseja histericamente aprovar leis específicas proibindo a clonagem humana. "O que temos a fazer" — recomenda — "é discutir seriamente a questão e manter vivo o diálogo."

Entrevista concedida a Roberto Barros de Carvalho (*Ciência Hoje*/Belo Horizonte) e Mônica Bucciarelli Rodriguez (Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais).



*Qual sua participação no Projeto Genoma Humano?*

Há uma certa confusão, mesmo na comunidade científica, sobre o que seja a iniciativa genômica humana. Formalmente, o Projeto Genoma Humano é uma iniciativa norte-americana, e os Estados Unidos não dão um centavo sequer para pesquisas genômicas feitas fora do país. Esse projeto não tem representante em lugar algum, nem há representantes de qualquer lugar nele. Portanto, não há participante oficial do Brasil no projeto, como às vezes se imagina. Esse projeto foi concebido no final dos anos 80, por iniciativa principalmente do Departamento de Energia dos Estados

Unidos. Com o fim da 'guerra fria' e o início do desarmamento, várias instalações antes dedicadas à pesquisa em energia atômica, em Los Alamos, Oak Ridge, Berkeley e outros locais, ficaram subutilizadas. Foi, portanto, um golpe inteligente do diretor Charles DeLisi idealizar o mapeamento do genoma humano, sob o argumento de que, já que a radiação provoca mutações, era preciso saber o que estava sendo mutado. Mais tarde, o National Institute of Health (NIH) aderiu ao projeto e é hoje seu braço forte nos Estados Unidos. Depois viriam projetos genoma humano na França, Inglaterra, Comunidade Européia, Rússia, Austrália, Japão, Canadá etc. Com a urgência de um órgão internacional para coordenar esses vários projetos, surgiu a chamada Organização do Genoma Humano (HUGO). É comum confundir-se o Projeto Genoma Humano com a HUGO, esta, de fato, uma organização não-governamental de cientistas. A HUGO tem um Conselho Diretor, do qual fiz parte até dezembro de 1996. Aliás, eu era o único representante da América Latina nesse Conselho. Durante minha permanência nele, foi aprovada a criação de um escritório latino-americano da entidade, e me coube dirigi-lo. Talvez isso tenha dado margem para o equívoco de que eu era o representante brasileiro no Projeto Genoma Humano.

*E o que é o Programa Latino-Americano do Genoma Humano, o PLAGH?*

O PLAGH nada tem a ver com a HUGO. Ele foi criado em 1990, durante uma reunião realizada em Santiago do Chile. A idéia era fazer uma associação de cientistas latino-americanos que

**"Fazer ciência genômica propriamente dita — mapeamento físico e seqüenciamento em massa — requer uma estrutura formidável, o que, de maneira geral, está fora do alcance dos laboratórios brasileiros."**

trabalhavam com genoma humano ou com genomas de modo geral. Queríamos uma organização que salientasse a existência de um esforço genômico na América Latina, que pudesse enfim ser usada para lobismo. O PLAGH foi inicialmente presidido por um geneticista humano chileno da velha guarda, o professor Cruz Coke, que, paradoxalmente, não é biólogo molecular. Fui o segundo presidente do PLAGH, de 1992 a 1994. Atualmente, a instituição é presidida por José Maria Cantú, médico geneticista mexicano.

*O senhor considera o lobismo uma tática necessária para obter os*

*recursos que a pesquisa genômica demanda?*

Conseguimos colocar no Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Ciência e Tecnologia (PADCT) um projeto desenvolvido em meu laboratório, no Instituto de Ciências Biológicas da UFMG: o Projeto Genoma de *Schistosoma mansoni*. Mas isso, é bom que se diga, foi conseguido a duras penas. Na verdade, tivemos de entrar com um recurso. Na ala mais tradicional da comunidade científica há certa ojeriza à idéia de se destinarem recursos para o esforço genômico. O que, na minha opinião, é uma visão muito estreita.

*Como o senhor explica esse preconceito? Não seria porque projetos de genoma cuidam essencialmente do levantamento de dados, enquanto muita gente de ciência prefere dar prioridade a trabalhos com hipótese, experimentação?*

A verdade é que os trabalhos realizados no âmbito do Projeto Genoma têm sido extremamente eficientes. Veja o caso do grupo do Craig Venter nos Estados Unidos, que acabou deixando o NIH para criar o Institute for Genomic Research (TIGR). Seu grupo, a princípio muito criticado nos Estados Unidos, teve que trabalhar com recursos privados. Mas isso não o impediu de conseguir extrema eficiência. Eles já identificaram cerca de três quartos dos genes humanos e têm tudo catalogado. São donos de um conjunto fantástico de informações. Quando se descobriu, ao final de 1993, que uma forma familiar de câncer colo-retal era causada pela mutação de um gene de uma via de reparo de DNA, pediram ao Venter que procurasse em seu banco de dados os homólogos humanos

de outros genes dessa via, já conhecidos em bactérias e leveduras. Em uma semana foram identificados três homólogos e foi mostrado que havia famílias com casos de mutação nesses genes. Se isso fosse feito pela via tradicional de hipótese, experimentação e conclusão, levaria 10 anos ou mais. A resistência em destinar recursos para estudos genômicos não é exclusividade do Brasil. Ocorre em outros países também. O que importa é que os trabalhos genômicos podem gerar dados de grande relevância, que ampliam horizontes, como bem mostrou o grupo do Venter. É o que tentamos fazer com o Projeto Genoma de *Schistosoma*. Quando presidi o PLAGH, muita coisa foi feita, como, por exemplo, o Congresso Sul-Norte do Genoma Humano, realizado em Caxambu (MG) em 1992. A repercussão foi formidável. Foi um evento muito importante para o Brasil. Conseguimos trazer quase toda a cúpula do pessoal que trabalhava com genoma e aprendemos muito com eles. Foi nessa época que tivemos a idéia de montar o Projeto Genoma de *Schistosoma mansoni*, que decolou e vai indo muito bem. Veja que uma reunião do PLAGH permitiu entendimentos, interações e, em consequência, o surgimento de uma competência na área. Isso é fundamental para que se possa fazer pressão visando à criação de recursos preferenciais para a pesquisa genômica.

*Como surgiu o Projeto Genoma de 'Schistosoma mansoni'?*

Durante o encontro de Caxambu, o Venter apresentou suas etiquetas de seqüências transcritas. Em vez de fazer todo o seqüenciamento genômico, ele seqüenciava apenas a sua parte transcrita – o RNA mensageiro, ou cDNA – e, ao invés de seqüenciar todo o cDNA, fazia uma corrida em um seqüenciador automático e obtinha o que ele chama de etiqueta, com cerca de 150 a 400 pares de bases. Essa etiqueta permite que se volte a um determinado gene, quando necessário. Nós nos encantamos com esse trabalho e vimos imediatamente sua utilidade. Achei que valeria a pena montar um projeto nesses moldes. Fazer ciência genômica propriamente dita – mapeamento físico e seqüenciamento em massa – requer uma estrutura formidável, o que, de maneira geral, está fora do alcance dos laboratórios brasileiros. Mas não é o caso da

**“As empresas que descobrem genes querem patenteá-los, para ter retorno financeiro através de royalties e kits diagnósticos. Elas vão pôr os kits no mercado e forçar seu uso. O que vamos ter é um ‘big push’ de marketing.”**

proposta do Venter, que requer apenas um seqüenciador automático, uma boa biblioteca de cDNA, vontade de trabalhar e, claro, um organismo a ser investigado. Certamente não iríamos trabalhar com humanos. Não faria sentido competir com a equipe do Venter. Pensamos então em usar um organismo que tivesse interesse para o Brasil. O *S. mansoni* faria sentido em Belo Horizonte, onde há grupos com boa experiência em esquistossomose. Acharmos que havia uma identificação brasileira com esse parasita e decidimos estudá-lo. Pelo ângulo médico, também era interessante. Conversamos com o Venter e acertamos a

ida de uma aluna minha, Glória Franco, para o laboratório dele em Nova Iorque. Ela foi, montou uma biblioteca de cDNA, esteve no TIGR, aprendeu a fazer e, com recursos da Fapemig, conseguimos um seqüenciador automático. Demos início então ao trabalho. Isso foi em 1992-1993. Não havia dinheiro, mas resolvemos fazer assim mesmo. Aliás, o lema do meu laboratório é *‘just do it!’*, que, em bom português, quer dizer: Faça! Depois se pensa no dinheiro para fazer. Nossa idéia principal era formar gente com competência na área. Sabíamos que o Projeto Genoma Humano geraria uma massa de dados de grande utilidade – que permeariam a medicina, a veterinária, a agronomia etc. – e que o Brasil participaria provavelmente muito pouco desse esforço. Mas como seus pesquisadores seriam usuários desses dados, era importante criar laboratórios no Brasil que trabalhassem com genoma, para que se adquirisse competência metodológica para sua manipulação. Suponhamos que se descubra amanhã, nos Estados Unidos, um teste de biologia molecular extremamente eficiente na prevenção de câncer. É necessário ter uma estrutura para que o teste possa ser imediatamente trazido para o Brasil e oferecido ao público brasileiro. É preciso formar mão-de-obra técnica especializada capaz de manipular eticamente os testes diagnósticos de biologia molecular, não se deixando envolver completamente pelo *marketing* dos laboratórios internacionais. Atualmente, mais de 50% do financiamento global do Projeto Genoma Humano, nos Estados Unidos, vêm do setor privado. Os recursos públicos são minoria. Então, as empresas que descobrem genes querem patenteá-los. É natu-

ral que queiram ter retorno financeiro pelo investimento feito, através de *royalties* e *kits* diagnósticos. Essas empresas não estarão preocupadas se eticamente o teste deve ou não ser feito. Elas vão pôr esses *kits* no mercado e forçar a sua utilização. O que vamos ter é um 'big push' (empurrão) de *marketing*.

*Como se desenvolveu o trabalho com o genoma de 'S. mansoni'?*

Logo que a Glória voltou dos Estados Unidos, começamos a seqüenciar e, em pouco tempo, desmistificamos as etapas do processo de seqüenciamento. Atualmente, em apenas uma semana um estudante de iniciação científica do nosso laboratório tem condições de clonar e seqüenciar. Fazer essas coisas em 1992 arrancava exclamação. Hoje é trivial: seqüencia-se assim como se amarra o cordão de um sapato. Temos dois seqüenciadores e o laboratório já se alfabetizou em termos de comunicação eletrônica. Integramos, pois, à comunidade internacional que trabalha na área. Temos feito coisas originais não só em *S. mansoni*, pois já trabalhávamos em outras linhas, que, aliás, se beneficiaram fantásticamente. Houve um salto na qualidade da pesquisa que fazemos e agora podemos planejar experimentos que antes exigiam metodologias fora do nosso alcance. Foi dito que são importantes experimentos nos quais se pode testar hipóteses, tirar conclusões, reajustar hipóteses, passando pelo ciclo típico do fazer científico convencional. Mas se não houver instrumentos para testar as hipóteses, de nada adianta. O que fizemos foi utilizar a justificativa genômica para implantar os instrumentos que nos permitissem fazer pesquisa. Não fazemos ciência 'baconiana', não saímos por aí coletando dados sem hipóteses, exatamente porque temos instrumental para trabalhar. Fiquei extremamente satisfeito há pouco tempo com o trabalho de duas alunas minhas. Elas verificaram, em bancos de dados, seqüências expressas humanas que tivessem repetições internas. Tomaram uma dessas seqüências e mostraram que ela era polimórfica. Usaram então vários trechos dessa seqüência e identificaram homologia com dezenas de outras seqüências presentes nos bancos de dados, conseguindo com isso montar toda uma região genômica. Elas têm, portanto, a seqüência completa de um gene humano

**"Em apenas uma semana um estudante de iniciação científica do meu laboratório já tem condições de clonar e seqüenciar. Fazer essas coisas em 1992 arrancava exclamação. Hoje é trivial: seqüencia-se assim como se amarra o cordão de um sapato."**

se internacionalizou, tornando-se um projeto oficial da Organização Mundial de Saúde. Quando vou falar sobre ele fora do país, gosto de dizer 'Projeto Genoma de *Schistosoma mansoni*, uma iniciativa brasileira'. Há dois anos, em uma reunião de cúpula do Projeto Genoma, em Houston, no Texas, a bandeira brasileira estava entre as de outros países por causa desse projeto. Para mim, isso é motivo de orgulho.

*Logo que genes responsáveis por certas doenças humanas foram identificados e seqüenciados, pensou-se na terapia gênica como uma forma de combatê-las.*

*Acreditou-se inicialmente que em pouco tempo haveria resultados nessa direção, mas isso não se deu.*

*Que perspectivas o senhor vê para a terapia gênica?*

Acho que é uma questão de tempo. Os planos de terapia gênica esbarraram em um problema de vetor. Como é que se vai introduzir o gene na célula que requer alteração? Outro problema é que até hoje não se conseguiu induzir recombinação homóloga em construções genéticas em humanos. Em camundongo, é possível fazer uma construção genética, trocando-se o gene daquele genoma pelo que está na construção. Há portanto barreiras genômicas. Embora estejamos próximos dos camundongos na escala evolucionária, os genomas comportam-se de modo diferente. As terapias gênicas têm efetivamente se concentrado em implantes gênicos e não em substituições gênicas. Cada terapia gênica deve ser testada, trabalhada, experimentada, validada, e o esforço para realizar cada uma dessas etapas é enorme. Dentro de um horizonte previsível, a

desconhecido, sem trabalhar em uma bancada de laboratório. Tudo feito no computador, *in silico*, não é nem *in vitro* nem *in vivo*. É absolutamente formidável constatar que é possível fazer trabalhos interessantes com poucas horas na bancada e muitas horas no computador. Com muita imaginação, é até possível dispensar a bancada e ficar só no computador. Tivemos boa idéia ao direcionar o projeto de *S. mansoni* para um objetivo mais amplo. No início havia o meu laboratório e o do Andrew Simpson. Hoje temos um grupo grande em Belo Horizonte. Outros grupos se envolveram na Inglaterra, no Egito e no Japão, e o projeto

terapia gênica provavelmente deverá aplicar-se a doenças comuns, deixando de lado as doenças raras. De modo geral, o esforço é tão grande que não se justificaria utilizar a terapia gênica para tratar doenças raras. Os maiores candidatos à terapia gênica não são doenças genéticas, mas cânceres e doenças viróticas, principalmente a Aids, através da idéia de imunização intracelular. Implantes de ribozimas ou de RNA anti-senso, que possam bloquear a reprodução do vírus dentro da célula ou, no caso do câncer, implantes de genes que criem alvos para a quimioterapia, como o da timidina-quinase, do vírus do herpes. As doenças genéticas humanas mais comuns em que se tem feito maior esforço – portanto as maiores candidatas à terapia gênica – são a hipercolesterolemia familiar (indivíduos que têm deficiência de receptores de LDL, principalmente os homocigotos, e podem se infartar aos 18-20 anos) e a fibrose cística, ou doença fibrocística do pâncreas. No fundo, é um problema de estratégia. Para a fibrose cística havia uma idéia que funcionava bem no papel. O gene seria posto em um adenovírus, que infectaria o epitélio do pulmão, provocando uma bronquite. Esse vírus levaria para as células o gene do canal de cloreto, tentando corrigir o defeito. Infelizmente, descobriu-se que há enorme descamação do epitélio e o vírus não permanece nele o tempo suficiente para provocar o efeito desejado. Outras alternativas já foram tentadas. Formalmente, a coisa está equacionada. É uma questão apenas de operacionalização.

*O senhor acredita em um vetor universal para terapias gênicas?*

Todos os vetores disponíveis até agora têm problemas. Recentemente, no entanto, tomei conhecimento do desenvolvimento de um vetor baseado no vírus HIV, que parece ser bastante eficiente para introduzir genes em vários tipos de células. Entretanto, a eficiência da expressão desses genes nesses tecidos ainda não foi suficientemente definida. Mas pode aparecer alguém com uma estratégia diferente, como a de imunização por DNA. Ninguém esperava que ela funcionasse e funcionou espetacularmente. Outro desenvolvimento de enorme potencial são os cromossomos artificiais humanos

**“É absolutamente formidável constatar que, com poucas horas na bancada e muitas horas no computador, é possível fazer trabalhos interessantes. Com muita imaginação, é até possível dispensar a bancada e ficar só com o computador.”**

recentemente desenvolvidos pelo grupo do Willard, em Cleveland (Estados Unidos). Esperamos que novos avanços técnicos venham. E eles virão.

*Existem no Brasil grupos trabalhando efetivamente com terapia gênica?*

Não. Até recentemente, eu era membro da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) e, como tal, escrevi o regulamento referente à terapia gênica. Não conheço ninguém que a esteja fazendo ou planejando fazê-la em futuro próximo no Brasil. Sei que há interesse nisso por parte do grupo do Antonio Cândido Camargo, do Hospital do Câncer em São Paulo, mas

não sei detalhes. Eles pretendem utilizar talvez a timidina-quinase para tratamento de tumores. Seria a primeira, a mais simples e a mais eticamente justificável, operacionalmente simples e bem documentada. Há também um grupo em Córdoba, na Argentina. Eles entraram em contato comigo, interessados em montar um curso de terapia gênica no âmbito do Centro Brasil-Argentina de Biotecnologia. Não aceitei, mas parece que haverá o curso.

*Há uma legislação internacional que regule procedimentos em terapia gênica?*

No Brasil, se alguém quiser fazer terapia gênica, deverá obedecer à Lei Nacional de Biossegurança, que regulamenta experimentos com organismos geneticamente modificados, e à Resolução 01/88 do Conselho Nacional de Saúde, que regulamenta a experimentação em seres humanos. Essa última acaba de ser revista. É necessário enquadrar-se nas duas leis. Todas as organizações, os institutos das universidades inclusive, deverão ter seu Comitê de Ética para regulamentar pesquisa em humanos e um Comitê de Biossegurança para experimentos com organismos geneticamente modificados. Qualquer tentativa de manipulação genética de humanos precisa ter a aprovação dos dois comitês. É, portanto, desnecessário querer aprovar uma lei particular proibindo clonagem humana. Quem quiser clonar um humano terá, por força de lei, que se submeter às instâncias citadas, que têm poder para bloquear um experimento. Isso é muito mais flexível do que a lei especial que querem passar.

*A Lei Nacional de Biossegurança já foi aprovada?*

Sim, mas ainda está sendo regulamentada. A lei diz que não se pode trabalhar com organismos geneticamente modificados sem aprovação da CTNBio. Há critérios para se trabalhar em regime de contenção com organismos geneticamente modificados de nível 1, contenção com organismos modificados de nível 2, regimes de contenção média, com experimentação em campo. Preocupa-se com os riscos de liberação de material no ambiente, com a entrada no mercado de produtos vegetais geneticamente modificados etc. O grau de complexidade é grande, há muitas possibilidades, e todas devem ser regulamentadas. Ao redigir o capítulo das terapias gênicas, substituímos a expressão 'terapia gênica' por 'transferência de DNA para células humanas'. Nosso objetivo era poder incluir a vacinação por DNA na regulamentação. Afinal, vacinação por DNA é prevenção, não é terapia.

*Nas discussões de problemas éticos feitas nas comissões de biossegurança são feitas diferenças legais entre manipulação de células somáticas e germinativas?*

A Lei de Biossegurança já proíbe terminantemente a manipulação de células germinativas. Adicionalmente, nossa regulamentação sobre transferência gênica para humanos proibiu a modificação de embriões e fetos humanos. Essa última é uma resolução, não é lei, o que significa que a CTNBio pode mudá-la no futuro.

*Como o senhor vê essa resolução?*

Acho ótima. Afinal, eu ajudei a escrevê-la. Como geneticista, tenho pouca simpatia pelo conceito de terapia fetal. Algumas terapias fetais que andam sendo tentadas são, ao meu ver, absurdas. Se há uma anomalia séria no feto, é melhor a paciente interromper a gravidez e engravidar novamente. Não tenho pruridos éticos, morais, quanto à interrupção de gravidez quando o feto tem uma doença grave incurável. Vejo, portanto, poucas justificativas para se fazer terapia fetal. Quanto à manipulação de células germinativas, concordo com a lei. Está totalmente fora de cogitação.

**"A terapia gênica deverá aplicar-se a doenças comuns, deixando de lado as doenças raras. Os maiores candidatos a essa terapia não são doenças genéticas, mas cânceres e doenças viróticas, principalmente a Aids."**

*A resolução permite a escolha de embriões. isto é, que um casal, diante de riscos de anomalias genéticas, opte por uma fertilização assistida, in vitro, para que o embrião posteriormente implantado esteja a salvo de problemas? Isso já vem sendo realizado nos Estados Unidos e, ao que me consta, nunca foi feito no Brasil. Mas não há razão por que não possa ser feito amanhã. O governo americano proíbe experimentação em embriões humanos com recursos federais, mas organizações privadas podem fazê-lo. O Brasil nada tem contra isso. Do ponto de vista ético, é hoje um procedimen-*

to relativamente seguro.

*O sucesso da fertilização assistida é muito maior em bovinos do que em humanos. Isso tem a ver com questão da barreira genômica a que o senhor se referiu?*

Após se superovular uma vaca, pode-se permitir sua inseminação natural e, passado o tempo necessário para que os embriões tenham de quatro a oito células, lava-se o útero, colhe-se e centrifuga-se o material, e têm-se os embriões no precipitado. Em humanos isso não funciona. De novo, um problema de barreira entre espécies. Uma técnica que em bovinos é simples requer em humanos fertilização *in vitro*, que encarece muito. Estamos falando de uma coisa burguesa gravidez de 10 mil dólares.

*As restrições legais a experimentos genéticos que estão por vir, motivadas pela clonagem da ovelha Dolly, comprometerão o desenvolvimento da terapia gênica?*

Passada a histeria inicial, as coisas começam a chegar no lugar. Nos Estados Unidos, o presidente Bill Clinton tentou banir experimentos de clonagem em humanos. A única coisa que ele pode fazer por meio de um decreto presidencial é proibir que as organizações que recebem recursos federais façam esse tipo de experimento. Mas há uma comissão estudando o problema no Congresso – que convocou recentemente o embriologista Ian Wilmut para falar de sua experiência com a ovelha Dolly –, e os próprios congressistas estão convencidos de que não se deve passar uma lei por ora, já que toda essa história de



autores acham que o confronto de dois genomas mitocondriais geraria um conflito intracelular, uma espécie de batalha evolucionária entre dois genomas mitocondriais. Acho esse aspecto do problema muito interessante. A Dolly, sem querer, poderá responder outras questões que têm sido levantadas na literatura. Independentemente do feito histórico, talvez ela seja um modelo experimental muito curioso para estudos na área de evolução, por exemplo. O método de reprodução usado para obtê-la é convenhamos – extremamente bizarro.

*Quem sabe houve essa guerra, no caso Dolly, e não sabemos.* Talvez essa seja uma das razões pelas quais foram necessárias mais de 200 tentativas para obtê-la. Nas minhas conversas com a imprensa leiga, tenho dito repetidamente que, antes de pensar em clonagem humana, temos que pensar no problema do procedimento necessário à obtenção de clones. É de uma ineficiência tão grande que nem sabemos se será economicamente viável. Na hora de se aplicar a técnica em uma fazenda, os custos têm que ser levados em conta. Uma coisa é fazer clones de ovelhas geneticamente modificadas para

produzir fator de coagulação VIII por exemplo. Essa vale a pena clonar, porque uma ovelha produtora de fator VIII é caríssima. Outra coisa é querer aplicar isso na agropecuária normal. Mesmo procedimentos comuns, como transferência de embrião, não são economicamente viáveis em uma fazenda. Por métodos tradicionais, sai mais barato. Uma fazenda tem de ser economicamente viável, não visa ser um lugar para experimentos de alta tecnologia.

*Por que o senhor diz que é impossível a clonagem perfeita de um indivíduo do sexo masculino?*

A obtenção de um clone depende necessariamente da contribuição dada por um óvulo, cujo citoplasma é absolutamente fantástico. Ele contém pacotes de RNA mensageiro e, durante vários dias após a fertilização, a síntese protéica é feita exclusivamente a partir desse RNA ali armazenado. A contribuição paterna vem mais tarde. Não acredito que seja possível prescindir disso. Portanto, seria inviável obter um clone a partir exclusivamente de uma célula somática sem o citoplasma do óvulo.



**A SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA** foi fundada em São Paulo, em 1948. É uma entidade civil sem fins lucrativos nem cor política e religiosa, voltada para a promoção do desenvolvimento científico e tecnológico no país.

Desde sua fundação organiza e promove reuniões anuais, com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas das diversas áreas do conhecimento, onde professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação tranqueada ao público em geral. Através de suas secretarias regionais promove simpósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano. Mantém ainda quatro projetos nacionais de publicação: a revista *Ciência e Cultura* (1948-) e a revista *Ciência Hoje* (1982-), que se destinam a públicos diferenciados, o *Jornal da Ciência Hoje* (1986-) e a revista *Ciência Hoje das Crianças* (1986).

Podem associar-se à SBPC cientistas e não-cientistas que manifestem interesse pela ciência; basta ser apresentado por um sócio ou secretário-regional e preencher o formulário apropriado. A filiação efetiva-se após a aprovação da diretoria, e dá direito a receber o *Jornal da Ciência Hoje* e a obter um preço especial para as assinaturas das revistas.

Sede Nacional: Rua Maria Antônia, 294, 4º andar, CEP 01222-010, São Paulo, SP, tel.: (011) 259-2766, fax: (011) 606-1002

**Regionais:** AC - Caixa Postal 36. Cep: 69908-970, Rio Branco - AC. Tel.: (068) 228-3051 (Karia Kristina Oliveira Martins). MA - Campus Universitário Bacanga/UFMA, Área de Convivência, Bl. 1 - Sl., Prédio do CEB (velho). Cep: 65080-040, São Luís - MA. Tel: (098) 217-8183. Fax: 217-8702 (Maria Mariúcia Ferreira Correia). RO - Rua Pe. Agostinho, casa 13 Qd. 20, Conj. Santo Antônio - C.P. 460. Cep: 78904-420, Porto Velho-RO. UFRO - Depto. de Educação Física, Campus Universitário - BR 364, Km 9,5. Tel.: (069) 221-9408. Fax: (069) 216-8506 A/C Carmem (Célio José Borges). AM - Depto. Ciências Pesqueiras/Faculdades de Ciências Agrárias/Universidade do Amazonas. Cep: 69077-000, Manaus-AM (Vandick da Silva Batista). BA - Faculdade de Medicina/UFBA, Rua João Botas, s/n. Cep: 40110-160, Salvador-BA (Edgar Marcelino de Carvalho Filho). CE - Rua D. Jerônimo, 339/503/Otávio Bonfim. Cep: 60011-170, Fortaleza-CE (Ronaldo de Albuquerque Ribeiro). PB - Rua Nilda de Queliróz Neves, 130, Bela Vista. Cep: 58108-670, Campina Grande-PB. Rua Cardoso Vieira, 234. Cep: 58108-050, Campina Grande-PB. Tel: (083) 321-1877. Fax: (083) 321-5406 (Elizabete Cristina de Araújo). SE - Av. Francisco Moreira, 650/103/Edifício Port Spain. Cep: 49020-120, Aracaju-SE. UFSE/Campus Universitário/Jardim Rosa Elze. Cep: 49000-000, Aracaju-SE. Tel.: (079) 241-2848. r. 335. Fax: 241-3995 (Antonio Ponciano Bezerra). DF - SQN 107, Bl. H - ap. 503, Asa Norte. Cep: 70743-080, Brasília-DF. Tel.: (061) 272-1663/274-0570 (Carlos Block Jr.). MG - R. Senhora

das Graças, 188, Cruzeiro. Cep: 30310-130, Belo Horizonte-MG. Fundação Ezequiel Dias/Sintese Farmacos. R. Cde. Pereira Carneiro, 80. Cep: 30510-010, Belo Horizonte-MG. Tel.: (031)371-2077, r. 280. Fax: (031)3322534. (Maria Mercedes V. Guerra Amaral). GO - Praça Universitária, 1.166 - 3º andar, Setor Universitário. Cep: 74001-970, Goiânia-GO. Centro de Estudos Regionais da Universidade Federal de Goiás, C.P. 131, Goiânia-GO. Tel./Fax: (062) 202-1035. mais@pequi.ufg.br (Marco Antonio Sperb Leite). MT - Rua Antonio Maria, 444/Centro. Cep: 78020-820, Cuiabá-MT. Av. Fernando Corrêa da Costa/UFMT, CCBS II/ Herbário Central, Cuiabá-MT. Tels.: (065) 315-8268/8351. Fax: (065) 361-1119 (Miramy Macedo). ES - Depto. Ciências Fisiológicas, Rua Marechal Campos, 1.468. Cep: 29040-090, Vitória-ES (Luiz Carlos Schenberg). RJ - CBPF - LAFEX, Rua Xavier Sigaud, 150. Cep: 22290-180, Rio de Janeiro-RJ. Tel: (021) 542-3837/295-4848. Fax: (021) 5412047/5412342. shellard@lafex.cbpf.br (Ronald Cintra Shellard). SP (subárea I) - Rua Arthur Azevedo, 761/124, Pinheiros. Cep: 05404-011, São Paulo-SP. USP/Depto. de Biologia/Instituto de Biociências C.P. 11461. Cep: 05499-970, São Paulo-SP. Tel.: (011) 818-7579/818-7683 (Luiz Carlos Gomes Simões). SP (subárea II) - Depto. Ciência Techno. Agro-Industrial/ESALQ, Av. Pádua Dias, 11.C. Postal 9. Cep: 13418-900, Piracicaba-SP. Tel.: (0194) 29-4150/29-4196/29-43213. Fax: (0194) 22-5925 (Luiz Gonzaga do Prado Filho). Botucatu (seccional) - Depto. de Genética/Universidade Est. de São Paulo. Cep: 18618-000, Botucatu-SP. Tels: (014) 821-2121, r. 229/822-0461 (Dênia Villalba Freire-Maia). SP (subárea III) - Depto. de Tecnologia/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária/Unesp. Depto. de Tecnologia Rod. Carlos Tonani, Km 05. Cep: 14870-000, Jaboticabal-SP (Márcia Rossini Mutton). MS - DCT/CCET/UFMS/Cidade Universitária. Cep: 79009-900, Campo Grande-MS (Aimir Joaquim de Souza). PR - Depto. de Genética/Setor Ciências Biológicas. Caixa Postal 19071. Cep: 81631-990, Curitiba - PR. Tel.: (041) 368-3144, r. 232. Fax: (041) 266-2942. (Euclides Fontoura da Silva Jr.). Maringá (seccional) - Depto. de Biologia Celular e Genética/UEMaringá. Av. Colombo, 3.690. Cep.: 87020-900, Maringá-PR. Tel.: (044) 262-2727, r. 342. Fax: (044) 222-2654. (Paulo César de Freitas Mathias). RS - Hospital das Clínicas Porto Alegre/Unidade Genética Médica. Rua Ramiro Barcelos, 2.350. Cep: 90035-003, Porto Alegre-RS. Tels.: (051) 332-6131/332-6899, r. 2310. Fax: (051) 3329661/3328324. gluglian@dpx1.hcpa.ufrgs.br (Roberto Glugliani). Santa Maria (seccional) - Rua dos Andradas, 1.123/ap. 404, Centro. Cep: 97010-031, Santa Maria-RS (Ruy Jornada Krebs). Pelotas (seccional) - Av. General Barreto Viana, 611. Cep: 91330-630, Porto Alegre-RS (Fernando Irajá Félix Carvalho). Rio Grande (seccional) - FURG/DECLA/Campus Carreiros. Cep: 96500-900, Rio Grande-RS. decalrio@super.furg.br (0532) 301400, r. 131. Fax: (0532) 301194 (Sirio Lopez Velasco). SC - Depto. de Fitotécnica/CCA/UFSC. Caixa Postal 476. Cep: 88040-970, Florianópolis-SC. Tel.: (048) 234-2266/231-9357. Fax: (048) 234-2014 (Miguel Pedro Guerra).



Há menos de um ano, em julho de 1996, uma ovelha nasceu em um instituto de pesquisas escocês e ganhou um nome: Dolly. Apesar da aparência normal, essa ovelha não era igual às outras. Ela não teve um pai biológico, ou seja, sua geração não contou com a participação – direta ou não – de um carneiro. Dolly, na verdade, é um clone: possui o mesmo patrimônio genético de sua ‘mãe’, ou melhor, ‘matriz’. O inédito sucesso da experiência, que reabre a perspectiva da produção de clones humanos, só chegou ao conhecimento público em fevereiro deste ano, desencadeando por todo o planeta acirrados debates em torno de suas implicações científicas e morais. Embora a clonagem – incluindo tentativas com embriões humanos – não seja novidade, a questão só agora mobilizou o imaginário popular e atraiu a atenção dos meios de comunicação de massa. A polêmica, porém, precisa ser posta em termos menos emotivos e mais racionais. É isso o que *Ciência Hoje* pretende com os textos a seguir: o primeiro detalha os fundamentos socioculturais e éticos do medo e do fascínio suscitados por Dolly e o segundo aponta as reais perspectivas e limitações referentes à aplicação ao ser humano da tecnologia que a produziu.

das células reprodutivas, ou gametas, masculino e feminino) para dar origem à nova célula. Esta, multiplicando-se, torna-se embrião, depois feto e, se tudo correr bem, um novo ser vivo. Dolly, porém, é um 'híbrido' criado através da combinação entre processo natural e intervenção artificial humana. No seu caso, foram dispensados os gametas masculinos.

Além disso, a experiência de Wilmot e equipe trouxe novos dados para uma antiga

questão teórica da biologia evolutiva: a permanência ou não da identidade do genoma durante o desenvolvimento de uma célula totipotencial embrionária (capaz de expressar todas as informações genéticas) para uma célula 'adulta' diferenciada, ou especializada (capaz, em princípio, de expressar apenas as informações necessárias para efetuar sua função específica). Ainda não se sabe se, enquanto o embrião se desenvolve, acontecem ou não transformações irreversíveis em suas células diferenciadas, em relação às primeiras células embrionárias. Ao clonar Dolly a partir de células somáticas de uma ovelha adulta de sexo feminino, Wilmot e equipe 'quebraram' um dogma da biologia, que dizia ser impossível reativar a totalidade da informação genética de uma célula adulta e especializada, reforçando a tese de que o genoma não sofre modificações irreversíveis durante o processo, embora isso provavelmente dependa do tecido selecionado e de influências do DNA próprio das mitocôndrias (organelas situadas no citoplasma celular).

Em resumo, o 'híbrido' natural-artificial Dolly é o resultado de um processo que envolveu três ovelhas: o núcleo de uma célula diferenciada (da ovelha-mãe doadora) foi fundido com uma célula germinativa (da ovelha receptora) da qual previamente foi retirado o núcleo e, em seguida, o embrião assim obtido foi transplantado para o útero de uma terceira ovelha gestante.

A experiência escocesa gerou intensa polêmica sobre as possíveis consequências éticas, sociais e políticas da aplicação da clonagem à espécie humana. Dolly mobilizou imediatamente não só cientistas, filósofos, teólogos, juristas e políticos, mas o próprio imaginário coletivo como um todo. Prova dessa mobilização espetacular das consciências são as tomadas de posição imediatas de chefes de Estado, como a do presidente dos Estados Unidos, Bill Clinton, que suspendeu os experimentos e as verbas federais até que uma comissão de bioéti-



**“No ‘efeito’ Dolly há dois sentimentos contraditórios: um ‘sonho da imortalidade’, que sempre acompanhou o imaginário humano; e uma ‘profunda repulsão’, por abrir a possibilidade da clonagem do ser humano.”**

ca estude os impactos possíveis e prováveis da experiência. No campo religioso, o Vaticano condenou, *a priori*, em seu jornal oficial, o *Osservatore Romano*, qualquer tipo de experiência futura com seres humanos, considerando essa possibilidade uma interferência indevida nos desígnios do Criador e/ou no suposto finalismo intrínseco dos processos naturais, além de uma demonstração da vigência daquilo que o Papa João Paulo

II vem caracterizando como “a cultura da morte”.

Considerando a mobilização do imaginário coletivo e das consciências individuais, pode-se dizer que houve muita paixão e, talvez, pouca razão. De forma geral, no ‘efeito’ Dolly constata-se, essencialmente, dois tipos de sentimentos contraditórios: por um lado, um “sonho da imortalidade” (como afirma o psicanalista brasileiro Waldemar Zusman, da Sociedade Psicanalítica do Rio de Janeiro, no jornal *O Globo* de 6 de março de 1997), que acompanha o imaginário humano desde sempre; por outro, uma “profunda repulsão” (na opinião, expressa ao autor, do bioeticista italiano Maurizio Mori, da Consulta de Bioética de Milão), por tratar-se de um mamífero e abrir a possibilidade da realização de clones do ser humano. Em suma, o ‘caso Dolly’ transformou-se no ‘fantasma da clonagem humana’.

Entretanto, a clonagem de seres vivos – inclusive tentativas com células humanas – não data de agora. Clonar sistemas vivos do mundo vegetal, por exemplo, é rotina, permitindo criar espécies resistentes a pragas e ao apodrecimento e melhorar a quantidade, a estocagem e a conservação de alimentos. Já em 1952 (há 45 anos, portanto), Robert Briggs e Thomas King produziram novos embriões a partir de células também de embriões (girinos). Em 1993, um grupo de cientistas da Universidade George Washington, chefiado pelo embriologista Robert Stillman, produziu dezenas de clones de embriões humanos, a partir de apenas um embrião, mas a experiência foi interrompida, uma semana após ter sido divulgada, por intervenção do governo dos Estados Unidos, que declarou a ilegalidade de qualquer experiência envolvendo embriões humanos.

A polêmica atual faz sentido por vários motivos, pois a possibilidade futura de clonar humanos traz à tona os sentimentos contraditórios que sempre acompanharam grandes descobertas científicas. Por outro lado, o ‘caso Dolly’ pode ser

*fascínio*, que endeusa o fato e acredita que a condição humana de precariedade e finitude esteja prestes a acabar, graças a uma nova ordem bioantropossocial, constituída por indivíduos pertencentes a uma espécie mais adaptada a um mundo em veloz transformação, com características físicas e psíquicas mais saudáveis e aptidões mais desejáveis.

As duas posições (aqui caricaturadas para fins didáticos) podem ser igualmente perniciosas, pois mobilizam emoções incontroláveis e misturam aquilo que é e aquilo que pode vir a ser com o que não é nem pode vir a ser.

Em particular, pode-se supor que o 'caso Dolly' esteja mobilizando, para o bem ou para o mal, o imaginário coletivo, constituído pelos sonhos utópicos da 'sociedade perfeita' que acompanham a cultura ocidental desde a antiguidade grega, com *A República*, de Platão, passando por outros pensadores como o inglês Thomas More (1477-1535), com *Utopia*, e o italiano Tommaso Campanella (1568-1639), com *A cidade do Sol*, e até por personagens recentes como Adolf Hitler, com o seu Terceiro Reich. Tais utopias, embora não sejam todas delirantes (como a que Hitler tentou realizar, da maneira que todos conhecem), são o produto racional e planejado de uma mentalidade totalitária, que visa a transparência pela eliminação do heterogêneo, do acaso, em favor da previsibilidade e do controle totais sobre os humanos.

Podemos dizer hoje que, felizmente, nenhuma dessas utopias se realizou (pelo menos por enquanto). Caso contrário, constataríamos não apenas que "o sono da razão cria monstros", como disse o pintor Francisco Goya (1746-1828), mas que também 'o sonho da razão cria monstros'. Em suma, a clonagem levanta antigos sentimentos – quer como produto da razão totalitária, quer do delírio irracional – que agora, junto com Dolly, 'renascem' no cenário do imaginário coletivo e individual.

Na verdade, o 'caso Dolly' – um 'caso' paradigmático – mistura essencialmente dois tipos de objetos, pertencentes a universos distintos: (1) o fato biotecnocientífico da clonagem realizada e as possibilidades futuras de intervir em sistemas vivos para transformá-los conforme finalidades que venham a se impor, coletivamente ou não; e (2) os valores culturais, morais, religiosos, capazes de julgar positiva ou negativamente tal fato. Ao examinarmos em detalhe esses dois universos e suas relações possíveis, chamaremos o primeiro de 'campo de



**“Em 1993, um grupo de cientistas produziu dezenas de clones de embriões humanos a partir de apenas um embrião, mas a experiência foi interrompida por intervenção do governo dos Estados Unidos.”**

vigência do paradigma biotecnocientífico' e o segundo de 'campo de vigência do paradigma bioético'.

### O universo da biotecnociência

Discutir em termos técnicos o que aconteceu e o que poderá acontecer a partir do 'caso Dolly' cabe a um embriologista, o que não é o caso deste autor (ver, nesta edição, 'Potencial e limitações da clonagem de mamíferos'). Este trabalho, portanto, limita-se a

uma reflexão de segunda ordem, analisando o fato do ponto de vista do significado filosófico ou científico. Para um debate tecnológico, é necessário, antes, deixar 'assentar a poeira' levantada pelo 'caso' e esperar as repetições da experiência, nas condições devidas. Só assim saberemos ao certo o que aconteceu e poderemos especular de modo pertinente sobre o que 'provavelmente' acontecerá se usarmos a tecnologia para a clonagem humana.

No entanto, é preciso ter uma noção mínima do que se trata, para não discutir 'à toa'. Assim, vamos traçar – em grandes linhas – a experiência de Wilmot.

O que aconteceu, de fato, em Roslin, para levantar tantas paixões?

Em resposta a pedido de esclarecimento formulado pelo ministro de Ciência e Tecnologia, José Israel Vargas, especialistas da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) explicaram que o experimento de Wilmot e equipe pode ser resumido nos seguintes passos: (1) uma célula somática (célula mamária da ovelha doadora) foi levada a um estado de quiescência ('dormência'), durante o qual o núcleo da célula tornou-se passível de reprogramação. Em seguida, esse núcleo, contendo o DNA, foi removido; (2) o núcleo de uma célula germinativa feminina (o 'óvulo' da ovelha receptora, da mesma espécie) foi removido, para que pudesse receber o núcleo da célula doadora; (3) o núcleo da célula doadora e a célula receptora sem núcleo foram fundidas (por microinjeção e micromanipulação, sob a indução de uma descarga elétrica controlada), para obter um embrião. Em seguida, esse embrião foi implantado no útero de uma terceira ovelha gestante (de outra raça, a *Scottish Blackface*), que pariu Dolly.

Em suma, o processo envolve um conjunto de biotécnicas, que permitiram a Ian Wilmut e sua equipe fazer uma cópia geneticamente idêntica, sem passar pelo processo natural da reprodução sexual.

indivíduo ser um organismo biológico pertencente à espécie *Homo sapiens sapiens*, estudado pelas ciências biológicas (inclusive as ciências da vida *stricto sensu*), e a resultante do fato de o indivíduo ser autoconsciente, racional e autônomo, ou seja, uma 'pessoa', estudada pelas ciências humanas e pela filosofia.

Essa 'segunda' distinção é indispensável para a análise moral, que se ocupa essencialmente de 'pessoas', não de organismos biológicos, mesmo quando é aplicada a animais ou a outros entes naturais (como quando se fala em seus 'direitos') – nesse caso, há uma espécie de 'antropomorfização' da condição natural.

Assim, um clone perfeito pode ser idêntico a seu 'genitor' em termos biológicos (pois compartilha o mesmo DNA), mas não do ponto de vista 'pessoal'. A segunda condição exigiria uma sinergia altamente improvável de inúmeras condições idênticas: o mesmo tipo de experiências, o mesmo tipo de ambiente e uma coincidência no espaço-tempo com o 'outro', algo impossível tanto do ponto de vista físico quanto do lógico. O clone deveria não só ocupar a mesma porção espacial no mesmo momento, mas ter uma 'identidade coincidente', de fato, com a do 'outro', ou seja, apresentando a mesma 'ipseidade' – termo criado pelo filósofo escocês John Duns Scotus (1266-1308), para indicar o fato de um indivíduo ser distinto de todos os outros, ter a sua 'personalidade'.

Usando a linguagem da lógica moderna, diz-se que dois indivíduos (o 'clonável' e o 'clonado') podem ter a mesma *identidade genérica*, definida pelas características comuns à mesma classe de 'objetos' *Homo sapiens sapiens*, mas nunca terão a mesma 'identidade específica', ou 'ipseidade', um conceito filosófico, antropológico e psicológico. É possível argumentar que dois elementos virtuais (de um hipertexto, por exemplo) podem ocupar o mesmo espaço-tempo, mas tal objeção não é pertinente nesta discussão.

A necessidade lógica dessa distinção é demonstrada se pensarmos em uma série de 'provas' presentes em vários contextos da vida humana. São exemplos o fato de que todo cidadão deve ter um documento que o identifique (carteira de identidade, CPF, passaporte etc.), distinguindo-o de todos os outros; o fato de que a polícia recorre às impressões digitais para identificar um delinquente; o fato de que a justiça se serve da análise do DNA para descobrir, por exemplo, um estuprador que tenha deixado traços de seu crime; e assim



**“Os cientistas sensatos sabem que um clone de Mozart não será um novo Mozart, nem o clone de Hitler um novo Hitler. Ao clonar características genéticas, clona-se a biologia, não a personalidade.”**

por diante. A eventual clonagem humana tornaria a identificação mais difícil: a prova de DNA deixaria de ser conclusiva, obrigando o recurso a outras formas – ainda não inventadas – de comparar os clones.

Confundir identidade biológica e identidade pessoal também significaria cometer, além de um 'abuso lógico', um 'reduccionismo biológico' (ou genético). Esse é um erro muito comum: escuta-se com frequência afirmações relativas

à origem genética não só de características e disfunções orgânicas, mas também de traços do caráter, de atitudes e preferências pessoais. Não cabe aqui analisar as razões desse reduccionismo: basta dizer que essa atitude é uma forma de encontrar certezas onde elas não existem (ver 'A perturbadora ascensão do determinismo neurogenético', em *Ciência Hoje* nº 126). Assim, por exemplo, estranhamos se alguém educado e crescido em determinado ambiente apresenta personalidade diferente da que se poderia 'esperar'. Mas os cientistas sensatos sabem que um clone de Mozart não será necessariamente um novo Mozart, nem o clone de Hitler um novo Hitler. Ao clonar características genéticas, clona-se a biologia do indivíduo, não sua personalidade. Esta certamente será influenciada pela biologia, mas não pode ser reduzida a ela.

Assim, esse conjunto de identidade formado pelo eu mais suas circunstâncias, como dizia o filósofo espanhol José Ortega y Gasset (1883-1955), constitui a 'pessoa', necessariamente distinta do mero organismo biológico pertencente à espécie *Homo sapiens sapiens*, e é sobre esse tipo peculiar de identidade que deve estar baseada a análise da moralidade da clonagem.

Para abordar a questão, vamos supor que apareça, na evolução da espécie *Homo sapiens sapiens*, um indivíduo com determinadas características genéticas, comprovadas pela ciência, responsáveis por maior resistência a disfunções e doenças (como viroses mortais) ou a condições ambientais adversas (susceptibilidade não-relevante à energia nuclear, por exemplo – sugestão de Maurizio Mori), e que em função de tal capacidade ele se torne um cientista benfeitor da humanidade. Nesse caso, não seria moralmente lícito preservar tal patrimônio genético, uma característica positiva e portanto um 'bem' tanto para seu portador quanto para todos os que possam vir a se beneficiar com isso?

Se o senhor X, resistente aos vírus emergentes, fosse capaz de descontaminar áreas infestadas por microorganismos le-

# Potencial e limitações da clonagem de mamíferos

FRANKLIN RUMJANEX

DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA MÉDICA, INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS,  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO.

A recente clonagem de uma ovelha, na Escócia, obteve repercussão mundial, tanto nos meios acadêmicos quanto entre o público geral, gerando uma discussão que, embora salutar, ainda está permeada de mal-entendidos. Em tais situações, o debate costuma tornar-se mais emocional que objetivo. Justifica-se, portanto, historiar brevemente os dados mais revelantes sobre a importante descoberta, respondendo simultaneamente às perguntas mais freqüentes sobre o tema.

Em primeiro lugar, o que significa 'clonagem'? Clonar um indivíduo significa replicar seu genoma de forma idêntica – logo, sem reprodução sexual. Como não há participação de um dos gametas (masculino ou feminino, conforme o caso), os clones conterão somente os cromossomos da célula original, e portanto serão idênticos a essa. São exemplos as bactérias e as células somáticas, que reproduzem-se por divisão (mitose), após replicarem exatamente seu genoma. Os indivíduos resultantes têm a mesma carga genética das células-mães, ou seja, são idênticos: bactérias geram outras bactérias iguais e células da pele geram outras células da pele. No caso de gêmeos idênticos, ou monozigóticos, ocorre um tipo de clonagem em que a célula fertilizada (o zigoto) divide-se em duas (ou mais) e cada uma torna-se um embrião (todos com a mesma carga genética).

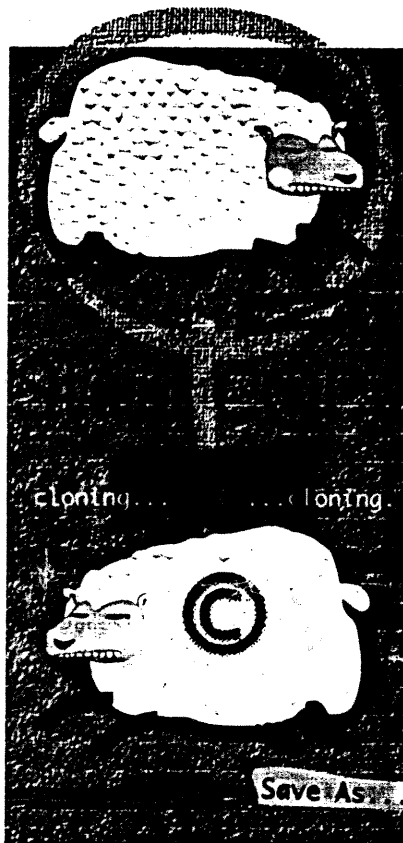
A clonagem com gametas masculinos como células 'receptoras' é considerada mais complexa, já que o óvulo – o gameta feminino – contém em seu citoplasma RNA mensageiro, e este comanda alguns processos iniciais da formação do embrião. A pergunta que muitos fazem, no entanto, é outra: células 'doadoras' de núcleos originárias de tecido masculino

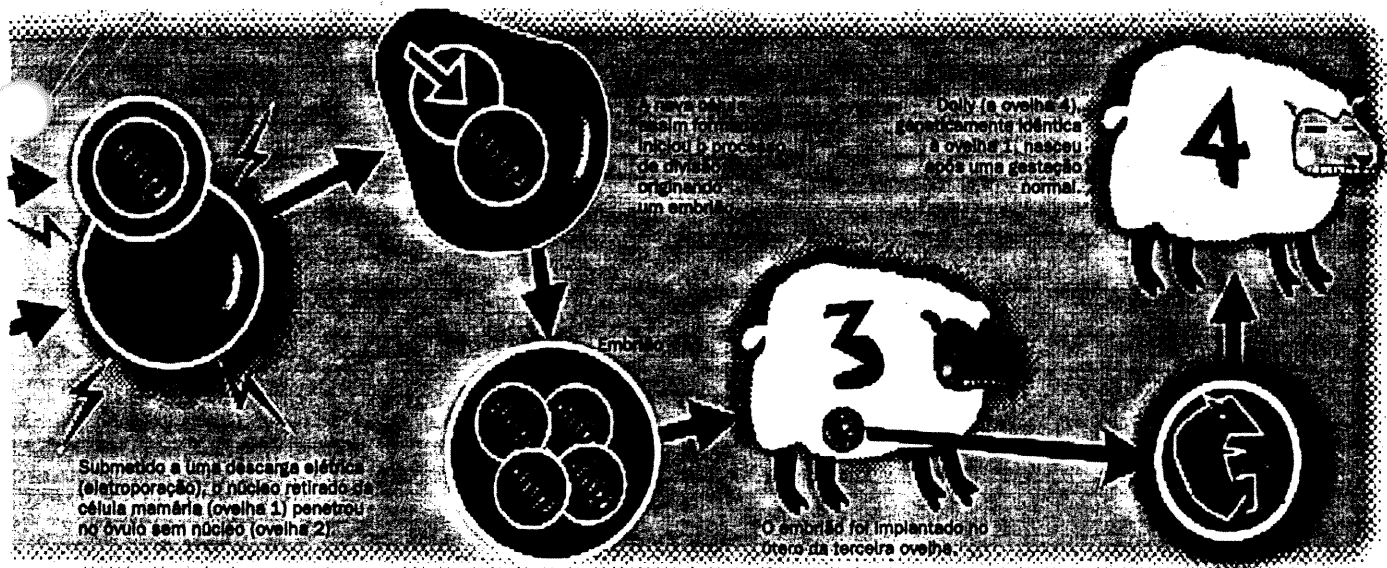
(que têm, portanto, o cromossomo Y) podem gerar clones do sexo masculino? Embora isso ainda não tenha sido tentado, não há impedimentos técnicos ou teóricos.

Quando começaram os experimentos de clonagem? Nos primórdios das experiências com transplantes de núcleos, R. Briggs, T. J. King e M. A. Diberardino publicaram, em 1960 (*Germ Cells and Development*, pp. 441-447), trabalho sugerindo que a cromatina (material que contém os cromossomos) de células somáticas poderia sofrer influências do citoplasma embrionário. Em suas experiências, em anos anteriores, os pesquisadores obtiveram desenvolvimento de embriões através de parabiose (fusão por contato natural entre células) de núcleos celulares com embriões normais.

As primeiras clonagens com células diferenciadas foram obtidas por J. B. Gurdon, R. A. Laskey e O. R. Reeves em 1975 (*Journal of Embryology and experimental Morphology*, vol. 34, pp.

93-112), usando células da pele de rãs da espécie *Xenopus laevis*. Nessas experiências, as células que doaram os núcleos foram mantidas em cultura por cerca de três dias, em meio apropriado, e, como previsto, elas cresceram e formaram um tecido. A dissociação das células desse tecido foi obtida com tripsina, enzima que elimina o 'cimento' que as mantém agregadas. Em seguida, os núcleos dessas células (doadoras) foram retirados e injetados em ovócitos não-fertilizados de rãs (células recipientes ou hospedeiras), que tiveram seus próprios núcleos previamente inativados pela aplicação de luz ultravioleta. A injeção do núcleo atuou como estímulo para o início da embriogênese, que prosseguiu até a formação de um girino viável.





ca de responder, durante a gravidez, a estímulos do hormônio proclatina, o que altera o tecido, para que produza leite. O tecido volta ao estado original após o período de amamentação.

Os pesquisadores raciocinaram então que a glândula mamária seria mais propensa a reprogramar-se que outros tecidos, o que de fato ocorreu. Outro detalhe técnico que permitiu a clonagem foi induzir nas células doadoras um estado 'quiescente': antes da fusão, elas foram mantidas em meio de cultura pobre em nutrientes. Isso pôs todas as células do tecido no estado do ciclo celular denominado  $G_0$ , no qual os processos metabólicos ficam reduzidos ao mínimo. Nessa situação, as células, além de tornarem-se homogêneas, ficaram mais suscetíveis ao estímulo de desenvolvimento embrionário.

A Dolly nasceu e o resto é história. Vale lembrar que, longe de ser uma tecnologia livre de problemas, a clonagem descrita acima não é um processo eficiente. De todas as tentativas de clonagem, 62% dos fetos não 'vingaram' – no acasalamento natural, a taxa de insucesso é de apenas 6%. O processo envolve ainda ameaças como infecções e defeitos decorrentes da própria manipulação (como perda de material nuclear e outros). Mas a técnica, é óbvio, será eventualmente aperfeiçoada.

A pergunta dos pesquisadores, no entanto, foi respondida: é possível gerar um clone a partir de células somáticas. E esse foi o detalhe que excitou o imaginário popular, que febrilmente extrapolou os resultados de Wilmot e equipe para situações extremas. Perguntou-se, por exemplo, se seres humanos já foram clonados, se é possível clonar pessoas mortas, se os clones já nascem velhos, se órgãos podem ser clonados e até se clones têm alma.

A clonagem de seres humanos ainda será debatida por muito tempo. Em que pesem todos os argumentos éticos e práticos de tal procedimento, existem claras restrições, do

ponto de vista técnico, ao que pode ou não ser feito. O exposto acima deixa evidente que apenas tecidos passíveis de cultura *in vitro* são candidatos a doadores de núcleos, já que as células doadoras têm que ser mantidas vivas em cultura. Assim, tecidos preservados a baixas temperatura (como cadáveres mantidos em nitrogênio líquido) teriam que ter as organelas (presentes em suas células) intactas, sem destruição por cristais de gelo. Logo, tecidos de múmias, tufo de cabelo de personalidades famosas e outros tecidos fósseis não podem ser clonados com as técnicas hoje disponíveis.

Quanto à idade dos clones, o simples fato de haver a reprogramação da cromatina do núcleo transplantado já sugere que o indivíduo clonado terá longevidade normal – e Dolly poderá ser a prova disso. Ainda não há técnicas para a clonagem de órgãos, mas já existem planos, por exemplo, para manter em cultura tecido da pele de doadores específicos, que poderia ser armazenado e usado no tratamento de queimaduras.

Não há como predeterminar até onde a ciência pode ir, no caso da clonagem. Mas outros exemplos históricos oferecem uma perspectiva. Quando foram realizados os primeiros transplantes de órgãos, as primeiras fertilizações *in vitro* (os famosos bebês de proveta) e até as primeiras explosões de bombas nucleares, as mesmas vozes elevaram-se, gerando inquietações apocalípticas, e surgiram as mesmas tendências à proibição. Aos poucos, porém, acostumamo-nos aos benefícios das novas tecnologias. Como lembrou Anibal Gil Lopes, do Instituto de Biofísica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, atualmente, graças à tecnologia, mesmo uma pessoa com poucos recursos econômicos tem uma vida muito mais confortável do que qualquer imperador da era medieval. É preciso lembrar ainda que os cientistas que produzem essa tecnologia, além de indivíduos pensantes, são acima de tudo membros da sociedade em que vivem.

# COMMENT ÇA VA <sup>3</sup> DOLLY ?

Olivier Postel-Vinay  
et Annette Millet

Le clonage des mammifères passe à la vitesse supérieure

OLIVIER POSTEL-VINAY est rédacteur en chef de *La Recherche*. ANNETTE MILLET est responsable de la rubrique biologie-médecine à *La Recherche*.

Voilà longtemps qu'une nouvelle scientifique n'avait pas fait autant de bruit. Télévisions, journaux et magazines du monde entier, chefs d'Etat et parlements, scientifiques et industriels, écologistes et spécialistes de la bioéthique, philosophes et hommes d'Eglise ont produit en quelques jours une invraisemblable et durable cacophonie.

Tout cela pour la naissance d'un mouton !

Et pour une expérience non encore reproduite !

L'humanité est-elle donc si légère ?

Ou bien faut-il admettre que ces réactions enflammées sont le signe

qu'il s'est produit un événement fondamental ? Que la naissance

fabriquée d'un mammifère sans père, et clone de sa mère,

a une portée symbolique majeure ? Faut-il y voir un

tournant dans l'histoire de notre espèce ?

Ou bien peut-être la marque d'une cassure décisive entre

le monde scientifique et celui des simples citoyens ?

Pour aider nos lecteurs à y voir clair, nous avons repris les bases du dossier.

Voilà donc une synthèse, à froid, des principaux éléments

permettant, nous semble-t-il, de se former un jugement.

Aux plans scientifique, technique, économique et éthique.

La Recherche a publié :

Marcel Blanc, « Clonage des mammifères : le meilleur des mondes est-il pour demain ? », avril 1981, p. 482.

Pierre Thuillier, « La génétique et le pouvoir. Ou les rêves fous d'un prix Nobel », février 1981, p. 231.

Jean-Paul Renard et Yvan Heyman, « Les banques d'embryons : des souris et des hommes », février 1982, p. 245.

Martine Barrère, « L'affaire Illmensee : fraude ou pas fraude ? », juin 1984, p. 861.

Louis-Marie Houdebine, « Les animaux transgéniques », mars 1987, p. 684.

Christophe Bonneuil, « A quoi servent les avis du Comité d'éthique ? Autopsie d'un moratoire », mars 1991, p. 358.

Louis-Marie Houdebine, « Le biologiste et l'animal transgénique », novembre 1994, p. 1133.

*Dolly, premier mammifère né sans père, est jusqu'à preuve du contraire une agnelle absolument normale.*  
(Cliché PPCM)





# 1 Comment Dolly a été fabriquée

La relative simplicité des procédures décrites et des schémas présentés dans la presse ne doivent pas faire illusion. Le clonage de Dolly est une opération lourde et complexe, résultat de décennies de recherches et d'expérimentations par divers laboratoires. Bien des échecs ont été essayés, des équipes se sont découragées. Des intérêts privés étant en jeu, il est par ailleurs probable que tous les détails ne soient pas disponibles.

Voici les principales étapes de l'opération. La plupart sont en réalité un concentré d'une série de sous-étapes, impliquant chacune de multiples choix : concernant par exemple le moment exact de chaque intervention, la composition de tel milieu de culture, la succession des gestes de l'expérimentateur, les instruments utilisés. Comme le faisaient déjà remarquer en 1990 les auteurs d'un ouvrage de référence sur la biologie du développement, en matière de clonage, « les détails de la technique expérimentale peuvent grandement influencer les réponses à une question donnée » (1).

**Les chercheurs écossais ont aussi obtenu trois agneaux à partir de cellules d'un fœtus de 26 jours.**

Les chercheurs écossais ont prélevé des cellules par biopsie dans une glande mammaire d'une brebis blanche Finn Dorset âgée de six ans (fig. 1, p. 53). Celle-ci était au dernier trimestre de sa gestation, moment où les cellules mammaires sont plus différenciées et se multiplient. Les cellules prélevées ont été cultivées *in vitro*, puis placées pendant cinq jours dans un milieu de culture fortement appauvri en sérum, diète rigoureuse dont l'effet est d'aboutir peu à peu à l'arrêt complet du cycle cellulaire (stade G<sub>0</sub>, prononcez « G zéro »). Ces cellules en état de quasi hibernation ont ensuite été introduites chacune dans un ovocyte\* non fécondé et énucléé, de brebis Scottish Blackface (à tête noire).

Les ovocytes ont été recueillis chirurgicalement par perfusion des oviductes après stimulation ovarienne. Au moment où ils sont recueillis, leur cycle cellulaire est lui-même arrêté. Cette phase, dite métaphase II, est celle où les ovocytes se

trouvent naturellement au moment de l'ovulation. Du fait de la méiose\*, ils ne contiennent plus qu'un seul jeu de chromosomes qui forment à ce moment-là une plaque presque plate, excentrée, située non loin du globule polaire, petite boule contenant l'autre jeu de chromosomes et destinée à être éjectée. Les expérimentateurs ont alors aspiré la plaque chromosomique, emportant du même coup le globule polaire et une partie du cytoplasme. Les ovocytes ainsi énucléés, ayant gardé la majeure partie de leur cytoplasme, ont été transférés dans un milieu de culture à 37 °C. Ils ont été « activés » à l'aide d'une première impulsion électrique puis

ainsi créés, fin janvier 1996. Ils ont ensuite été placés dans l'oviducte\* ligaturé de diverses femelles. Après six jours, 247 ont été récupérés. Vingt-neuf s'étaient développés jusqu'au stade de morula\* ou de blastocyste\*. Ils ont été transférés dans l'utérus de 13 brebis porteuses. Un seul embryon s'est apparemment développé en fœtus, puis en agneau viable. Née le 5 juillet 1996 au terme d'une gestation de durée quasi normale, avec un poids normal, Dolly ne présente aucun signe d'anomalie(2). Il reste à établir si aucun problème n'apparaîtra ultérieurement et si elle pourra procréer normalement.

## \*L'OVOCYTE

est l'œuf avant fécondation. Au moment de sa maturation dans l'ovaire, l'ovocyte subit un cycle de division cellulaire (méiose), qui conduit à deux cellules de taille inégale ne comportant chacune qu'un jeu de chromosomes (et non deux). C'est la plus grosse de ces cellules qui est relâchée par l'ovaire pour être fécondée. L'ovocyte entre alors dans un second cycle de méiose, qui reste bloqué au stade de la métaphase.

## \*MÉIOSE

Type de division cellulaire réservé aux cellules sexuelles, qui aboutit à la formation de cellules reproductrices. La méiose comprend deux divisions nucléaires successives, avec un seul cycle de réplication de l'ADN, qui permettent la production de quatre cellules filles ne possédant qu'un seul jeu de chromosomes (cellules haploïdes), à partir d'une cellule initiale en possédant deux (cellule diploïde).

## \*OVIDUCTE

Conduit constituant la voie de passage des ovocytes après qu'ils ont quitté l'ovaire. Dans l'espèce humaine, l'oviducte est nommé trompe de Fallope.

## \*LA MORULA

est l'embryon au stade d'un paquet de cellules (blastomères), ressemblant à une mûre.

## \*LE BLASTOCYSTE

est l'embryon au stade suivant la morula : les cellules extérieures se différencient des cellules de l'intérieur, et s'en séparent. La masse cellulaire interne, dont les cellules se différencient progressivement les unes des autres, est aussi appelée bouton embryonnaire.



« Pouvons-nous cloner des humains ? » demande Newsweek.  
« Y aura-t-il un jour un autre vous-même ? » demande Time.  
En Allemagne, Der Spiegel propage le mythe, fondé sur une conception fautive de la fonction des gènes, qu'il serait possible de reproduire un être humain à l'identique.

fusionnés chacun avec une cellule mammaire de la brebis donneuse par une série d'impulsions électriques. L'application du courant électrique a aussi pour objet de faciliter la mise en route de la nouvelle cellule ainsi formée — un nouvel embryon.

Pas moins de 277 embryons ont été

En suivant le même protocole expérimental, Ian Wilmut, Keith Campbell et leurs collègues du Roslin Institute à Midlothian, près d'Edimbourg, ont également obtenu trois agneaux à partir de cellules d'un fœtus de 26 jours et quatre agneaux provenant de cellules issues d'un embryon de 9 jours.

## 2 Qu'y a-t-il de nouveau ?

Le principe de l'énucléation d'un ovocyte pour servir de couveuse à une cellule a été imaginé par l'embryologiste allemand Hans Spemann à la veille de la Seconde Guerre mondiale. Il proposa en 1938 ce qu'il appela une « expérience fantastique » : il s'agissait de mettre le noyau d'une cellule d'embryon de batracien dans un ovocyte énucléé pour vérifier l'hypothèse que chacune des cellules du jeune embryon contient toutes les instructions pour le développement complet d'un individu. A l'époque, la double hélice de l'ADN n'était pas encore connue...<sup>(1)</sup>. L'idée a été appliquée pour la première fois avec succès en 1952 à Philadelphie par Robert Briggs et Thomas King<sup>(2)</sup>. Les chercheurs parvinrent à dissocier sans les abîmer les cellules (blastomères) du paquet embryonnaire (au stade blastocyste), à enlever les chromosomes d'œufs non fécondés de grenouilles sans trop les endommager, à les activer comme s'ils étaient normalement fécondés, et à placer les blastomères un par un dans chaque œuf. Ils obtinrent des têtards capables de nager. De nombreuses expériences sur des batraciens ont suivi, avec production d'animaux adultes.

### Le principal apport technique de l'équipe écossaise est d'avoir mis les cellules embryonnaires en état d'hibernation

Chez les mammifères en revanche l'opération s'est révélée plus délicate. Une technique de transfert nucléaire\*, mise au point chez la souris en 1983, n'a donné que des résultats limités. L'expérience décisive pour comprendre d'où vient Dolly fut l'œuvre de l'embryologiste danois Steen Willadsen, alors à Cambridge, en Grande-Bretagne. En utilisant un protocole déjà très voisin de celui décrit pour Dolly, il obtint en 1984 des moutons adultes en bonne santé à partir d'embryons de 8 et 16 cellules placés dans des ovocytes non fécondés énucléés. L'un des embryons avait été congelé pendant plus de quatre ans<sup>(3)</sup>.

Chez les bovins, pour lesquels l'intérêt économique attendu est le plus grand, la « première » fut effectuée par l'équipe de l'Américain Neil First en 1986<sup>(4)</sup>. A partir d'embryons récoltés *in vivo* ou par FIV (fécondation *in vitro*), quelque 2 000 veaux sont déjà nés grâce à cette tech-

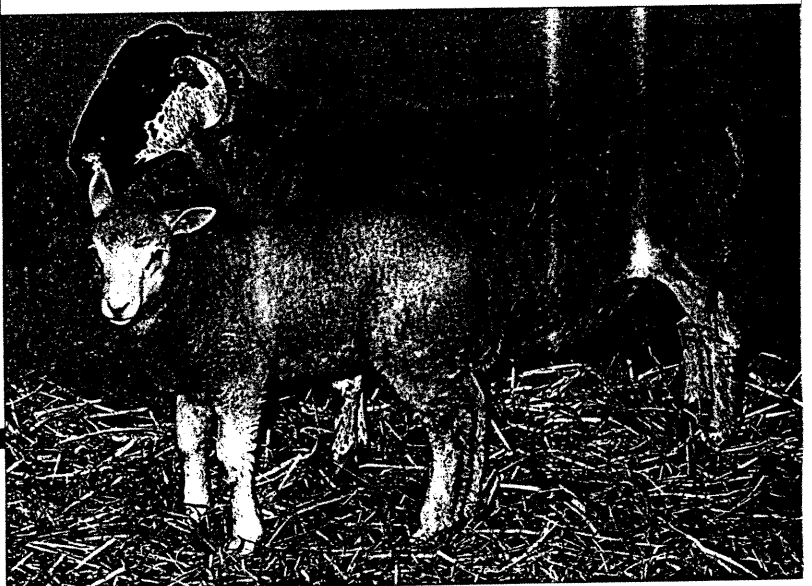
nique, surtout aux Etats-Unis, mais aussi en France. Des succès ont également été enregistrés chez la chèvre. Chez le lapin, l'équipe de Jean-Paul Renard et Yvan Heyman à l'INRA, a obtenu en 1990 six lapereaux clonés provenant d'un embryon unique<sup>(7)</sup>.

Jusqu'à vers 1992, les chercheurs se heurtèrent à un taux d'échec très élevé chez les gros mammifères. Des anomalies chromosomiques induisaient un arrêt du développement. Le phénomène fut bientôt interprété comme dû à la difficulté, au moment de la fusion, de synchroniser les cycles de la cellule donneuse et de la cellule receveuse (cytoplasme énucléé). Dans la nature, au moment de la fécondation, les cellules sont manifestement en phase. Comment y parvenir en laboratoire ? Les scientifiques ont d'abord cherché les moyens de préactiver chimi-

vivantes. Elles sont « à la limite de l'apoptose (mort cellulaire) » dit Louis-Marie Houdebine, chercheur à l'INRA en contact avec l'équipe écossaise.

Jusqu'à alors la plupart des cellules embryonnaires utilisées pour les transferts nucléaires étaient en phase G2 (croissance) ou S (réplication de l'ADN), ce qui entraînait au moment de la fusion une réplication supplémentaire d'ADN et une condensation prématurée de la chromatine (les chromosomes et les protéines qui leur sont attachées), entraînant le plus souvent des anomalies chromosomiques.

Et voici la grande nouveauté : les chercheurs écossais se sont rendu compte qu'en combinant ces deux techniques, activation de l'ovocyte énucléé et arrêt du cycle des cellules donneuses, ils pouvaient réussir à faire naître des



### Dolly et sa mère porteuse.

Une analyse génétique a permis de vérifier que Dolly est bien la copie de la brebis sur laquelle des cellules mammaires ont été prélevées. (Cliché tdr)

animaux viables avec des cellules déjà fortement, voire totalement différenciées. La plupart des biologistes pensaient la chose parfaitement impossible.

Chaque cellule de l'organisme comporte tout le matériel génétique de l'individu. Au cours de la différenciation progressive qui se produit depuis les premiers stades du développement embryonnaire jusqu'à la naissance et au-delà, les cellules se spécialisent : seule une fraction des quelque cent mille gènes de l'individu s'exprime dans chaque cellule. Les autres gènes sont muets. Mais que signifie « muets » ? Le point de vue que ces gènes ne sont pas nécessairement perdus, défi-

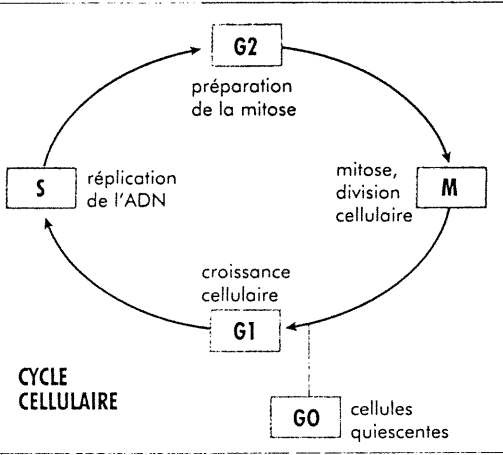
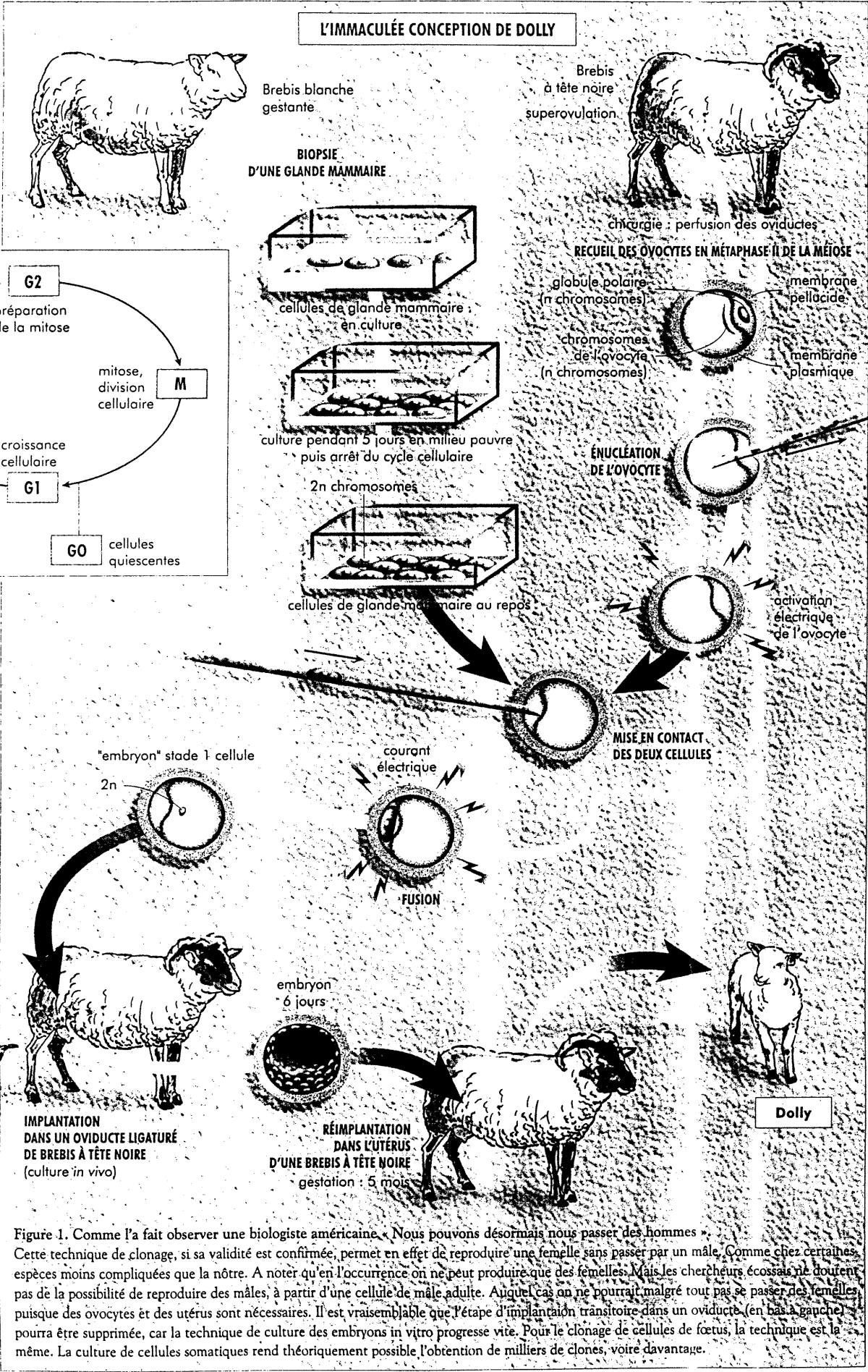
### Clonage par \*TRANSFERT NUCLEAIRE

les cellules d'un bouton embryonnaire (au stade morula ou blastocyste) sont dissociées et cultivées *in vitro*. Elles sont ensuite transférées chacune dans des ovocytes énucléés pour reconstituer des

• embryons •  
Dans le cas de Dolly, ce transfert a été réalisé à partir de cellules

• adultes •

### L'IMMACULÉE CONCEPTION DE DOLLY



La poitrine de Dolly Parton, superstar américaine de « country music », a inspiré le choix du nom de baptême de l'agnelle. (Cliché Reuters)

Figure 1. Comme l'a fait observer une biologiste américaine, « Nous pouvons désormais nous passer des hommes ». Cette technique de clonage, si sa validité est confirmée, permet en effet de reproduire une femelle sans passer par un mâle. Comme chez certaines espèces moins compliquées que la nôtre. A noter qu'en l'occurrence on ne peut produire que des femelles. Mais les chercheurs écossais ne doutent pas de la possibilité de reproduire des mâles, à partir d'une cellule de mâle adulte. Auquel cas on ne pourrait malgré tout pas se passer des femelles puisque des ovocytes et des utérus sont nécessaires. Il est vraisemblable que l'étape d'implantation transitoire dans un oviducte (en bas à gauche) pourra être supprimée, car la technique de culture des embryons in vitro progresse vite. Pour le clonage de cellules de foetus, la technique est la même. La culture de cellules somatiques rend théoriquement possible l'obtention de milliers de clones, voire davantage.

Comment ça va Dolly ?

... nitivement paralysés, morts en quelque sorte, et qu'il serait possible de les reprogrammer, a occupé l'esprit d'un certain nombre de biologistes pendant une trentaine d'années, du début des années 1950 au début des années 1980. Pour ensuite, apparemment, être rayé de la carte des possibles.

Ceux qui ont expérimenté avec succès sur des batraciens dans les années 1950 avaient bien cette idée en tête. Ils ont mené de multiples expériences, en

Solter, du Wistar Institute de Philadelphie, qui avaient pourtant mis au point une technique de clonage apparemment plus performante, écrivaient dans *Science* que l'expérience d'Illmensee n'était pas répétable et concluaient que « le clonage des mammifères par simple transfert nucléaire est biologiquement impossible »<sup>(10)</sup>. Illmensee fut accusé d'avoir fraudé et, face aux difficultés rencontrées chez la souris, la plupart des chercheurs qui avaient investi dans le clonage des mam-

tat, que Wilmut entreprit de confirmer. En 1989, il obtint un bébé mouton avec des cellules de la masse cellulaire interne de blastocyste<sup>(11)</sup>. En 1991, Keith Campbell rejoint Wilmut au Roslin Institute. C'est lui qui aura l'idée d'expérimenter avec des cellules quiescentes, au stade G<sub>0</sub>. Là aussi un certain hasard a joué son rôle, et doublement. Wilmut l'a raconté au *New York Times*. En 1993, l'équipe de Neal First (Wisconsin) produit quatre veaux à partir de cellules de blastocyste, déjà différenciées<sup>(12)</sup>. Comment ont-ils fait ? Campbell apprend par une indiscretion qu'un technicien du laboratoire avait oublié d'alimenter en sérum les cellules en culture... Lui et Wilmut décident aussitôt d'appliquer la recette. Le résultat ne se fait pas attendre : en 1995, ils font naître des moutons à partir de cellules différenciées de blastocyste. Ils se sont même offert le luxe de les passer treize fois en culture\*<sup>(13)</sup>. A ce stade, les cellules n'ont plus grand chose à voir avec les cellules initiales, leur morphologie s'est beaucoup différenciée. « C'est le résultat essentiel » dit Yvan Heyman. L'un des agneaux nés à la suite de cette expé-



Les deux chercheurs du Roslin Institute qui ont conçu l'expérience Dolly : Ian Wilmut (en bas) et Keith Campbell (à gauche). Ian Wilmut montre la photo de Morag et Megan, les deux brebis nées en 1995 de la première application de la technique d'arrêt du cycle cellulaire. (Clichés PPCM et Waldie/Reuters)

**\*PASSER EN CULTURE**

Lorsqu'on fait une culture de cellules, celles-ci se multiplient, jusqu'à recouvrir toute la surface de la boîte de culture (confluence). On les détache alors du support pour les mettre en suspension. La suspension cellulaire est ensuite « repiquée », répartie dans d'autres boîtes de culture avec un milieu neuf pour permettre à nouveau la multiplication jusqu'à confluence. C'est ce qu'on appelle un « passage ».

prenant des cellules d'embryons de plus en plus développés, et même des cellules d'animaux adultes, pour essayer de produire ainsi des animaux viables. Et ils y sont parvenus — mais seulement jusqu'à un certain point. Des cellules prises sur des têtards et dans l'intestin de grenouilles adultes, placées dans des ovocytes énucléés, ont produit des têtards. Mais jamais, contrairement à ce qu'on a pu croire à un moment, de grenouilles adultes<sup>(8)</sup>.

**Dans *Science*, en 1984, deux biologistes concluaient que « le clonage des mammifères par transfert nucléaire est impossible »**

Au début des années 1980, la communauté scientifique s'était laissé abuser par deux chercheurs de renom, Karl Illmensee à Genève et Peter Hoppe à Bar Harbor (Maine). Dans un article publié dans la célèbre revue *Cell*, ils disaient avoir réussi à cloner des embryons de souris à partir de cellules déjà différenciées d'embryons au stade blastocyste<sup>(9)</sup>. Mais trois ans plus tard, James Grath et Davor



mifères, y compris Grath et Solter, ont abandonné leurs recherches.

Le flambeau fut repris discrètement par une poignée de biologistes impliqués dans l'industrie de l'élevage et les biotechnologies. Ian Wilmut apprit ainsi en 1986, par une indiscretion, que le Danois Willamsden, passé chez Grenada Genetics, au Texas, était aussi parvenu, en 1984, à faire naître un mouton à partir de cellules de blastocyste, déjà différenciées. Willamsden n'avait pas publié ce résul-

tenance est aujourd'hui une brebis gestante.

Dolly elle-même est sans doute en partie le produit du hasard. Un hasard certes provoqué. Mais 277 embryons formés à partir de cellules de glande mammaire n'ont donné qu'un agneau viable. Ce n'est pas beaucoup. L'expérience devra être répétée par d'autres laboratoires. Mais la plupart des chercheurs pensent aujourd'hui qu'elle le sera effectivement. Les médias n'ont pas suffisamment souligné un autre résultat de

... l'équipe écossaise : l'obtention d'agneaux à partir de cellules d'un fœtus de 26 jours. Ce résultat à lui seul aurait pu faire sensation. Car à ce stade, un fœtus ovin est déjà un animal complètement différencié, avec la tête et les membres, le système nerveux et tous les organes. Il est maintenant certain qu'un gros mammifère peut être reproduit avec des cellules normales du corps (dites somatiques), sans autre emprunt à une cellule sexuelle que le cytoplasme d'un ovocyte. Quoiqu'en disent certains, c'est tout de même assez nouveau !

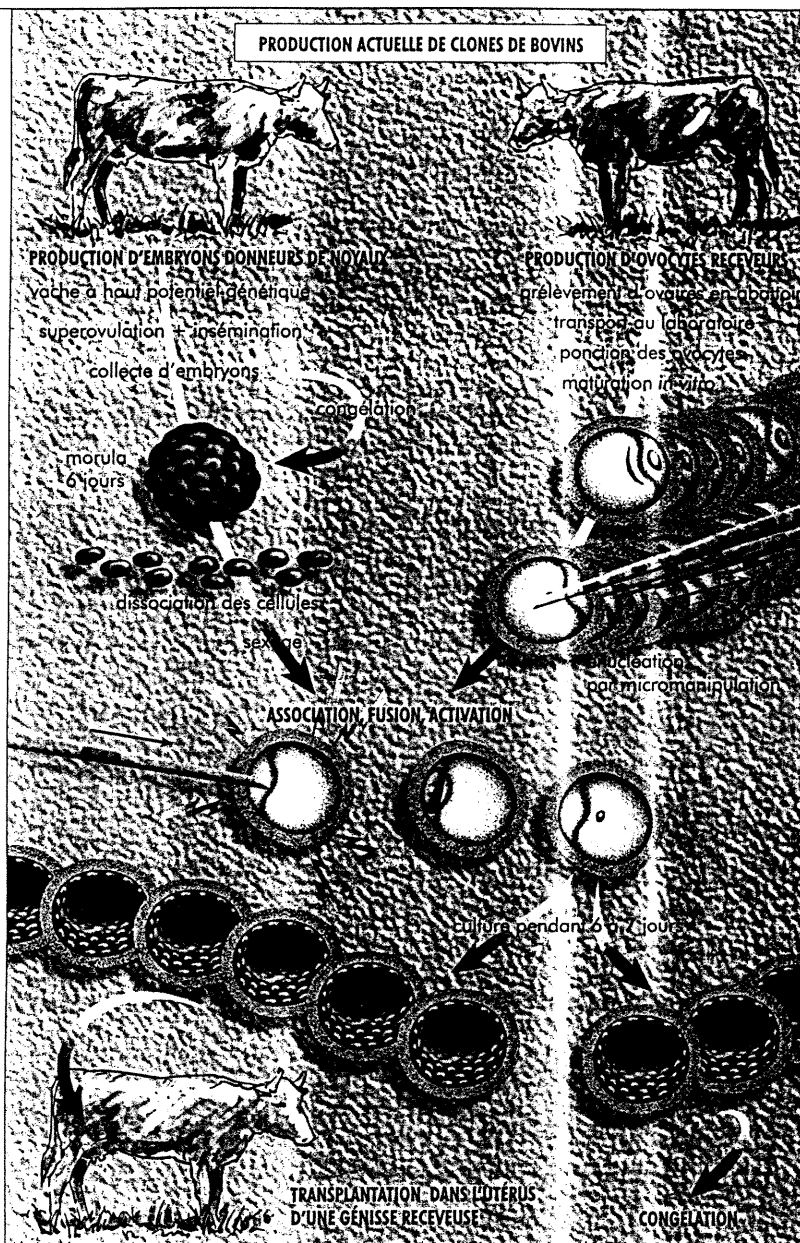
### 3 Quel intérêt pour les éleveurs?

#### Clonage à rendement accru.

Le Roslin Institute est un organisme de recherche appliquée, dont la vocation est de chercher à améliorer la productivité et la qualité des animaux d'élevage. Son statut hybride est difficilement concevable en France : ses chercheurs sont payés par l'Etat britannique, mais la gestion est confiée à une entreprise privée, PPL Therapeutics PLC, qui contribue aussi au financement. PPL a une filiale aux Etats-Unis. Le travail de Wilmut et Campbell s'inscrit pleinement dans le cadre de la concurrence impitoyable que se livrent aujourd'hui les firmes de biotechnologie. A preuve, Wilmut et Campbell ont attendu le terme de la procédure de dépôt de brevet avant de publier l'article décrivant leur expérience.

Ces recherches sur le clonage ont donc d'abord un objectif économique. Lequel comporte deux volets bien différents : l'amélioration du cheptel, mais aussi l'exploitation des animaux pour la production de protéines d'intérêt médical (« *gene farming* »). Voyons d'abord ce que le clonage pourrait apporter à l'amélioration du cheptel.

Autant le dire tout de suite : sur ce point comme sur tous ceux qui vont être abordés dans la suite du présent article, les avis sont partagés. L'annonce de la naissance de Dolly a été suivie de déclarations fracassantes dans un sens ou dans l'autre. Guy Paillotin, président de l'INRA, a par exemple dit à l'agence Reuter que « *cette expérience n'est pas pertinente sur le plan économique* ». Même son de cloche de la part de Jean-Louis Guénet, généticien de la souris à l'Institut Pasteur. « *Je ne suis pas sûr du tout que cette approche s'avère plus rentable que les méthodes déjà utilisées, en particulier dans le cadre de l'amélioration des performances zootechniques des espèces*



animales ». Ce ne serait pas la première fois qu'une percée en biotechnologie ne crée pas un nouveau courant d'affaires. Ni même qu'une découverte scientifique se dégonfle comme un ballon. A preuve l'affaire Illmensee. Les chercheurs écossais se bercent-ils d'illusions ?

Pour tenter d'y voir clair, il faut réfléchir aux diverses options ouvertes aux éleveurs. Car il y a clonage et clonage.

Pour commencer, on y a déjà fait allusion, les chercheurs en reproduction animale n'ont pas attendu les travaux de l'équipe écossaise pour cloner.

Une première méthode, expérimentée dès le début des années 1980, consiste à cloner par exemple des veaux en coupant en deux un embryon au stade morula ou blastocyste et en transplantant chaque demi-embryon dans une vache<sup>(14)</sup>. En dépit des possibilités ouvertes par la fécondation *in vitro*, l'intérêt est cepen-

Figure 2. Plus de 2000 veaux sont nés dans le monde grâce à cette technique de clonage, dont la méthode écossaise est dérivée. Une équipe australienne a annoncé récemment avoir transféré 470 embryons à partir d'un seul embryon.

dant limité, souligne Yvan Heyman, de l'INRA, car on n'obtient que deux individus, pas davantage.

Une seconde méthode, plus productive et déjà pratiquée chez les bovins est en fait très proche de la méthode écossaise — à ceci près qu'elle est seulement praticable avec des cellules non différenciées. On recueille en grand nombre des ovocytes dans les ovaires mis de côté dans des abattoirs (fig. 2). Les ovocytes sont maturés *in vitro* jusqu'au stade métaphase II, énucléés, préactivés, et fusionnés en série avec des cellules d'embryons au stade

(8) J. Gurdon, *J. Cell. sci. Suppl.*, 4, 287, 1986.  
(9) *Cell*, 23, 9, 1981.  
(10) J. Grath et D. Solter, *Science*, 226, 1319, 1984.  
(11) C. Smith et I. Wilmut, *Biol. Reprod.*, 40, 1027, 1989.  
(12) *P.N.A.S.*, 91, 6143-6147, 1994.  
(13) Campbell et al., *Nature*, 380, 64, 1996.  
(14) J.P. Ozil, Y. Heyman, J.P. Renard, *The Vet. rec.*, 110, 1982.

Comment ça va Dolly ?

... morula. Ces embryons sont bien sûr prélevés chez une vache d'élite inséminée avec le sperme d'un taureau d'élite. On enlève l'enveloppe pellucide de la morula, la grappe est incubée *in vitro* sans calcium pour déstabiliser les jonctions cellulaires, et il devient possible de séparer les blastomères. Chaque blastomère contient un noyau pouvant donner un nouvel embryon. Tous les blastomères étant identiques, ce sont des clones (une vingtaine dans le meilleur des cas). Dans le lot on en prélève un pour identifier le sexe. Puis on fusionne avec un ovocyte, comme pour Dolly. Une même stimulation électrique de courant continu suffit à la fois pour fusionner et pour activer. Pendant plusieurs années on a transplanté les embryons reconstitués dans les oviductes d'une porteuse intermédiaire comme pour Dolly. Aujourd'hui on arrive à cultiver les embryons *in vitro* jusqu'au moment où ils atteignent le stade blastocyste et sont transplantables dans l'utérus. Certains peuvent être congelés pour servir à leur tour de

En principe, la méthode écossaise devrait permettre d'accroître la productivité du clonage. Les cellules arrêtées au stade G<sub>0</sub> peuvent en effet être cultivées, donc multipliées. Un seul blastocyste pourra donner des milliers de clones, assurent les chercheurs du Roslin Institute. Avec des cellules fœtales, la multiplication des clones peut tendre vers l'infini. Dès l'annonce de ses résultats de 1995, l'Institut Roslin listait les avantages espérés : pour un fermier, avoir des petits groupes de moutons identiques de haute performance, qui croîtront au même rythme ; pour l'industriel, fabriquer des produits plus homogènes ; pour le consommateur, acheter des produits de qualité garantie... Comme le dit encore Wilmut dans un communiqué diffusé récemment par son institut : « Pour sélectionner des troupeaux d'élite, un clonage limité permettra d'accélérer le processus, portant la production de viande ou de lait de

l'ovin ou du bovin moyen au niveau des meilleurs ».

Rien qu'aux Etats-Unis, le marché du lait représente 20 milliards de dollars par an. Une petite amélioration du rendement vaut beaucoup d'argent. On pourrait accélérer

aussi le cycle de sélection

par l'amont, en clonant des embryons femelles issus de génisses particulièrement douées pour la superovulation, et des embryons mâles issus d'excellents taureaux d'insémination artificielle.

Déjà les chercheurs écossais annoncent la naissance d'un clone de vache adulte pour cette année, dans un troupeau que PPL entretient à Blacksburg, en Virginie, dans sa filiale américaine. Et font savoir qu'ils s'attellent à la reproduction porcine. Bien entendu, ils font des émules. L'INRA se lance dans la fabrication *in vitro* de blastocystes de bovin à partir de fibroblastes\*. Neal First, le pionnier du clonage bovin, a annoncé qu'il allait tester la méthode écossaise et cloner des veaux à partir de tissu fœtal. Une équipe néo-zélandaise serait aussi en train de reproduire l'expérience. S'il se confirme que l'on peut même cloner avec des cellules somatiques — ce dont apparemment les chercheurs écossais ne doutent pas une seconde — il deviendra possible

de reproduire directement un mâle d'élite ou une femelle d'élite. « Si vous clonez un animal d'élite, il suffit d'attendre une génération pour avoir un petit troupeau », dit Alan Colman, directeur des recherches de PPL. Les clones ainsi produits seront très proches de l'adulte sur lequel on aura prélevé des cellules. Pas totalement identiques, en raison de l'inévitable différence d'environnement, en raison aussi du rôle, mal connu, joué par le cytoplasme de l'ovocyte receveur au moment de la fusion.

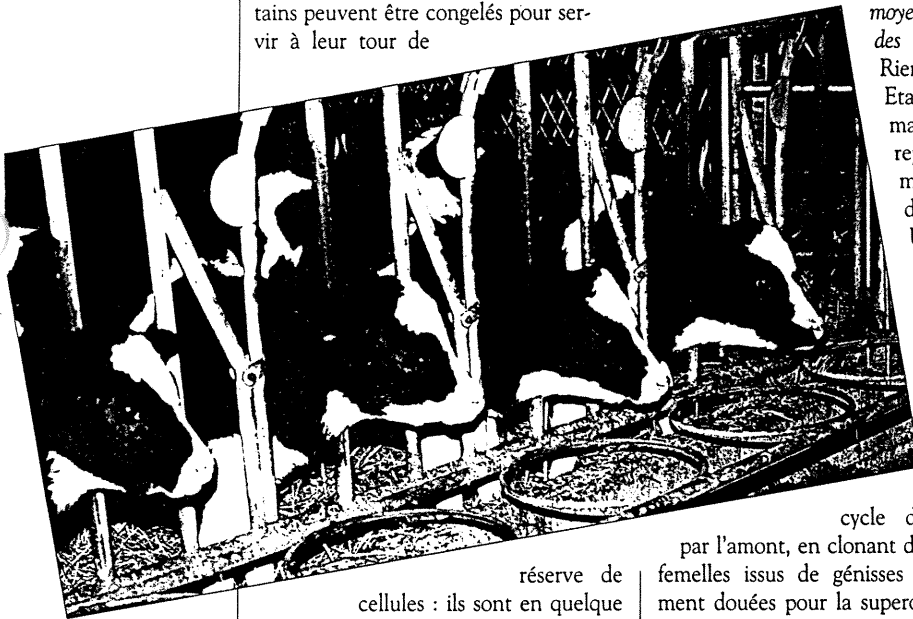
**Comme le souligne Wilmut, il a fallu récolter mille ovocytes pour obtenir Dolly. On est loin de la rentabilité**

Mais tout de même presque identiques, beaucoup plus proches en tout cas que par la voie normale de la reproduction sexuée, qui introduit de la diversité génétique. On élimine l'effet des chromosomes du géniteur de l'autre sexe, et l'effet des remaniements qui se produisent au moment de la fusion des gamètes. Ni le(la) partenaire, ni les *grands-parents* n'ont à être pris en compte !

Restons prudents. Même pour les clones tirés de blastocystes ou de fœtus, le chemin est long entre une expérimentation réussie et l'exploitation économique. Comme l'a souligné Wilmut devant une commission du Parlement britannique, il a fallu récolter plus de mille ovocytes pour obtenir Dolly. On est loin de la rentabilité.

Les risques souvent évoqués de réduction de la diversité génétique et d'une susceptibilité accrue aux épidémies de troupeaux de clones paraissent pouvoir être évités si on limite la taille des populations. Selon les calculs de Jean-Jacques Colleau, de l'INRA, effectués avant les travaux écossais, une politique raisonnable de gestion des clones ne doit pas faire augmenter le taux de consanguinité\* d'une population donnée de plus de 0,30% sur une période de cent ans<sup>(16)</sup>. A l'inverse, les races à faibles effectifs seront plus aisément entretenues. Grahame Bulfield, directeur du Roslin Institute, affirme que le clonage du bétail pourra préserver la biodiversité, les clones étant congelés et stockés.

La constitution de populations indemnes d'agents infectieux pourra être accélérée. On vient d'apprendre que des cochons servant aux xénogreffes sont atteints par un rétrovirus capable d'infecter les cellules humaines<sup>(17)</sup> ; le clonage et l'analyse des cellules en culture avant fusion permettraient de sélectionner des animaux non contaminés. D'une manière



Nés cet hiver dans un laboratoire de l'INRA, ces quatre veaux sont doublement clones. Les deux premiers sont nés par la méthode décrite dans le schéma de la page précédente. Les deux autres sont originaires de cellules recyclées d'un des embryons jumeaux de la série dont les deux premiers sont issus. Il s'agit donc d'un clonage de seconde génération. (Cliché IDR)

réserve de cellules : ils sont en quelque sorte recyclés<sup>(15)</sup>.

Cette technique connaît cependant de sérieuses limites. Selon les cas, on obtient entre 0 et 18 ou 19 embryons identiques, en moyenne plutôt 5 ou 6. Ensuite, 30% seulement de ces embryons se développent *in vitro* jusqu'au stade blastocyste. Ce taux tombe à 7% quand l'embryon a été congelé. Enfin un tiers seulement des blastocystes implantés aboutissent à la naissance d'un veau. Par rapport au nombre d'embryons reconstitués, le taux de naissance est proche de 10%. Quelques dizaines de veaux sont nés en France de cette manière. Encore ne sont-ils pas tous en bonne santé. Environ 5% sont anormalement gros à la naissance, et fragiles. Malgré la possibilité de « recycler » une partie des blastocystes produits (en les congelant ou non), le rendement est donc faible.

**\*FIBROBLASTES**

Type cellulaire courant du tissu conjonctif.

Les fibroblastes sécrètent les collagènes de la matrice extra-cellulaire et d'autres glycoprotéines. Ils prolifèrent bien en culture.

**\*CONSANGUINITÉ**

Une lignée consanguine est une lignée issue de croisements successifs entre collatéraux.

Dans une telle lignée, les informations génétiques transmises par le père et la mère sont presque entièrement identiques. Le taux de consanguinité d'une population se calcule selon une formule compliquée.

**\*RECOMBINAISON HOMOLOGUE**

Echange de brins d'ADN entre deux molécules dites homologues, c'est à dire dont les séquences sont très proches. La recombinaison homologue est un phénomène naturel qui se produit au cours de la méiose, lors de la formation des cellules sexuelles des organismes diploïdes (ayant deux jeux de chromosomes). On peut la réaliser dans des cellules en culture, en utilisant un vecteur contenant une séquence homologue du gène à remplacer ou à modifier. Dans ce cas, la fréquence de recombinaison homologue est faible (de 1/1000 à 1/100 000, selon la taille du gène inséré et le type de vecteur). D'où l'importance d'une bonne méthode de sélection des cellules modifiées.

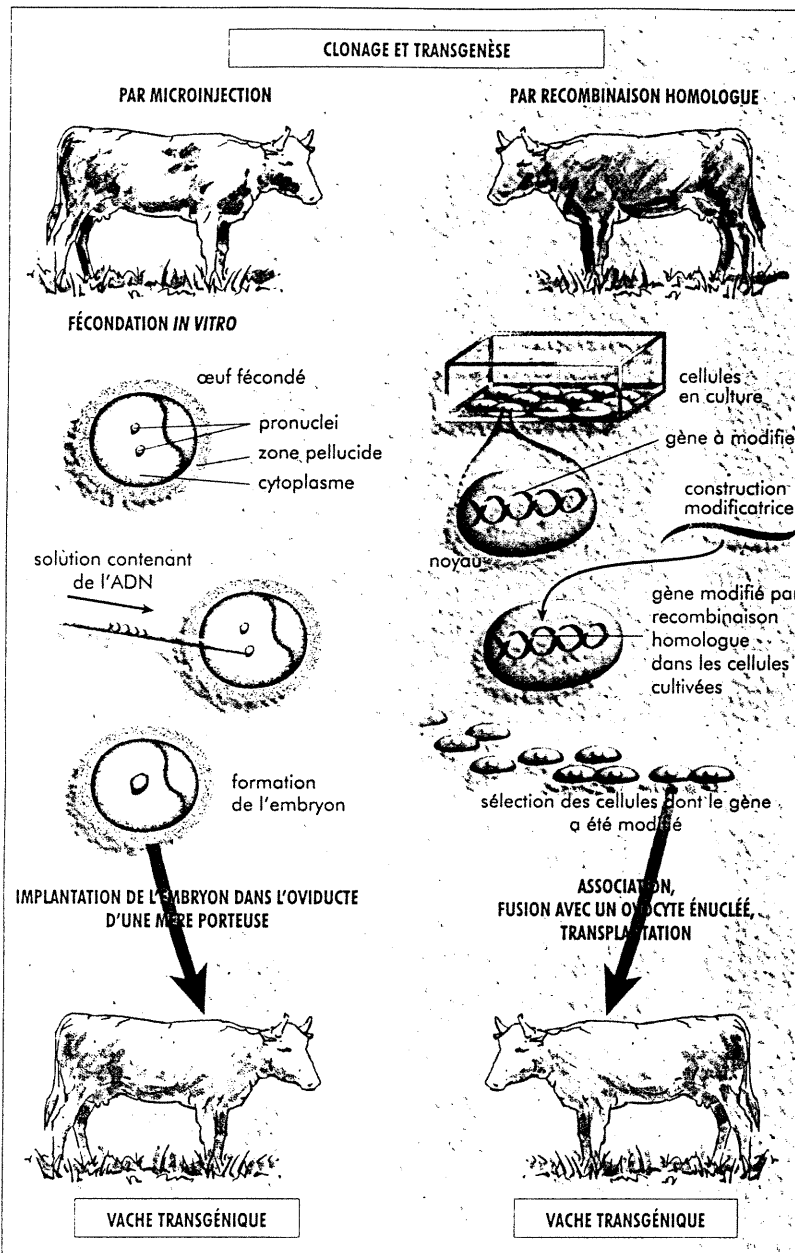


Figure 3. La méthode écossaise permet d'étendre aux gros mammifères la transgénèse par recombinaison homologue\*, pratiquée chez la souris. Cette technique (à droite) permet d'insérer un gène dans l'ADN avec une totale précision. La microinjection, utilisée par les sociétés qui font des animaux transgéniques, est plus aléatoire.

... plus générale, dit Jean-Paul Renard, « on pourra reproduire des animaux qui résistent bien à la maladie, qui s'adaptent aux conditions difficiles (sols rares) ou encore qui vivent longtemps<sup>(18)</sup> ».

Le clonage présenterait enfin, pour les chercheurs, l'intérêt non négligeable de diminuer le nombre d'animaux d'expérience nécessaires. Qu'il s'agisse d'analyser le comportement alimentaire, de comprendre l'origine d'une maladie, de tester des produits vétérinaires. Une petite population de clones garantit un animal de contrôle absolument identique

impraticable, faute de cellules souches cultivables. Cela ouvre des perspectives significatives, peut-être considérables. Dean Engelhardt est vice-président d'Enzo Biochem Inc., une société de Long Island qui fabrique notamment des souris dont le génome a été manipulé afin de les rendre résistantes au virus de l'hépatite. « Il est clair que s'il devient concevable par ce moyen de produire des moutons qui résistent aux virus affectant couramment cette espèce, nous allons nous y atteler », dit-il. Wilmot met cependant en garde contre un optimisme excessif : « il est improbable que cette nouvelle technologie puisse être utilisée dans un proche avenir ».

Réserveons l'analyse des avantages du clonage pour la transgénèse au secteur médico-pharmaceutique, qui paraît plus immédiatement concerné.

## 4 Quel intérêt pour la pharmacie et la médecine ?

### Clonage transgénique.

La firme PPL Therapeutics, qui gère le Roslin Institute, ne porte pas son nom par hasard. Sa principale raison d'être est la production, dans le lait d'animaux transgéniques, de protéines d'intérêt médical. La technique qu'elle emploie jusqu'ici est celle utilisée par tous ceux qui se livrent aujourd'hui à cette activité : la microinjection. Elle consiste à insérer le gène intéressant dans un œuf fécondé (fig. 3). Introduit juste après la fécondation *in vitro* dans le noyau issu du mâle, le gène est lié à un morceau d'ADN, le promoteur, qui le rend actif seulement dans tel ou tel organe ou tissu du futur animal transgénique. C'est ainsi qu'on peut le faire s'exprimer seulement dans le lait.

Le produit phare de PPL est un médicament candidat au traitement de la mucoviscidose, l'alpha-1 antitrypsine (AAT). Les tests de toxicologie, sur des volontaires, ont commencé en décembre 1996. Les premiers essais cliniques sur des malades pourraient débuter prochainement. PPL produit aussi des protéines comme le facteur IX (facteur de coagulation pour les hémophiles), ou encore pour le traitement de l'emphysème pulmonaire.

Aux Etats-Unis, le grand rival de PPL, Genzyme Transgenics de Framingham (Massachusetts), élève un troupeau de chèvres transgéniques. Celles-ci produisent dans leur lait un anticoagulant, l'antithrombine III, qui fait actuellement

aux autres : fiabilité et répétabilité garanties. Selon Yvan Heyman, de l'INRA, cela permettrait de diviser par cinq le nombre d'animaux d'expérience.

### Clonage transgénique.

En Australie, des porcs transgéniques surproduisent de l'hormone de croissance porcine — destinée à accélérer la croissance d'autres porcs. L'expérience écossaise, si elle se confirme, permet désormais d'envisager de cloner des animaux transgéniques, contribuant ainsi à accroître encore l'efficacité de la production.

Reportons-nous au schéma p. 53 représentant la fabrication de Dolly. Au moment où les cellules donneuses sont cultivées, avant leur fusion avec l'ovocyte énucléé, il sera possible de les manipuler génétiquement. On sait le faire sur la souris, on saura désormais le faire sur de gros mammifères. C'était jusqu'à présent jugé

(15) Y. Heyman *et al.*, *Le Point vétérinaire*, n° spécial - Reproduction des ruminants -, 1996.

(16) *Genet. Sel. Evol.*, 24, 345, 1992.

(17) *Nature medicine*, 3, 282, 1997.

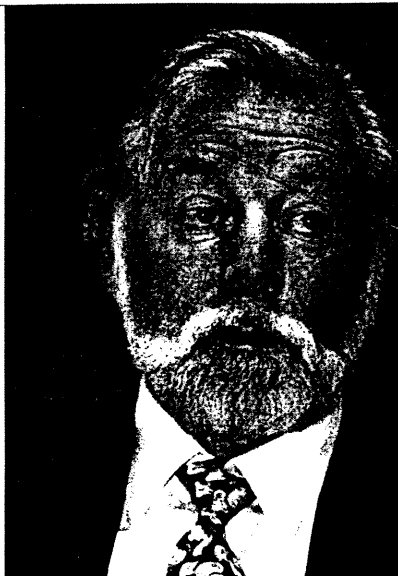
(18) *Impact Medec.*, 28 février 1997.

Comment ça va Dolly ?

... l'objet d'essais cliniques de phase II, et sera donc peut-être bientôt la première protéine pharmaceutique d'origine transgénique à être mise sur le marché. Elle concurrencera l'antithrombine III actuellement commercialisée, extraite du plasma sanguin. Un marché annuel mondial de 200 millions de dollars. Genzyme vient d'annoncer la production par d'autres chèvres transgéniques d'un anticorps monoclonal destiné à lutter contre



Les industriels derrière les chercheurs : à gauche Alan Coleman, directeur des recherches de PPL Therapeutics, à droite, ci-dessus, Ron James, le patron de la firme. (Clichés PPCM)



parce que la technique de la microinjection reste essentiellement aléatoire. Chez les gros mammifères, les méthodes actuelles de transfert de gènes sont très primitives, souligne l'Institut Roslin. Elles sont seulement capables d'ajouter un gène (pas d'en supprimer un) et elles le font sans précision. Tracy Williams dit que sur cent embryons microinjectés, on peut typiquement en obtenir cinq qui acceptent les nouvelles instructions génétiques et un seul qui les a au bon endroit de son ADN et fonctionne cor-

Or la méthode brevetée par le Roslin Institute et PPL permet d'envisager, au moins en principe, deux évolutions simultanées : le clonage d'animaux transgéniques bons producteurs et la manipulation non aléatoire du génome d'embryons, par recombinaison homologue\* (fig. 3). Déjà PPL a annoncé la naissance prochaine d'agneaux clonés transgéniques, qui seront capables, adultes, de fabriquer dans leur lait le facteur IX humain (pour le traitement de l'hémophilie). C'est sans grand intérêt commercial mais le test sera probant. « Au lieu d'obtenir juste une femelle à la fois, dit Ron James, PDG de PPL, nous pourrions en produire une demi-douzaine, pour nous assurer une quantité suffisante de protéines pour les essais cliniques ». Actuellement les animaux transgéniques ne produisent encore que de faibles quantités des protéines recherchées.

Le Roslin Institute exprime ainsi son ambition : « En les cultivant, il est possible d'accroître le nombre de cellules donneuses de plusieurs ordres de grandeur. Possible aussi d'introduire des changements très précis dans leur ADN, d'introduire une modification à l'intérieur d'un gène ou d'ajouter des gènes de manière précise, de sélectionner les cellules où l'on aura obtenu la modification désirée, de les multiplier, puis de réaliser la fusion et la transplantation » (fig. 3).

Jusqu'à présent, chez les mammifères,

certaines cancers. « Pour certains médicaments compliqués, dit Tracy Williams, de Virginia Tech University, les fabriquer dans un animal peut être moins cher et plus efficace qu'avec les procédés classiques comme la culture de tissus. La molécule peut être facilement extraite du lait et purifiée. La culture des tissus n'est pas assez productive, comparée aux glandes mammaires qui peuvent en principe fournir d'énormes quantités. Cela revient à utiliser l'animal comme un gros bioréacteur. » Les produits issus du lait de vache ou de chèvre sont aussi, en principe, particulièrement sûrs. Ils éliminent par exemple le risque de contamination virale des produits dérivés du sang humain. Ils ont enfin de bonnes chances d'être plus proches des protéines humaines que des produits fabriqués par des animaux (bactéries...) plus lointains de notre espèce. Le marché des protéines thérapeutiques, produites pour l'essentiel aujourd'hui par fermentation ou culture de tissus, est estimé à 7,6 milliards de dollars par an. Selon une analyse récente, il pourrait passer à 18,5 milliards en l'an 2000.

Pour prometteuses qu'elles paraissent, les protéines recombinantes n'ont cependant pas encore vraiment suscité l'intérêt des investisseurs — ni des grandes firmes pharmaceutiques. Pourquoi ? En partie



rectement. Les pourcentages évoqués par d'autres chercheurs sont souvent inférieurs. Parfois les gènes transférés interagissent avec d'autres et en perturbent le fonctionnement. On voit apparaître du coup une faible proportion de malformations. La protéine créée peut altérer la santé de l'animal<sup>(1)</sup>. D'une génération à l'autre on ne retrouve pas toujours le transgène.

le ciblage génique par recombinaison homologue n'était possible que chez la souris. Les chercheurs manipulent des cellules souches embryonnaires (cellules ES)\*, qui ont la faculté de se multiplier sans se différencier : ils y insèrent des gènes qui suppriment l'expression de certains gènes (knock out) ou s'expriment eux-mêmes. Jusqu'à présent, malgré des recherches intensives, les scientifiques n'étaient pas

La Recherche a publié :  
(1) Louis-Marie Houdebine, « Le biologiste et l'animal transgénique », novembre 1994, p. 1133.

\*CELLULES SOUCHES EMBRYONNAIRES OU CELLULES ES (pour embryonic stem cells). Ce sont des cellules provenant de la masse cellulaire interne d'un blastocyste ou d'un embryon. Elles conservent en culture leur capacité à proliférer et à coloniser les tissus d'un embryon, y compris sa lignée germinale. A l'heure actuelle, on n'a établi de lignées ES que chez la souris.



...

parvenus à cultiver des cellules d'animaux d'élevage pouvant donner lieu à ce genre de manipulation. Voilà qui semble fait. Il reste bien entendu de nombreuses questions sans réponse. Quelle sera l'efficacité réelle du ciblage de gène sur les diverses catégories de cellules en culture ? Quelle sera l'efficacité sur les cellules somatiques pouvant servir de noyaux embryonnaires ? Le génome des gros mammifères est encore mal connu ; or pour pouvoir bien cibler, il faut disposer de séquences cibles parfaitement adaptées au gène inséré. Pendant combien de temps l'ADN de ces cellules en culture pourra-t-il conserver son intégrité, de manière à ne pas créer d'embryons anormaux ?

**« Notre but principal n'est pas de faire des clones mais de produire des changements génétiques précis dans les cellules »**

« La question est : peut-on transférer une cellule qui été génétiquement modifiée ? », dit Leonard Bell, PDG d'Alexion Pharmaceuticals, société de New-Haven qui met au point des cochons transgéniques pour servir de donneurs d'organes. Il en doute. Mais l'équipe de Wilmut se montre confiante. Outre l'amélioration des différents programmes de transgénèse en cours, elle entrevoit la possibilité, par exemple, de produire du lait comportant moins de graisses saturées. Témoignant devant une commission du Congrès, Caird Rexroad, du Département américain de l'Agriculture, qui finance des expériences de transgénèse dans ce but précis, a exprimé son intérêt pour le clonage. Alan Colman, de PPL, espère encore que ses vaches de Virginie fourniront, grâce au ciblage génique, du lait moins allergénique. Bien que Leonard Bell soit sceptique, la méthode écossaise serait aussi en principe applicable aux porcs transgéniques, destinés à alimenter le marché des greffes de tissus et d'organes. Le marché mondial des organes à lui seul est estimé à 6 milliards de dollars. Quatre petites sociétés se sont lancées dans la production de porcs transgéniques, par la méthode de microinjection. Leonard Bell constate lui aussi que la méthode ne marche qu'une fois sur cent. Sa société vient de déposer un brevet qui assure 10 à 30% d'efficacité. Mais Bell, également professeur adjoint à Yale, dit que l'approche écossaise a potentiellement une efficacité de 100%.

« Notre but principal n'est pas de faire des clones mais de produire des changements génétiques précis dans les cellules » dit Wilmut. Viren Mehta, consultant spécia-

lisé à New York, estime que la découverte écossaise « conduira au total à la création d'un segment de marché représentant plusieurs milliards de dollars ». A l'INRA, Yvan Heyman et Louis-Marie Houdebine expriment un point de vue plus mesuré : « Sur le plan économique, ce sera un bon plus, pas une révolution ».

### Modèles animaux

Le clonage d'embryons d'ovins rend possible la création de modèles animaux pour l'étude de certaines maladies humaines. Ian Wilmut y pense explicitement pour la mucoviscidose et l'emphyseme pulmonaire. « Peut-être pourrions-nous faire avancer la thérapie génique » dit-il aussi.

## 5 Quel intérêt pour la science ?

Sur ce point aussi les opinions divergent. Pour Jean-Louis Guénet, de l'unité de génétique des mammifères à l'Institut Pasteur, « Si elle est confirmée et généralisée, je pense que cette expérience constitue une observation intéressante. Celle-ci ne justifie pas, à mon avis, le tohu-bohu médiatique qu'elle a suscité ». François Jacob, prix Nobel de biologie 1965, et qui a consacré une partie de son activité



**Ovocyte primaire humain, avant sa maturation.** A ce stade, la méiose n'a pas encore repris. L'ovocyte a encore son noyau (rouge). Le cytoplasme (rose) contient de nombreuses mitochondries (vertes). Il est entouré par la zone pellucide (bleue et jaune), sécrétée par les cellules de la granulosa (rondes, au centre bleu, à droite). Ces dernières sont séparées du tissu ovarien environnant (bleu et vert, tout à fait à droite), par une très fine lame basale (bleue). (Cliché Cosmos)

Va-t-on également cloner des primates dans le même but ? C'est l'objectif affiché par les chercheurs de l'Oregon Primate Research Center, qui ont annoncé début mars la naissance de singes rhésus par transfert de cellules embryonnaires dans des ovocytes énucléés. La technique n'est pas celle des chercheurs écossais, mais celle déjà pratiquée chez les bovins. A ceci près que les embryons, obtenus par fécondation *in vitro*, ont été cultivés pendant trois jours jusqu'au stade huit cellules — qui ont ensuite été séparées<sup>(19)</sup>. « Nos chercheurs espèrent produire un groupe de singes clonés qui pourront être utilisés pour tester des médicaments » a dit Susan Smith, la directrice du centre. Selon Don Wolf, qui a conduit les recherches, « des singes génétiquement identiques pourraient révolutionner l'utilisation de primates non humains dans la recherche biomédicale ». Ce faisant, les biologistes se heurteront sans doute aux militants du droit des animaux. Le Roslin Institute a déjà fait l'objet d'un raid dans le passé.

récente à étudier les huit premières cellules de l'embryon, a déclaré au *Figaro* : « On va disposer d'un outil étonnant, irremplaçable pour l'embryologie ». Le généticien Axel Kahn a déclaré au *Monde* : « On a réussi à réveiller des gènes dont on ignorait qu'ils fussent réveillables. Il s'agit selon moi d'un travail d'une importance fondamentale considérable ».

Prenons l'hypothèse la plus intéressante : les chercheurs écossais ont raison, leurs expériences seront validées.

Pour préparer la gestion médiatique de l'événement, le Roslin Institute et PPL Therapeutics avaient loué les services d'une agence de relations publiques. Mais quand une journaliste a demandé à Ian Wilmut d'être photographié avec Dolly dans son enclos, Wilmut a refusé : trop c'est trop... (Cliché Mitchell/Reuter)

(19) D. Wolf, « Nuclear transfer in Rhesus monkeys », soumis à *Biology of Reproduction*.

... Qu'est-on raisonnablement en droit d'espérer pour la recherche scientifique ?

Le fait que des cellules différenciées puissent dans certains cas se reprogrammer\* est connu depuis longtemps. C'est le cas de nombreux végétaux, qu'il suffit de bouturer pour qu'ils donnent naissance à une plante entière. Chez l'animal, le phénomène le plus spectaculaire enregistré jusqu'à présent est, on l'a vu, la reconstitution de têtards à partir de cellules épithéliales prélevées dans l'intestin de grenouilles. Chez les mammifères aussi, les chercheurs constatent couramment et étudient divers processus de reprogrammation. Mais ils sont particuliers ou limités. On le voit chez un spermatozoïde qui féconde un ovocyte. Le spermatozoïde est certes une cellule spéciale, ne comportant plus qu'un jeu de chromosomes, mais c'est une cellule d'animal adulte qui se déstructure pour permettre aux chromosomes de refaire le jeu de la vie. Les cellules germinales qui donnent naissance aux spermatozoïdes et aux ovocytes sont d'ailleurs elles-mêmes capables d'une certaine reprogrammation.

**\*REPROGRAMMATION**  
fait référence au programme génétique codé par l'ADN. Il est totalement « muet » chez l'embryon à ses tout premiers stades. Dans les cellules différenciées, déjà spécialisées, seule une partie des gènes s'exprime (de 10 à 30 %, voire 50 %, selon les tissus), les autres sont « muets ». La reprogrammation du génome signifie que ces gènes « muets » se remettent à s'exprimer.

**\*ORGANOGENÈSE**  
Formation des organes au cours du développement embryonnaire.

### L'expérience Dolly ouvre un nouveau champ de recherches sur la transition entre génome maternel et génome embryonnaire

Plusieurs chercheurs les considèrent comme de bonnes candidates pour un clonage par transfert nucléaire<sup>(20)</sup>. On sait aussi que certaines cellules cancéreuses retombent en quelque sorte en enfance : elles synthétisent des protéines fœtales. Replacées dans un embryon de souris, des cellules différenciées de tétocarcinome se mettent à participer à l'élaboration de l'embryon. Plus près de notre sujet, les expériences de transfert nucléaire avec des lapins donnent des animaux viables à partir de noyaux provenant d'embryons au stade 32 cellules (après activation du génome) : cela implique une reprogrammation. En fait, les transferts de noyaux d'embryons de bovins au stade morula impliquent eux aussi une reprogrammation, qui a fait l'objet de recherches : une fois dans l'ovocyte, tous ces noyaux reviennent au stade une cellule, ils se comportent comme s'ils n'avaient jamais commencé à évoluer au sein d'un embryon.

A partir de quand constate-t-on la reprogrammation ? A partir du moment où certains gènes des cellules embryonnaires commencent à s'exprimer. C'est ce qu'on appelle la transition blastulienne. Au tout début, ce sont les instructions issues du génome maternel qui déclenchent la division cellulaire. Puis les gènes

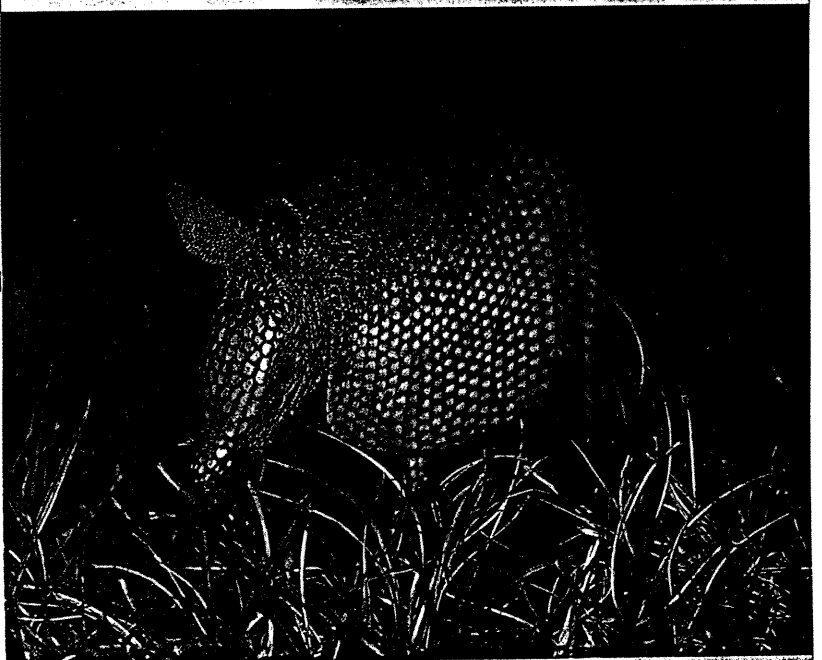
## LA NATURE NE DÉTESTE PAS LES CLONES

Deux êtres vivants ayant le même patrimoine génétique sont des clones. Le mot « clone » désigne indifféremment ces individus ou, éventuellement, la population qu'ils constituent. Mais il y a clone et clone, y compris dans la nature. Diverses espèces de végétaux se reproduisent principalement ou accessoirement par clonage. On parle de multiplication végétative. C'est le cas des fraises des bois, de la pomme de terre ou de l'herbe (qui se reproduit uniquement de cette manière lorsqu'elle est tondue). Les bactéries, les amibes et de multiples animaux simples se reproduisent par simple division cellulaire ce qui n'exclut pas la survenue de mutations au cours des générations. Certains animaux se reproduisent

par parthénogenèse, à partir d'un œuf non fertilisé : autre forme de clonage. Une sorte de parthénogenèse (apomixie) se rencontre aussi chez des végétaux. Ainsi les ronces et certains rosiers se reproduisent le plus souvent à partir des seules cellules femelles.

Il existe même des mammifères pour ne produire que des clones : c'est le cas des diverses espèces de tatous, dont l'œuf se divise pour donner jusqu'à douze clones.

Rappelons enfin que les jumeaux vrais sont des clones. Chez les mammifères, cependant, contrairement aux végétaux et à beaucoup d'animaux simples, les clones ne sont pas la copie d'un adulte. Du moins pas à l'état naturel.



Le tatou pond un œuf qui se divise pour donner naissance à plusieurs clones (quatre à douze). (Cliché Lefevre/Bios)

du nouvel embryon prennent le relais. Le développement est d'abord contrôlé par l'ARN et les protéines qui ont été stockées dans l'ovocyte quand il était encore dans l'ovaire.

Au fil du temps ces molécules sont progressivement dégradées et ce sont les propres gènes de l'embryon qui assurent le développement. Les chercheurs travaillant sur le clonage des bovins savent que les noyaux pris dans les morulas, « totipotents » en ce sens qu'ils sont capables de redonner chacun un embryon viable, ont pourtant franchi cette transition blastulienne et que leurs gènes ont commencé à s'exprimer<sup>(21)</sup>.

Au moment du transfert nucléaire, un double processus se déclenche. D'une part le noyau transféré retrouve en quelque sorte sa jeunesse primordiale, d'autre part le cytoplasme de

l'ovocyte énucléé déclenche la mise en route du développement embryonnaire. Le phénomène est déjà très intrigant lorsqu'il implique des noyaux issus d'un embryon ayant connu quelques divisions cellulaires. Il devient stupéfiant lorsque les noyaux en question proviennent d'un fœtus dont l'organogenèse\* est déjà achevée, a fortiori lorsqu'il s'agit de cellules épithéliales prélevées sur un adulte — dans l'intestin d'une grenouille ou la mamelle d'une brebis.

Les chercheurs écossais ne savent pas exactement, il est vrai, quel type de cellule a donné naissance à Dolly. Il est possible qu'il s'agisse d'une cellule à la fois très jeune et très spécialisée, comme celles des glandes mammaires pendant la gestation. Il est aussi possible qu'il s'agisse d'une sorte de cellule embryonnaire attardée, donc au contraire ayant

(20) A. Moens et al., *Theriogenology*, 46, 871, 1996.  
(21) Y. Heyman, J.-P. Renard, *Animal reproduction Science*, 42, 427, 1996.  
(22) J. Robl, *Science*, 275 (5305), 1415, 1997.  
(23) Am. J. Obstet. Gynecol., 133, 222, 1979.  
(24) F.J. Ayala et J.W. Valentine, *Evolving : the theory and processes of organic evolution*, Benjamin/Cummings, 1979.  
(25) J. Lederberg, *Bulletin of the Atomic Scientist*, 23, 4, 1966.  
(26) J. Fletcher, *The Ethics of Genetic Control : Ending Reproductive Roulette*, Doubleday/Anchor Press, 1974.

Comment ça va Dolly ?

... *fallu pour faire Dolly, on arriverait sans doute à des progrès significatifs en un ou deux ans ».*

Mais attention ! Dolly n'est pas un clone parfait. Le génome de ses mitochondries qui viennent de l'ovocyte énucléé, n'est pas celui de sa « mère » (la brebis donneuse de cellules mammaires). On connaît mal l'influence de ce génome mais on voit bien son importance dans la détermination des premières étapes du développement, parfois dans le déclenchement de certaines maladies. D'autres acteurs du cyto-

Case Western University à Cleveland, qui préside la commission d'éthique désignée par le président Clinton pour étudier le problème. « Nos gènes ne sont que le plan de base. Notre personnalité est le produit total de notre expérience de vie ». Bref, on ne peut envisager de cloner ni Mozart, ni Einstein. Pour illustrer l'impact de l'environnement, Frank Sulloway, psychologue du MIT qui a étudié systématiquement l'influence du rang de naissance sur les hommes de science, dit : « Si Darwin avait été l'aîné de sa famille, il n'aurait pas été un évolutionniste ». Dans son esprit, ce n'est pas une plaisanterie.

Indépendamment de la dimension éthique, cloner à partir de l'ADN d'un adulte présenterait des risques. Même si la nature a prévu d'excellents systèmes moléculaires de réparation, l'ADN en question peut avoir mal vieilli. Témoignant dans un débat à l'Académie des sciences de New York, Jon Gordon, de la Mount Sinai School of Medicine, spécialiste du développement embryonnaire des mammifères, voit surtout un risque de détérioration au cours de la période de culture en laboratoire. L'ADN peut contracter à ce moment-là des défauts qu'on ne saura pas détecter.

« La possibilité la plus révolutionnaire d'agir sur l'espèce humaine qu'on ait jamais connue »

Sur le fond, le débat éthique, qui resurgit périodiquement, a pris évidemment une acuité nouvelle.

« Cette découverte représente la possibilité la plus révolutionnaire d'agir sur l'espèce qu'on ait jamais connue, a déclaré Jacques Testart, le père du premier « bébé-éprouvette » français. Elle rend crédible la possibilité de fabriquer un jour des clones humains. Je crains que des personnes soient tentées de congeler des cadavres. Il suffit de congeler une main pour fabriquer plus tard le clone de la personne décédée ». Sans attendre l'ouverture même du débat, le Parlement norvégien a voté par 88 voix contre 2 une loi interdisant le clonage humain et même celui d'autres organismes hautement développés ». Le Parlement européen appelle les Etats membres à interdire le clonage humain.

Le célèbre écologiste américain Jeremy Rifkin, président de la Foundation of Economic Trends, coordonne au plan mondial une coalition d'organisations religieuses et éthiques réclamant

que le vol, l'abus d'enfants et le meurtre ». Rifkin a déclaré au Washington Post : « Cet événement est crucial pour l'avenir de notre civilisation. Cette technologie nous permet de passer de la reproduction à la réplique. C'est un déni de notre culture et de nos traditions historiques. La possibilité nous est maintenant ouverte de nous diriger vers une culture de contre-façon — et je pèse mes mots ».

Commissaire européen chargée de la recherche, Edith Cresson a affirmé devant le Parlement européen : « Il existe un consensus au sein de la communauté scientifique internationale pour bannir la recherche sur le clonage humain ». C'est un vœu pieux.

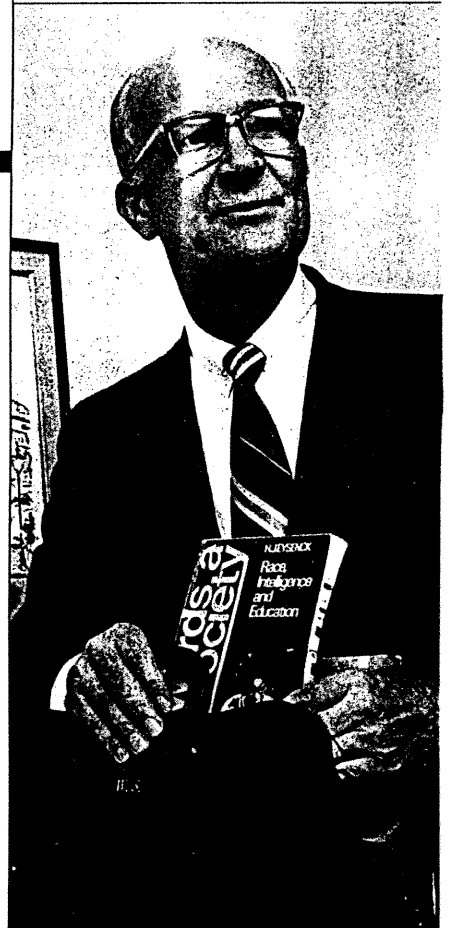
A Cambridge, Robert Edwards, père mondial du premier bébé-éprouvette et rédacteur en chef de la revue *Human Reproduction* a déclaré à *Libération* : « On peut imaginer des clones qui permettraient de disposer de lignées cellulaires pour fabriquer des organes de rechange en cas de maladie ou d'accident ; ce serait une bonne chose d'avoir des cultures de lignées cellu-



Dans son roman de science fiction *Le Meilleur des mondes*, en 1932, Aldous Huxley décrivait une société où l'entreprise ne clonait les individus afin d'assurer une hiérarchie sociale sans faille. (Cliché PPCM)

plasme ovocytaire sont sans doute aussi à prendre en considération. De ce point de vue Dolly et sa « mère » sont bien plus différentes que deux « vrais » jumeaux (homozygotes). D'autre part la différence de génération qui sépare les deux animaux modifie pas mal de choses. La nouvelle venue ne se développe pas dans un environnement identique.

Si même l'on clonait une femme avec ses propres ovocytes, on aurait deux êtres humains différents. Quand le clone d'une femme de 40 ans attein-



Le physicien américain William Shockley, l'un des découvreurs de l'effet transistor, ajouta son nom à la liste non négligeable des prix Nobel qui, au XX<sup>e</sup> siècle, ont préconisé que le progrès scientifique et technique soit mis au service d'une organisation sociale génétiquement hiérarchisée. Il tient dans ses mains un ouvrage du psychologue

...

laire pour refaire un foie ou un cœur ». Toujours en Grande-Bretagne, l'embryologiste Simon Fishel s'est déclaré favorable à l'idée de faire un clone d'un malade pour produire des « cellules souches embryonnaires » pouvant être utilisées pour réparer des tissus endommagés. Il se dit même favorable à la production de « copies d'humains en état de mort cérébrale, comme réserve de greffes d'organes » (28). « Supposons que vous receviez une balle de fusil dans le foie, dit George Seidel, spécialiste de reproduction animale à l'université de Colorado.

ricains se cloneraient volontiers. En écho, le célèbre évolutionniste Richard Dawkins, professeur de « Science understanding » à Oxford (voir son portrait p. 24), écrit qu'il se clonerait avec un vif intérêt : « Cela n'a rien à voir avec la vanité. C'est pure curiosité. Je trouverais extrêmement stimulant d'observer une copie de moi-même, de cinquante ans plus jeune. Et ne serait-ce pas sensationnel d'expliquer à votre clone les erreurs que vous avez commises, et le moyen de les éviter ? Il écrit aussi : Je pense que nous devons nous méfier d'un réflexe conditionné

femme consentante. « En quelques jours, l'embryon produirait des cellules souches utilisables pour une transplantation ». Le problème éthique ne lui paraît pas majeur, puisqu'il ne s'agit pas d'un œuf fécondé et que l'embryon ne sera pas implanté dans un utérus.

Leonard Fleck, spécialiste de bioéthique à l'université du Michigan pense qu'il vaudra mieux dans certains cas cloner un enfant destiné à vivre plutôt que produire un enfant avec un fort risque génétique. « Tant que cet enfant sera élevé et aimé comme un autre, il n'y aura pas de problème moral ». « Quel meilleur moyen d'obtenir une greffe de moelle osseuse qu'à partir d'un implant de vous-même ? » demande David Doukas, professeur associé de médecine et d'éthique médicale à l'université du Michigan. Pour les greffes d'organes, un clone est idéal, appuie Norm Fost, professeur d'éthique à l'université du Wisconsin. Est-ce si scandaleux, dit-il, si l'on sait que déjà aujourd'hui des parents font des enfants dans le but explicite d'obtenir des organes destinés à eux-mêmes ? Plusieurs cas ont défrayé la chronique aux Etats-Unis.

MacFarlane Burnet, *Endurance of Life. The Implications of Genetics for Human Life*, Cambridge University Press, 1980. (28)  
S. Fishel, *New Scientist*, 1<sup>er</sup> mars 1997.

Jeremy Rifkin, chef de file incontesté du mouvement écologiste américain, a réagi à la nouvelle du clonage de Dolly en demandant l'interdiction mondiale du clonage humain. Rifkin est également hostile aux manipulations génétiques en général, y compris sur les végétaux. (Cliché PPCM)



**« Il y a peut-être des situations rares où nous jugerons utile de le faire. Un enfant pourrait être cloné à partir de la moelle osseuse d'un homme stérile »**

Harold Varmus, directeur général des NIH, l'administration qui coiffe toute la recherche biologique et médicale financée sur fonds publics aux Etats-Unis, est opposé à l'interdiction du clonage humain. Il a défendu son point de vue devant une commission du Congrès : « Il y a peut-être des situations rares où nous jugerons utile de le faire. Un enfant pourrait être cloné à partir de la moelle osseuse d'un homme stérile, en utilisant un ovocyte de la mère ». Varmus dit que si on interdit le clonage aux Etats-Unis, ceux qui veulent le faire iront ailleurs.

Combien y a-t-il d'Etats dans le monde ? En Inde et en Chine, qui représentent la moitié de la population mondiale, l'échographie n'est-elle pas détournée de son but pour éliminer les filles ?

Derek Burke, un microbiologiste britannique cité par *Nature*, fait observer que le débat sur le clonage a un mérite : il met un frein à la tendance actuelle à exagérer le déterminisme génétique. « Dans le débat nature contre culture, la part donnée à la culture se trouve rééquilibrée ». Inattendu, non ?

O.P.V. et A.M. ■

« Vous pourriez cloner des cellules de votre peau, faire croître un embryon et vous refaire un foie neuf avec les cellules du foie de cet embryon ».

« L'extension des techniques de clonage à l'homme ne me fait pas peur, dit Philip Wyatt, président de la section de génétique de l'Association médicale de l'Ontario. Je pense que dans certains cas le clonage paraîtra tout à fait désirable. Pour un diabétique, on pourra prendre des cellules du pancréas, créer un second pancréas et le faire croître dans un mouton. Cela paraîtra tout à fait valable ». Wyatt pense aussi qu'on trouvera des parents pour souhaiter cloner un proche disparu. Et pourquoi pas ? L'ADN peut se conserver intact deux semaines après la mort, dit-il. Wyatt est persuadé qu'un jour ou l'autre il se trouvera des gens assez riches ou puissants qui voudront se cloner eux-mêmes. Il est partisan de les laisser faire, « à condition qu'ils observent un certain nombre de règles ».

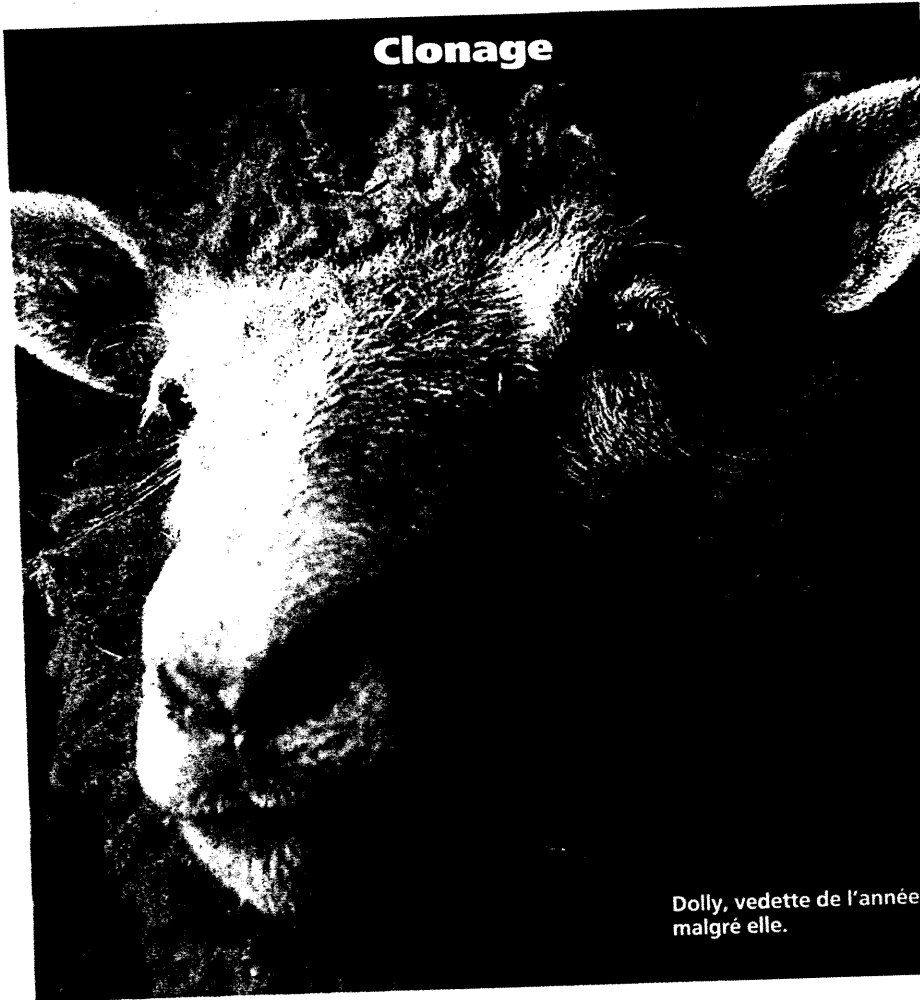
Un sondage indique que 7% d'Amé-

d'antipathie à l'égard de tout ce qui est « non naturel ». Le clonage n'est certes pas naturel. Nous utilisons la reproduction sexuée depuis peut-être un milliard d'années. Mais « non naturel » n'est pas forcément synonyme de mauvais. Il n'est pas non plus naturel de lire des livres. »

L'utilité d'un certain type de clonage humain est considérée avec sérieux par diverses personnalités du monde de l'administration sanitaire ou de la bioéthique.

Ruth Deech, de la Human Fertilization and Embryology Authority (Grande-Bretagne) pense que l'on peut envisager d'autoriser un couple, risquant d'avoir un bébé anormal, à faire un clone. Elle suggère une loi en contrôlant l'usage. Brigid Hogan, biologiste au Howard Hughes Medical Institute, et spécialiste d'éthique médicale, pose le cas d'un cancéreux qui a besoin d'une greffe de moelle osseuse mais ne trouve pas de donneur approprié. Il pourrait se cloner, grâce à un ovocyte prélevé chez une

## Clonage



Dolly, vedette de l'année malgré elle.

Ph. P. Bailey/Eurelios/Science photo library/Publiphot

# Bientôt la bergerie ?

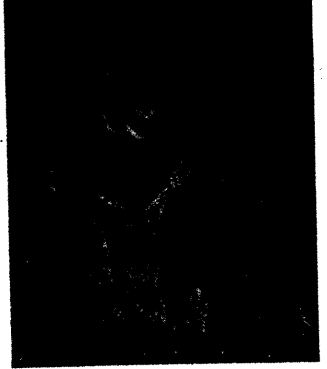
*L'Écossais Ian Wilmut et son équipe ont fait mentir le proverbe qui dit qu'à l'impossible nul n'est tenu : Dolly est la preuve sur quatre pattes que la science a sauté une nouvelle barrière. Il faudra maintenant rééditer l'exploit.*

par Isabelle Montpetit

**A** l'instar de Lassie, Skippy et Flipper, la brebis Dolly, dont les aventures scientifiques ont estomaqué la communauté scientifique internationale, vient de joindre le club sélect des animaux vedettes.

Dolly, il est vrai, est une bête exceptionnelle : elle a été clonée à partir d'une cellule d'une autre brebis, de six ans son aînée. Les deux brebis sont donc des jumeaux identiques malgré leur différence d'âge. C'est là une percée scientifique considérable, que les biologistes croyaient irréalisable.

Le principe du clonage est pourtant simple. Il s'agit d'inciter une cellule à se multiplier pour reconstruire un individu complet. En théorie, c'est possible puisque chaque cellule d'un organisme contient toute l'information nécessaire pour y arriver. Cette information est codée dans les gènes, qui se trouvent sur les longues molécules d'ADN situées dans le noyau de chaque cellule. En fait, chaque gène est une instruction quant à la fabrication d'un élément de l'organisme. Toutes les cellules renferment exactement le même jeu de gènes, sauf que seulement certains d'entre



## Un clone est-il une copie conforme ?

La naissance de Dolly a réveillé les vieux mythes d'individus sans identité ni volonté propre, d'armées faites de personnages identiques et prêts à se soumettre sans broncher aux quatre volontés de tous les dictateurs fous de ce monde. Le magazine allemand *Der Spiegel* a fait sa une du 3 mars dernier avec des clones d'Hitler, d'Einstein et de Claudia Schiffer marchant au pas militaire, sous le regard placide d'un mouton.

Pourtant, il y aurait plusieurs différences entre un clone et l'individu dont il est issu.

### 1 *Le contenu de l'ovule*

Un ovule est une cellule énorme, beaucoup plus grosse qu'une cellule de glande mammaire. Lorsque les deux se fusionnent, le noyau de la cellule mère se trouve noyé dans le cytoplasme de l'ovule (le liquide visqueux qui remplit la cellule). Au début, le développement est contrôlé par des substances du cytoplasme : protéines de structure, enzymes, facteurs de croissance, acides nucléiques, etc. Ce n'est que plus tard que les gènes du noyau prennent la relève.

Dans le noyau d'une cellule de mammifère, il y a près de 100 000 gènes, qui déterminent la majorité des caractéristiques de chaque individu. Mais quelques gènes supplémentaires se cachent dans les mitochondries, des organes de la cellule situés dans le cytoplasme et responsables de la production d'énergie. Or, c'est l'ovule qui fournit la majorité des mitochondries de l'embryon.

### 2 *La mère porteuse*

Pendant la gestation, le fœtus est en symbiose totale avec sa mère. Par le sang, elle lui transmet de la nourriture, mais aussi des anticorps et d'autres substances. On sait que le tabagisme ou la toxicomanie de la mère nuisent au développement du fœtus. Les caractéristiques physiques et les habitudes de la mère porteuse influent donc sur le fœtus.

### 3 *L'environnement*

Ne serait-ce qu'en raison de l'attention médiatique — et scientifique — dont elle a été l'objet, Dolly n'a pas vécu dans le même environnement que sa mère génétique. On ne sait pas encore quel effet cela aura sur elle. Chez l'humain, l'environnement joue un rôle encore plus crucial : par exemple, même s'ils se ressemblent beaucoup et passent beaucoup de temps ensemble, les jumeaux identiques n'ont pas des vies identiques.

### 4 *L'âge de la cellule mère*

La cellule qui a donné naissance à Dolly provenait d'une brebis de six ans. L'ADN de la cellule mère s'est-il abîmé au fil des ans ? Dolly vieillira-t-elle plus rapidement qu'une brebis normale ? Sera-t-elle plus vulnérable à certaines maladies ? Pourra-t-elle se reproduire ? Il faudra attendre avant d'avoir les réponses à toutes ces questions.

### 5 *Les gènes actifs dans l'embryon*

Avec la bonne vieille méthode naturelle, l'embryon résulte de la fusion d'un ovule et d'un spermatozoïde. Chacun apporte un exemplaire de chacun des 100 000 gènes : un exemplaire paternel, l'autre maternel. Parfois, les deux exemplaires sont identiques ; souvent, ils sont différents. Toutes les cellules de l'embryon contiennent deux exemplaires du gène, mais, généralement, un seul est actif.

Au moment du clonage, le matériel génétique de la cellule se reprogramme. Au bout du compte, un gène paternel qui était actif dans la cellule mère pourrait devenir silencieux dans l'embryon et, à l'inverse, un gène maternel autrefois silencieux pourrait devenir actif.

eux sont actifs dans une cellule donnée.

La technique du clonage est également assez simple. On prélève une cellule de l'animal dont on veut obtenir une copie (dans le cas de Dolly, on a utilisé une cellule du pis d'une brebis de race Finn Dorset à face blanche). On fusionne ensuite cette cellule mère avec un ovule prélevé sur une autre brebis (une Scottish Blackface cette fois-ci) et préalablement débarrassé de son noyau, qui contient le bagage de gènes.

Après avoir placé l'ovule et la cellule mère côte à côte, on les soumet à un choc électrique afin de provoquer la fusion des deux cellules et enclencher leur multiplication. On transplante finalement l'ovule reconstitué dans l'utérus d'une brebis porteuse (la mère porteuse de Dolly était une brebis à face noire). En bout de ligne, le rejeton devrait être identique à sa mère génétique, soit celle qui a fourni la cellule mère. C'est pourquoi Dolly est une brebis Finn Dorset à face blanche.

Mais tout ça, c'est la théorie. Dans les faits, c'est beaucoup plus compliqué. La cellule qui a donné naissance à Dolly, par exemple, provenait du pis d'une brebis. Or, le destin de ce genre de cellule « adulte » est irrévocablement fixé : elle se spécialise dans la fabrication du lait. Pas dans la fabrication de l'insuline, de la bile ou de quoi d'autre encore ! Pourquoi une telle spécialisation ? Parce que, dans ces cellules qu'on dit différenciées, l'ADN est ponctué de marqueurs qui indiquent que tel gène doit être actif et tel autre ne pas l'être.

À l'inverse, tous les destins sont possibles pour une « jeune » cellule d'embryon, du moins durant les premiers jours de son développement. Ces cellules non différenciées, ou totipotentes, peuvent donner naissance à des globules rouges, à des cellules de foie ou de pancréas, bref, à n'importe quel type de cellule.

Il n'est donc pas surprenant qu'on ait cloné des cellules embryonnaires bien avant des cellules adultes. « Dès 1986, on réussissait à cloner des cellules d'embryons de moutons », explique Lawrence Smith, du Centre de recherche en repro-

# *Et les humains ? Si le clonage des brebis est possible, il ne devrait pas y avoir d'impossibilité technique majeure à cloner un humain.*

duction animale de la faculté de médecine vétérinaire de l'Université de Montréal. Ce chercheur a fait ses études de doctorat en Écosse, sous la supervision de Ian Wilmut, le « père » de Dolly. « À la fin des années 80, on tentait déjà, sans succès, d'utiliser ce processus à des fins commerciales », poursuit-il. Depuis, on a cloné des embryons de porcs, de bovins, de souris, de lapins et de chèvres.

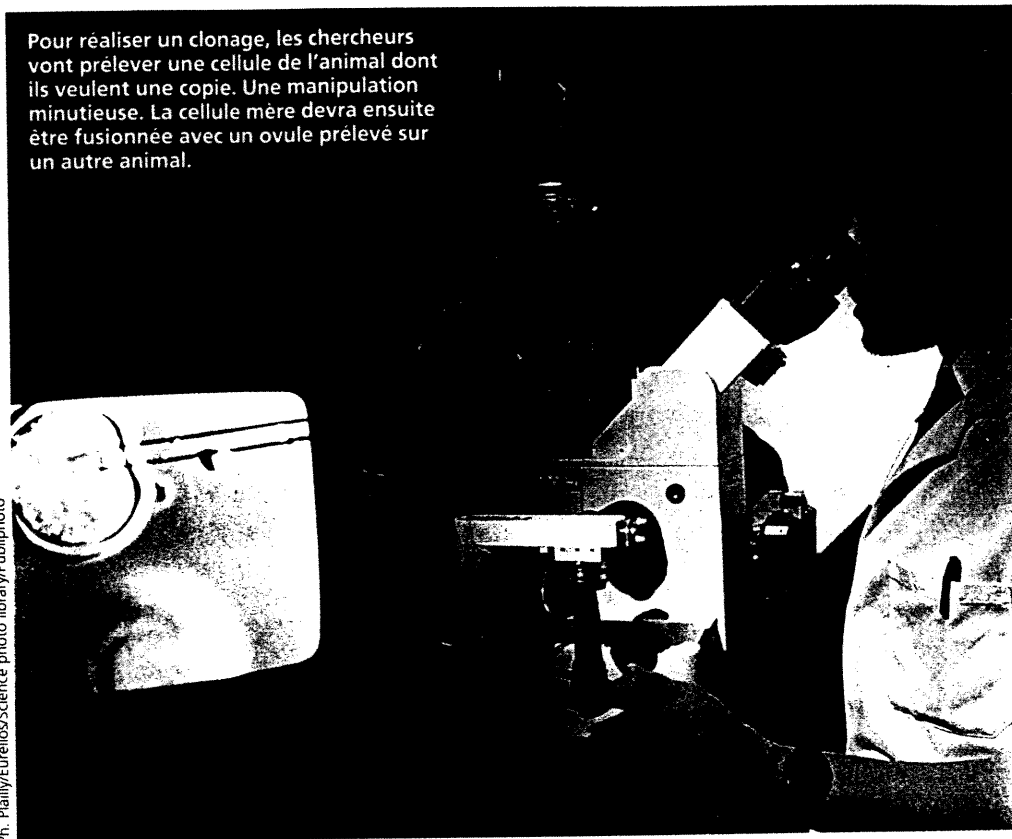
**R**éaliser un clonage de cellules adultes paraissait cependant impossible. En effet, la vie d'une cellule consiste à fabriquer des protéines et à se multiplier... en se divisant en deux. Mais, avant d'en arriver là, la cellule passe par une délicate période de croissance durant laquelle elle double son matériel génétique afin d'en donner une copie à chacune des cellules filles. Durant tout ce cycle, le matériel génétique de la cellule est particulièrement fragile. Aussi, lorsqu'on le transpose dans un ovule, il subit des dommages importants qui empêchent le développement de l'embryon.

C'est cet obstacle, réputé insurmontable, que l'équipe de Ian Wilmut, de l'Institut Roslin d'Édimbourg, en Écosse, a réussi à franchir. Le truc : retirer les cellules mères du cycle de division cellulaire afin que leur matériel génétique soit moins vulnérable. Comment ? En les affamant.

Placées dans un liquide qui contient tout juste ce qu'il faut pour qu'elles survivent, les cellules se maintiennent entre la vie et la mort. Leur ADN est alors moins fragile, mais, surtout, certaines de leurs propriétés semblent se modifier. « Ce stade est caractéristique de celui des cellules qui sont à la veille de se différencier, souligne le professeur Lawrence Smith. On croit qu'elles perdent les marqueurs qui activent certains de leurs gènes et inactivent les autres. Comme si elles se préparaient à se reprogrammer. » Si c'est le cas, ces cellules affamées reviendraient en arrière pour ressembler à des cellules embryonnaires non différenciées. Ce qui expliquerait comment Dolly a pu venir au monde.

Dolly est encore unique en son genre. D'ailleurs, avant d'obtenir ce succès, Ian

Pour réaliser un clonage, les chercheurs vont prélever une cellule de l'animal dont ils veulent une copie. Une manipulation minutieuse. La cellule mère devra ensuite être fusionnée avec un ovule prélevé sur un autre animal.



Ph. Plailly/Eurelios/Science photo library/Publibphoto

Wilmut et son équipe ont tenté près de 1 000 fusions de cellules de pis et d'ovules ! Moins du tiers ont réussi et à peine 29 se sont suffisamment développées pour être transférées à 13 mères porteuses. Une seule brebis s'est rendue à terme, la mère de Dolly. Avant qu'on puisse dire avec certitude s'il est possible de cloner un mammifère adulte, il faudra que d'autres chercheurs répètent l'expérience.

La communauté scientifique a d'ailleurs été échaudée par ce genre d'expérience au début des années 80. Deux chercheurs américains avaient alors publié un article dans lequel ils affirmaient avoir réussi à cloner des embryons de souris à un stade de différenciation assez avancé. Mais personne n'a réussi à rééditer cet exploit... du moins chez la souris.

Mais pour ceux qui s'intéressent à la biologie fondamentale, la naissance de Dolly reste un événement spectaculaire. Le généticien français Axel Kahn déclarait d'ailleurs au journal *Le Monde* : « On a

réussi à réveiller des gènes dont on ignorait qu'ils fussent réveillables. Il s'agit selon moi d'un travail d'une importance fondamentale considérable. »

Toutefois, on n'est pas encore certain que la cellule mère qui a donné naissance à Dolly était réellement différenciée. Cette cellule provenait d'une biopsie de la glande mammaire, dans laquelle se trouvaient un grand nombre de cellules. Selon Lawrence Smith, « il est possible que, parmi ces cellules, il y ait eu des cellules souches non différenciées », c'est-à-dire des cellules adultes dont le destin n'avait pas encore été scellé. « Pour le savoir, il aurait fallu purifier les cellules et s'assurer de leur identité », poursuit-il. Retour à la case de départ ? Pas tout à fait puisque, même si la cellule n'était pas différenciée, on aurait bel et bien cloné une cellule adulte.

Actuellement, plusieurs équipes scientifiques à travers le monde tentent de répéter la prouesse des Écossais. Une équipe danoise essaie d'obtenir des clones à partir

de cellules prélevées sur des vaches mortes. Et des Australiens voudraient augmenter le nombre de clones qu'on peut obtenir à partir d'une seule cellule mère.

Ces travaux intéressent au plus haut point l'industrie agroalimentaire, dont les profits sont proportionnels à la qualité des animaux produits. C'est pourquoi Ian Wilmut a pris bien soin de faire breveter sa méthode avant de la rendre publique.

Aujourd'hui, avec la fécondation *in vitro* et le transfert d'embryons dans l'utérus de mères porteuses, un fermier peut obtenir des centaines de veaux à partir des ovules de sa super vache Clairette et des spermatozoïdes de son super taureau Starbuck. Mais comme les ovules de Clairette et les spermatozoïdes de Starbuck sont tous différents, on ne peut jamais garantir à 100 % qu'ils donneront des super rejetons. Par contre, en clonant des cellules de vaches adultes, on contrôlerait mieux toutes les caractéristiques du veau.

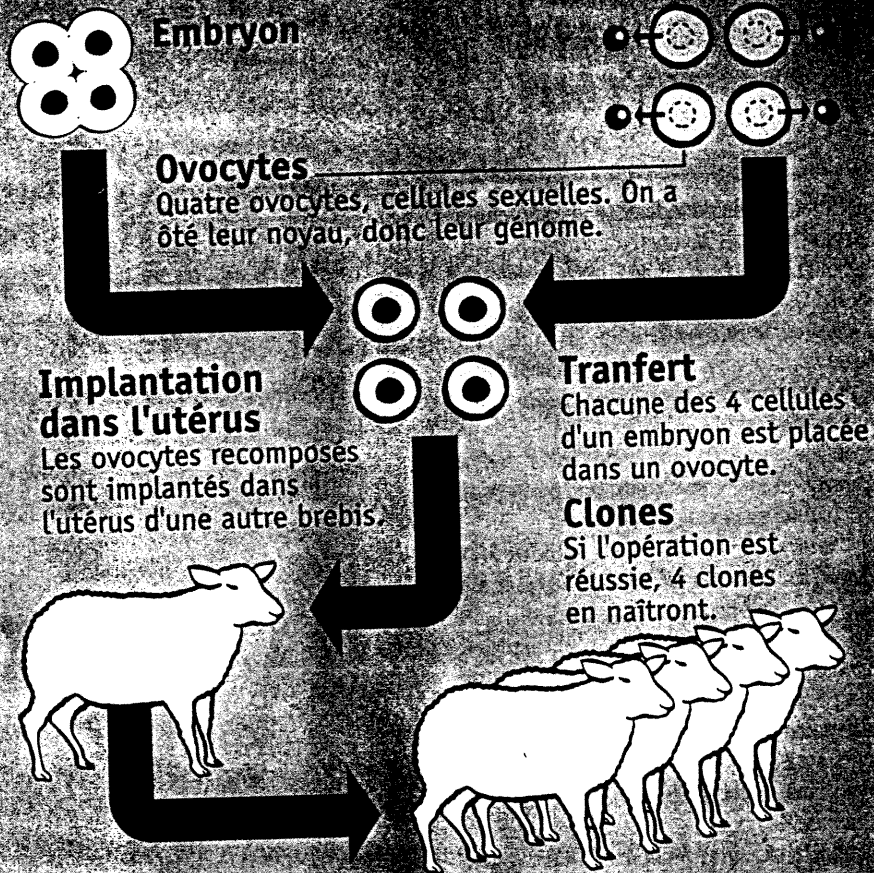
**E**t les humains ? Si le clonage des brebis est réellement possible, il ne devrait pas y avoir d'impossibilité technique majeure à cloner un humain.

Cependant, la tâche serait colossale : il faudrait prélever des milliers d'ovules à des centaines de femmes, fusionner ces ovules avec des cellules adultes et implanter des embryons dans les utérus de dizaines de mères porteuses. Une entreprise quasi industrielle. En somme, pour faire naître un seul clone, il faudrait réquisitionner une véritable armée de génitrices !

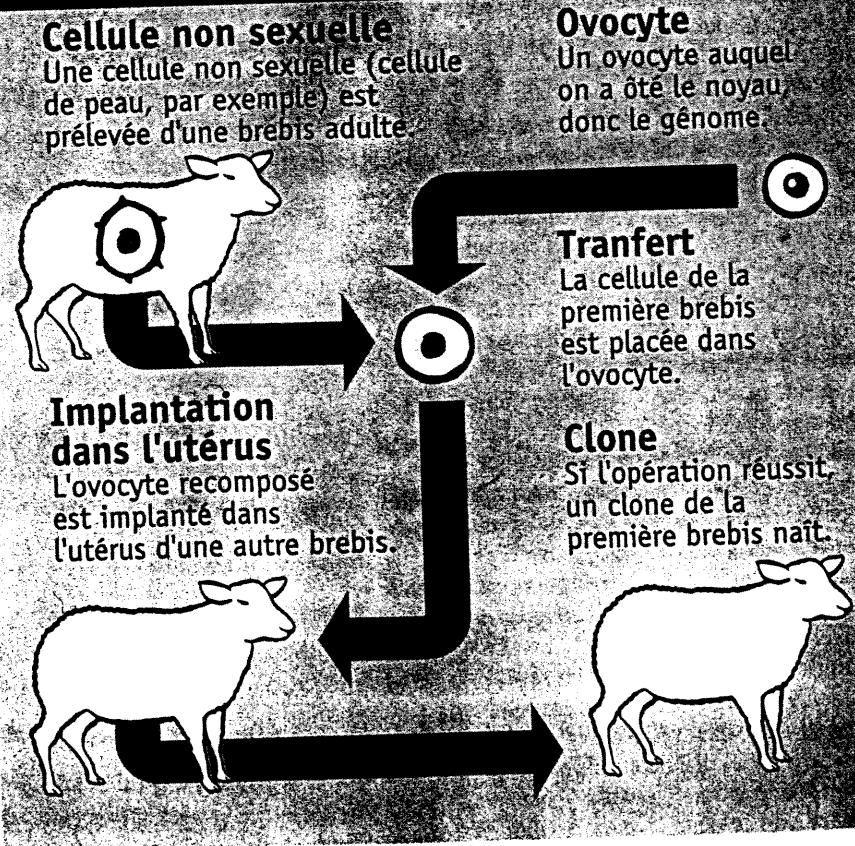
D'autre part, il existe une différence importante entre les humains et les moutons au cours des premières heures du développement. Chez le mouton, les gènes du noyau sont inactifs pendant les trois ou quatre premières divisions cellulaires. On croit que cette période de repos laisse du temps aux gènes pour se reprogrammer. Chez l'humain, par contre, les gènes s'activent dès la deuxième division cellulaire. « Cela pourrait rendre le clonage difficile, fait remarquer Lawrence Smith. Par exemple, chez la souris, les gènes s'activent dès la première division cellulaire et il est très difficile d'obtenir des clones avec cette espèce. »

La naissance de Dolly va certainement relancer les efforts pour tenter de cloner d'autres espèces de mammifères. Et dans 2, 5 ou 10 ans, quelqu'un pourrait vraisemblablement réussir à cloner un humain. Il est donc déjà temps de commencer à s'interroger sur les enjeux éthiques de cette nouvelle technologie de reproduction. ●

## Clone d'embryon



## Clone d'adulte « à la Dolly »





# CLONAGE

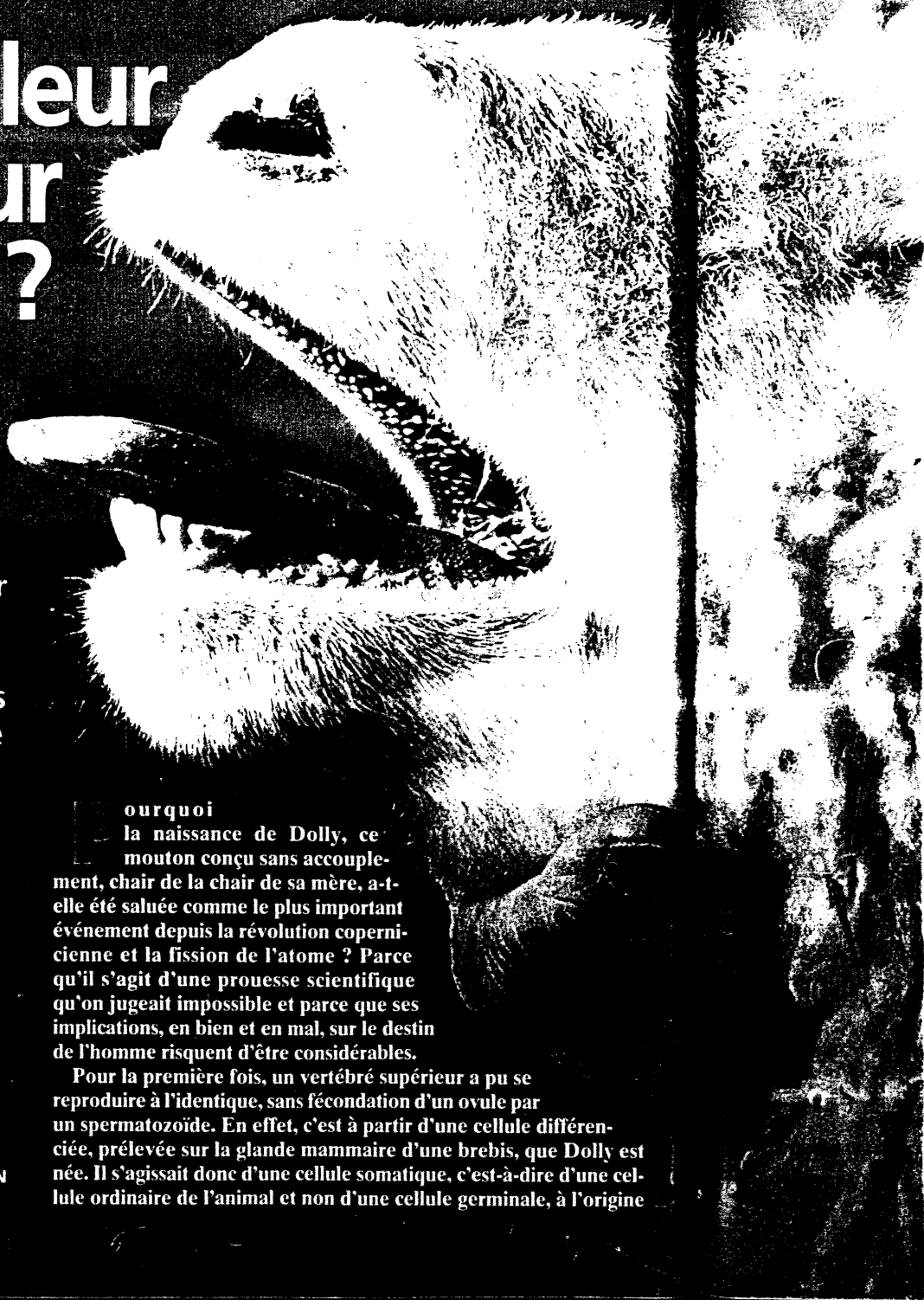
## Pour le meilleur ou pour le pire ?

□ Faut-il s'inquiéter de la naissance de Dolly ? Si l'on a pu "fabriquer" sans spermatozoïde une brebis identique à sa mère, on réussira sans doute un jour à cloner un être humain... Mais la technique devrait aussi avoir de nombreuses applications bénéfiques.

PAR PIERRE ROSSION

□ Pourquoi la naissance de Dolly, ce mouton conçu sans accouplement, chair de la chair de sa mère, a-t-elle été saluée comme le plus important événement depuis la révolution copernicienne et la fission de l'atome ? Parce qu'il s'agit d'une prouesse scientifique qu'on jugeait impossible et parce que ses implications, en bien et en mal, sur le destin de l'homme risquent d'être considérables.

Pour la première fois, un vertébré supérieur a pu se reproduire à l'identique, sans fécondation d'un ovule par un spermatozoïde. En effet, c'est à partir d'une cellule différenciée, prélevée sur la glande mammaire d'une brebis, que Dolly est née. Il s'agissait donc d'une cellule somatique, c'est-à-dire d'une cellule ordinaire de l'animal et non d'une cellule germinale, à l'origine





t-  
nt  
ni-  
rce  
que  
e ses  
destin  
bles.  
supérieur a pu se  
ion d'un ovule par  
rtir d'une cellule différen-  
re une brebis, que Dolly est  
ne, c'est-à-dire d'une cel-  
e cellule germinale, à l'origine

**Les biologistes savent reproduire à l'identique des animaux à partir de cellules embryonnaires (par exemple, des amphibiens, des bovins...).**  
**L'équipe écossaise de Ian Wilmut a réussi pour la première fois à cloner un mammifère à partir d'une cellule "adulte". La tentation sera grande d'appliquer un jour cette technique à l'homme : un avenir inquiétant.**

M. MACLEOD

# FOCUS clonage

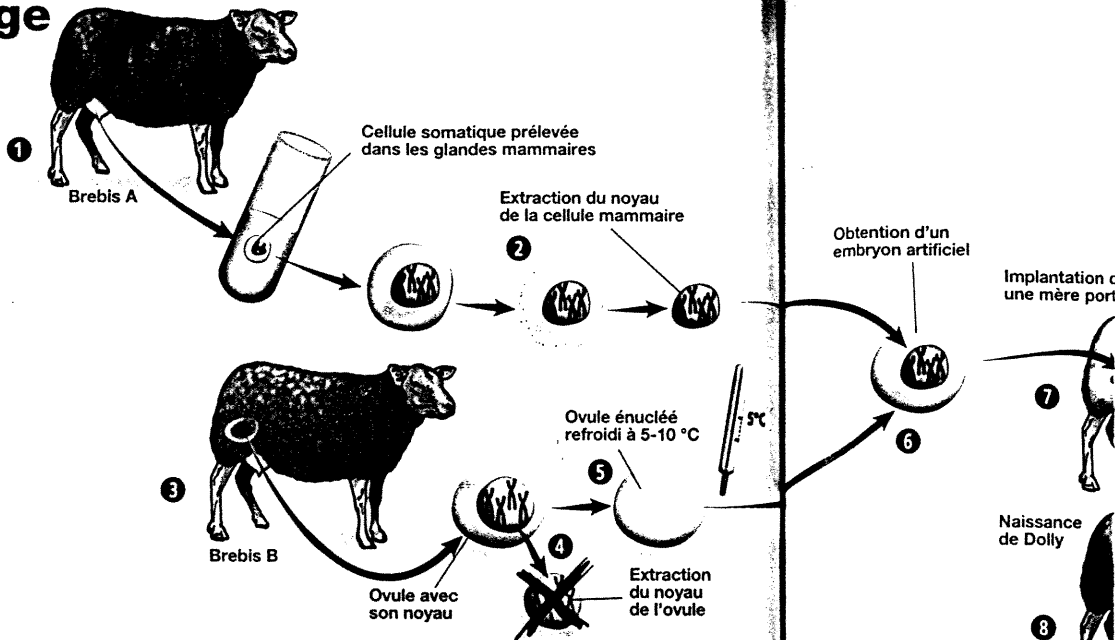
■ ■ ■ des cellules sexuelles. La technique utilisée par l'équipe britannique de Ian Wilmut, à l'Institut Roslin (Edimbourg, Ecosse), a consisté à mettre en culture des cellules de glande mammaire et à rendre leur noyau totipotent, c'est-à-dire capable de donner un embryon puis un individu complet, identique à sa mère génétique. C'est là le vrai secret de l'expérience.

Chaque noyau a ensuite été introduit dans un ovule préalablement dénoyauté, cet ovule servant en quelque sorte de "couveuse". La fusion du noyau et de l'ovule a été réalisée grâce à une légère décharge électrique. L'ovule manipulé s'est alors comporté comme un embryon. Il a été placé dans une mère porteuse, où il a poursuivi son développement jusqu'à la naissance. La mère génétique et l'agneau mis au monde constituaient dès lors un clone (contrairement à l'acception populaire, qui entend par clone uniquement le "double"). Le mythe maintes fois décrit par les auteurs de science-fiction est devenu réalité.

## AU DÉBUT DU SIÈCLE, DES GRENOUILLES IDENTIQUES

„*Stricto sensu*, le mot clone vient du grec *klon* ("pousse"), qui désigne un ensemble d'individus génétiquement semblables provenant d'un organisme unique, par reproduction asexuée. Dans le monde vivant, il en existe naturellement. Ainsi, toute bactérie donne, à chaque division, des bactéries filles en tout point identiques à la bactérie mère. Ce mode de division, appelé scissiparité, consiste en un allongement de la bactérie, laquelle se partage ensuite en deux nouvelles bactéries, qui, à leur tour, se divisent en deux et ainsi de suite.

On en trouve aussi chez les plantes. C'est le cas des végétaux qui se multiplient par bouturage : une partie de la plante, mise en culture dans un milieu nutritif adéquat, régénère la plante entière, avec tige et racine. Le phénomène a pu être



## La longue marche de Dolly

L'expérience qui a permis de mettre au monde Dolly a consisté à prélever, sur la glande mammaire d'une brebis ①, une cellule somatique que l'on a soumise à un traitement spécial afin qu'elle redevienne "totipotente" (indifférenciée). On a ensuite extrait son noyau ②. Dans les ovaires d'une autre brebis ③, on a prélevé un ovule, qui a été dénoyauté ④ et maintenu à 5°C ⑤. A l'aide d'une légère décharge électrique, on a fait fusionner l'ovule de la deuxième brebis et le noyau de la cellule somatique de la première. L'embryon ainsi obtenu ⑥ a été implanté dans une mère porteuse ⑦ où il a poursuivi son développement pour donner naissance à Dolly ⑧.

reproduit expérimentalement, à la fin des années 50, avec des cellules de carotte et de tabac. Cette capacité de régénération s'explique par le fait que les cellules différenciées de la bouture sont capables de devenir totipotentes et de reconstituer un clone génétiquement identique.

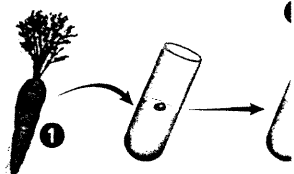
Ce phénomène se rencontre aussi chez les vertébrés supérieurs, aux premiers stades embryonnaires. Pour le comprendre, revenons à nos moutons. Chez le mouton, les spermatozoïdes et les ovules contiennent 27 chromosomes. Lors de l'accouplement, l'ovule fécondé par un spermatozoïde donne une cellule-œuf, munie donc de 27 paires de chromosomes, lesquels portent les gènes qui constituent le patrimoine génétique de l'animal.

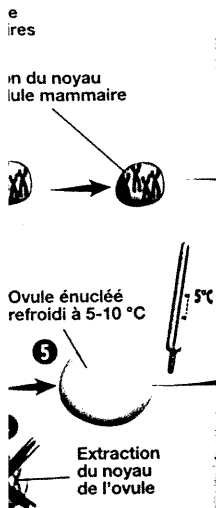
A ce premier stade de la vie, les gènes commencent à s'activer. Ils deviennent capables de s'"exprimer", c'est-à-dire de remplir la fonction pour laquelle ils sont programmés. Les cellules qui naissent, par divisions successives de la cellule-œuf, sont toutes identiques. Elles sont totipotentes et indifférenciées, aucune n'ayant encore une fonction particulière. Les cellules peuvent donc donner individuellement un individu complet. C'est ce que l'on observe naturellement chez les jumeaux vrais, qui résultent de la séparation accidentelle des deux premières cellules de l'œuf. Dans les conditions naturelles d'élevage, l'obtention de vrais jumeaux représente moins de 1% des vélages chez les ovins et, en général, le clo-

ne n'excède pas deux individus.

Des jumeaux vrais peuvent également être obtenus mentalement, comme l'a démontré au début du siècle, chez l'arabis, le biologiste allemand Spemann (prix Nobel de médecine en 1935). L'expérience avait consisté à séparer les deux cellules résultant de la première division de la cellule-œuf à l'aide d'une ligature faite avec un cheveu. Les deux cellules alors évoluées chacune pour leur propre compte et ont donné naissance à deux grenouilles identiques. Pour au-delà de quatre cellules, l'expérience ne marche plus, car les cellules ont perdu leur totipotence.

Cependant, cette totipotence continue à exister dans les premiers stades embryonnaires des cellules jusqu'au stade de "morula" (première ébauche de l'embryon, qui est alors constitué de quelques dizaines de cellules et ressemble à une pomme de terre). Cette capacité a également été mise en évidence chez le





**Le Dolly a d'une urne à un st... nte"**  
**au... rélevé un 5°C ⑤. A l'aide isionner la cellule btenu ⑥. Il a poursulvi Dolly ⑦.**

stade de la vie, les ent à s'activer. Ils ables de s'exprire de remplir la quelle ils sont pro- lules qui naissent, cessives de la cellu- es identiques. Elles et indifférenciées, encore une fonc- . Les cellules peu- r individuellement plet. C'est ce que rellement chez les qui résultent de la dentelle des deux les de l'œuf. Dans aturelles d'élevage, ais jumeaux repré- e 10% des vélages éral, le clo-

Obtention d'un embryon artificiel

Implantation chez une mère porteuse

Naissance de Dolly

S. DESSERT

ne n'excède pas deux individus.

Des jumeaux vrais peuvent également être obtenus expérimentalement, comme l'a démontré, au début du siècle, chez l'amphibien, le biologiste allemand Hans Spemann (prix Nobel de médecine 1935). L'expérience avait consisté à séparer les deux cellules résultant de la première division de la cellule-œuf à l'aide d'une ligature faite avec un cheveu. Les deux cellules ont alors évolué chacune pour son propre compte et ont donné deux grenouilles identiques. Pourtant, au-delà de quatre cellules, l'expérience ne marche plus, car les cellules ont perdu leur totipotence.

Cependant, cette totipotence continue à exister dans les noyaux des cellules jusqu'au stade "morula" (première ébauche de l'embryon, qui est alors constitué de quelques dizaines de cellules et ressemble à une petite mûre). Cette capacité a également été mise en évidence chez les am-

phibiens, dans les années 50, par les Américains Robert Briggs et Thomas King. L'expérience a consisté à dissocier les cellules d'un embryon au stade *morula*. Puis les noyaux de ces cellules ont été prélevés et transférés dans des ovules receveurs préalablement dénoyautés, provenant d'un autre amphibien. Les ovules ainsi manipulés ont alors évolué dans l'eau, jusqu'au stade de grenouilles.

La méthode de clonage embryonnaire développée à l'INRA chez les bovins s'appuie sur le même principe. Mais, chez les mammifères, elle est beaucoup plus complexe : chaque cellule embryonnaire est fusionnée avec le cytoplasme d'un ovule porté à maturation *in vitro*, puis énucléé. L'embryon reconstitué doit être cultivé *in vitro* jusqu'au stade blastocyste (stade où les cellules embryonnaires se différencient), puis implanté dans une vache

porteuse pour qu'il puisse se développer jusqu'à la naissance. Cette technique vient d'être appliquée avec succès par l'équipe de Don Wolf, au centre de recherche régional de l'Oregon, à Beaverton (Etats-Unis), sur des singes, animaux génétiquement très proches de l'homme. Deux petits primates, dont on ne précise pas l'espèce, ont vu le jour. Cette double naissance n'a fait l'objet d'aucune publication scientifique. Seule la presse généraliste l'a évoquée.

**L'ÉQUIPE ÉCOSSAISE A RÉUSSI L'EXPLOIT**

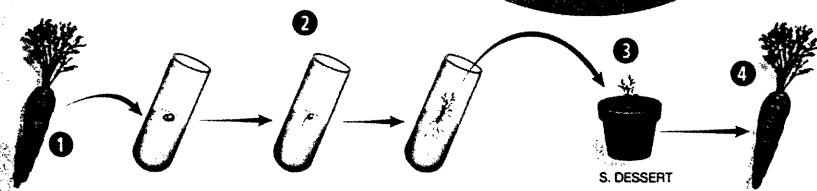
S'agissant de Dolly, l'exploit est beaucoup plus étonnant : cette fois, il s'agit non pas de cellules embryonnaires mais de cellules différenciées. Comme on l'a vu, à un moment précis de la vie embryonnaire, les cellules perdent progressivement leur totipotence et se mettent à évoluer pour leur propre compte. Dans un groupe de cellules destinées à former un organe, ayant une forme et une fonction bien déterminées, toute une série de gènes vont être mis en sommeil. Dans un autre groupe, destiné à une autre fonction, c'est une autre série de gènes qui seront inhibés. N'ayant plus le même programmeur, ne produisant donc plus les mêmes protéines, les cellules vont se diffé-

rencier et constituer les différents tissus : épithélial, lymphoïde et conjonctif (muscles, os, cartilage). Et, en se multipliant, elles conserveront leur spécialisation. Autrement dit, une fois bien différenciées, elles ne peuvent plus revenir en arrière et retrouver leur totipotence. C'est du moins ce qu'on croyait jusqu'ici et c'est ce que vient de démentir l'équipe de Ian Wilmut.

La cellule à l'origine de Dolly était une cellule épithéliale prélevée dans la glande ■ ■ ■

**D'abord la carotte**

Depuis les années 50, on sait bouturer certaines plantes, telles que les carottes. La technique consiste à prélever sur la racine une cellule somatique qui se cultive en éprouvette. La cellule engendre une nouvelle carotte. Elle poursuit son développement et porte à maturité une nouvelle carotte génétiquement identique à celle du végétal d'origine.



S. DESSERT

■ ■ ■ mammaire d'une brebis de la race Finn Dorset. Cette cellule n'exprimait que les gènes pour lesquels elle était programmée. Il s'agissait donc de débloquent les autres, afin que le noyau retrouve sa totipotence. Car l'ADN qui constitue les chromosomes est enroulé en colimaçon, et ses spires sont régulières et individualisées. En revanche, dans une cellule différenciée, les spires sont resserrées, comme un ressort de sommier qu'on tord, et les facteurs de transcription qui permettent aux gènes de s'exprimer ne peuvent plus accéder à l'ADN, dont les spires se trouvent comprimées. Dès lors verrouillés, les gènes sont dans l'impossibilité de synthétiser les protéines nécessaires à l'édification de l'individu.

## LA BREBIS PHARMACIENNE

Or, les chercheurs sont parvenus à débloquent ces gènes en agissant sur le cycle des cellules somatiques : ils ont modifié avec une hormone les conditions de culture avant de greffer les noyaux dans des ovules. L'ADN a retrouvé sa forme originelle, et les facteurs de transcription ont pu accéder aux gènes correspondants. La technique a fait l'objet d'un article dans la revue *Nature* (27/2/97). Les embryons ont ensuite été transplantés dans des brebis porteuses. Vingt-neuf seulement des 227 embryons mis en culture ont survécu. Et un seul de ces vingt-neuf embryons transplantés dans treize femelles porteuses est arrivé à terme : Dolly. Le succès est donc loin d'être assuré à tout coup.

Pour Yvan Heyman, ingénieur de recherche à l'INRA, cette technique, lorsqu'elle sera au point, va permettre à la recherche fondamentale et appliquée de faire un bond important. Il sera du plus grand intérêt de disposer d'animaux possédant le même potentiel génétique, afin d'établir des comparaisons dans les domaines de la pathologie, de la nutrition, de la pharmacologie... Par exemple, quand on testera un

médicament *in vivo*, on pourra savoir exactement comment il agit, puisque les animaux cobayes et témoins auront la même physiologie.

La technique pourra également être exploitée pour fabriquer des médicaments à base de protéine. Des animaux auxquels on aurait transplanté un gène humain leur faisant produire des "protéines-médicaments" pourraient voir le jour. L'astuce consistera à greffer le gène de la "protéine-médicament" dans

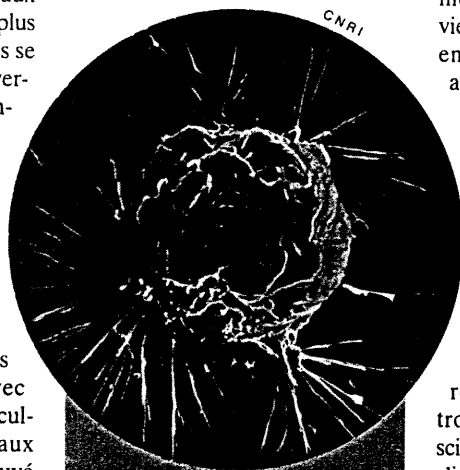
une meilleure compréhension des stérilités et du cancer, car une cellule cancéreuse est une cellule redevenue indifférenciée et totipotente. Elle sera également utile dans le domaine des xénogreffes, c'est-à-dire la transplantation chez l'homme d'organes d'animaux. On peut imaginer en effet de produire des clones transgéniques neutres immunologiquement.

Enfin, on s'attend que la technique fournisse des éclaircissements sur les mécanismes du vieillissement cellulaire. Comment, en effet, la cellule d'une brebis adulte, donc presque "en bout de course", peut-elle donner un agneau ayant toutes les caractéristiques de la jeunesse ?

A l'opposé, Jean-Marie Pelt, président de l'Institut européen d'écologie, s'élève fermement contre ce type de recherche, où il voit l'avènement du *Meilleur des mondes* d'Aldous Huxley. Les lois naturelles de la vie risquent de s'en trouver bouleversées. Les milieux scientifiques, politiques et éthiques s'inquiètent : il est désormais envisageable de cloner l'être humain. L'obstacle n'est pas insurmontable, car l'homme et le mouton sont des mammifères pas très éloignés génétiquement. Jacques Chirac et Bill Clinton ont mis les scientifiques en garde contre cette tentation.

« La seule barrière que nous puissions opposer [à ce clonage], c'est la barrière éthique », a déclaré Philippe Vasseur, ministre de l'Agriculture. Or, cette barrière n'existe que dans la législation des pays occidentaux, qui partagent la même idée des droits de l'homme. En revanche, dans d'autres pays, cette conception peut être tout à fait différente ou ne pas exister du tout.

« En l'absence d'une règle éthique à l'échelon de l'humanité, rien n'empêchera un homme d'aller se faire cloner en Asie », estime Jacques Testart, directeur de recherche à l'INSERM. ■



## Cancer : un espoir

La prolifération des cellules cancéreuses (photo) est due

au fait qu'elles sont redevenues totipotentes. La cellule qui a permis la naissance de Dolly a joué un rôle similaire. La compréhension de ce mécanisme permettra dans le futur de maîtriser les mécanismes du cancer.

le noyau avant que celui soit transféré dans l'ovule receveur. Elle permettra enfin de multiplier tout individu choisi, comme on le fait couramment en horticulture pour produire, par exemple, à l'identique, des orchidées sélectionnées.

Pour sa part, le Pr François Jacob, prix Nobel de médecine 1965, estime que la technique favorisera

1er GRAN  
LES BI

Clôtur

AVE  
ET - Det

