

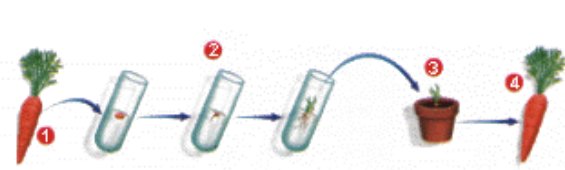
B) Le clonage

1) Qu'est-ce qu'un clone ?

Le terme « clone » désigne un objet ou un organisme considéré comme identique à un autre. En biotechnologie, le clonage désigne la reproduction en laboratoire de **gènes**, **cellules** ou **organismes** à partir d'une même entité originale. Par conséquent, il est possible de produire des **copies génétiques exactes** du gène, de la cellule ou de l'organisme original.

Dans le monde végétal, le clonage n'est pas un phénomène sensationnel car les boutures, les greffes, les pousses, ... sont toutes des manières de produire des exemplaires d'une même espèce à base d'une seule cellule.

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 ❶ une cellule somatique qu'on cultive en éprouvette ❷. La cellule engendre une nouvelle carotte, qui poursuit son développement en pot ❸. La carotte finale est génétiquement identique à celle du départ ❹.

Un clonage humain **naturel** existe aussi depuis le début de l'humanité: ce sont les jumeaux monozygotes (appelés vrais jumeaux, qui proviennent du même œuf fécondé qui, après division en deux cellules filles génétiquement identiques, se sont séparées totalement et ont continué leur développement individuellement)

Depuis plus de vingt ans, le clonage, ou la reproduction exacte de **gènes** particuliers et de types individuels de **cellules**, est une technique employée en biotechnologie afin de produire des médicaments et des vaccins pour traiter les crises cardiaques, des maladies du rein, le diabète, divers cancers, l'hépatite, la sclérose en plaques, la fibrose kystique et d'autres maladies. On nomme ces deux types de clonage :

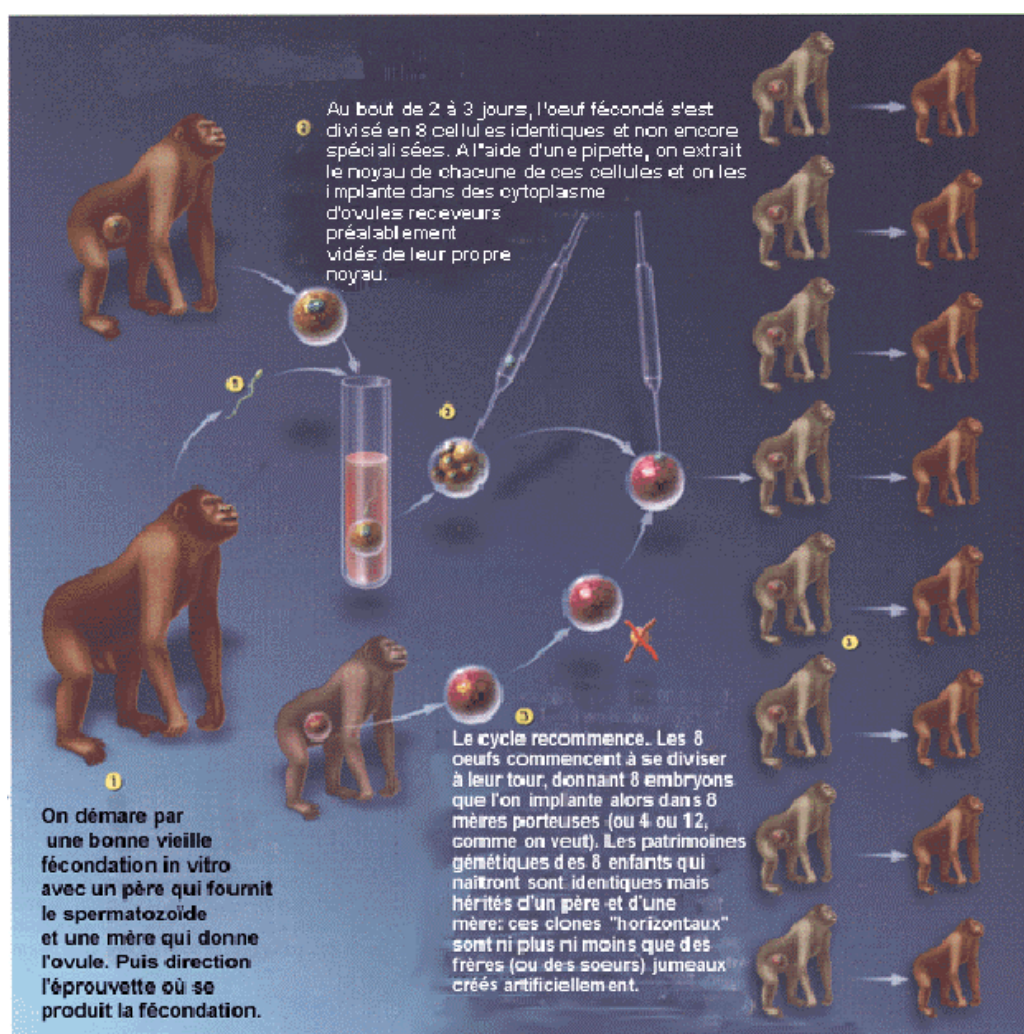
1. **Le clonage moléculaire:**
On prend des parties de l'ADN, qui contiennent des gènes, on les duplique dans un milieu bactérien. .
On utilise cette technique en génétique thérapeutique, pour mettre au point des vaccins, des drogues et des tests génétiques. (voir chapitres sur organismes transgéniques et thérapie génique et tests génétiques)
2. **Le clonage cellulaire:**
On fait plusieurs exemplaires de la même cellule pour pouvoir faire des recherches médicales.

Il existe deux autres types de clonage possibles, qui nous intéressent plus particulièrement dans ce chapitre. On les appelle **clonages reproductifs** et ils consistent en un clonage en vue de l'obtention d'individus et organismes génétiquement identiques.

Ces deux types de clonage sont :

3. **Le jumelage embryonnaire**, aussi appelé **clonage par séparation de blastomères** (embryon se trouvant au stade 2 à 8 cellules):

On prélève un embryon, on le divise en deux et on obtient des jumeaux parfaitement identiques. (c'est ce qui se passe pour les vrais jumeaux)
On utilise cette technique pour la reproduction en chaîne. Cette méthode en fertilisation in vitro sert à augmenter les chances de réussite de fécondation en créant plus d'embryons à inséminer (Aujourd'hui, il y a toujours un désaccord médical et éthique, bien que cette méthode soit approuvée aux U.S.A.)



Une telle expérience de séparation de blastomère a été effectuée dernièrement, en janvier 1999, et a donné naissance à un seul singe parmi 4 au départ. On l'a appelée Tetra. Tetra n'est pas un clone, puisqu'elle est la seule à avoir son bagage génétique personnel (50% père, 50% mère), mais si un de ses frères était

né, ils auraient le même ADN et pourraient être considérés comme des clones. La technique utilisée pour donner naissance à ce singe reproduit exactement ce que la nature fait lorsque des jumeaux identiques naissent.

4. **Transfert Somatique Nucléaire (TSN):**

A partir d'un individu, on prend le noyau d'une cellule et on l'injecte dans l'oeuf d'un autre individu dont on avait déjà enlevé le noyau.

Le noyau peut venir d'un embryon, d'un fœtus. On peut utiliser les cellules d'un être vivant (les cellules sont prises dans un laboratoire de culture ou de tissus congelés). L'oeuf peut venir de l'individu qui porte le fœtus à qui il va donner naissance ou d'un autre donneur.

Le présent aperçu portera principalement sur le recours au clonage pour développer des **organismes** au moyen de cette dernière technique de technologie de transfert (somatique) nucléaire.

C'est l'équipe de recherche de **Ian Wilmut**, associée à une petite entreprise de biotechnologie écossaise du nom de PPL Therapeutics qui a été la première à utiliser cette technologie avec succès.

2) Dolly

En février 1997, l'équipe de M. Wilmut annonçait l'arrivée de **Dolly**. Dolly est une brebis qui possède exactement le même code génétique (ADN) que sa mère. Si Dolly était issue de la reproduction sexuelle normale, la moitié de son ADN proviendrait d'une femelle et l'autre moitié, d'un mâle.

Selon le mode de reproduction normal, en effet, les enfants ne ressemblent pas comme deux gouttes d'eau à l'un de leurs parents, mais tiennent en général des deux. Leur code génétique est le résultat d'une combinaison de l'ADN des deux parents. Toutefois, les cellules de Dolly contiennent tout l'ADN de sa mère, et aucun ADN d'un autre mouton. C'est pourquoi Dolly est le clone de sa mère. C'est comme si Dolly était la jumelle de sa mère, née quelques années après elle.

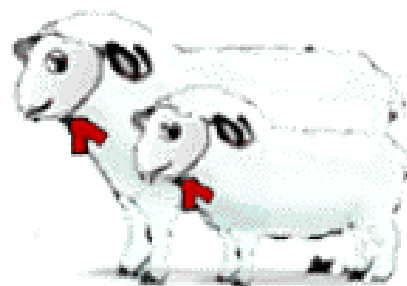
À ce titre, Dolly est sans conteste la brebis la plus connue de l'histoire. Elle a fait la couverture du *TIM* et de *Newsweek*, en plus de faire l'objet de nombreux articles de journaux. Un musée conserve même précieusement un pull tricoté avec la laine de Dolly. Et elle est certainement la seule brebis pourchassée par les paparazzi!



DOLLY (à droite) fut une célébrité mondiale en 1997 : c'était le premier mammifère cloné à partir de cellules prélevées sur un animal adulte. Aujourd'hui adulte, Dolly a donné naissance à Bonnie (à gauche), un agneau en pleine santé issu d'un accouplement et d'une gestation classiques.

3) En quoi Dolly est-elle différente ?

Les scientifiques avaient réussi auparavant à cloner des organismes, alors qu'y a-t-il de différent cette fois-ci? Contrairement aux autres clonages réussis antérieurement, Dolly a été le premier organisme à être cloné en utilisant une cellule animale ADULTE SPÉCIALISÉE. En termes scientifiques, on qualifie cette cellule de **différenciée**.

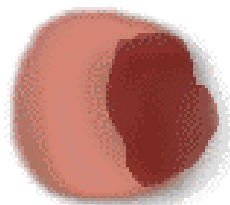


Qu'est-ce qu'une cellule différenciée?

Les organismes pluricellulaires, comme les moutons et les êtres humains, sont constitués de millions de cellules. Et même si toutes les cellules de l'organisme adulte renferment le même code génétique, certaines cellules ont une apparence et une fonction fort différente car elles se sont spécialisées dans des tâches fort différentes.

Les cellules T qui font partie de notre système immunitaire, par exemple, ressemblent peu à nos cellules nerveuses, car elles doivent être structurées de sorte à nous aider à combattre l'infection, tandis que les cellules nerveuses doivent pouvoir transmettre et recevoir les impulsions électriques qui caractérisent la fonction cérébrale.

Cellule sanguine
lymphocyte T



Cellule nerveuse



Ceci étant dit, il ne faut pas oublier que TOUTES nos cellules -- du coeur au poumon et des muscles aux nerfs -- proviennent d'UNE SEULE CELLULE NON SPÉCIALISÉE (ou non différenciée). Lors de la procréation, cette cellule se divise plusieurs fois pour former de nombreuses cellules, dont la plupart se spécialisent petit à petit. Ce processus de spécialisation s'appelle **différenciation cellulaire**.¹

Avant l'annonce du clonage de Dolly, peu de scientifiques pensaient que la différenciation cellulaire était réversible chez les mammifères. En d'autres termes, l'idée qu'on puisse amener une cellule animale différenciée à « recommencer » et à produire des cellules génériques non différenciées qui donnent naissance à un organisme entièrement nouveau semblait peu

réaliste. Ceci était par contre, comme vu auparavant, tout à fait faisable avec n'importe quelle cellule végétale d'une plante (feuille, tige, racine...), qui est capable de reformer un organisme entier et en bonne santé. On appelle de telles cellules **totipotentes**.

Dans les années 1970, on mena des expériences dans le cadre desquelles le noyau d'une cellule différenciée de grenouille fut transféré à un zygote **énucléé** (dont le noyau a été enlevé). Dans certains cas, le zygote se développa et produisit plusieurs cellules (parfois, même des têtards!), mais ces cellules ne se développèrent jamais en des grenouilles matures.²

Comment l'équipe de M. Wilmut est-elle alors parvenue à « reprogrammer » une cellule différenciée obtenue du pis (glande mammaire) d'une brebis adulte pour qu'elle se divise et se transforme en une brebis entièrement nouvelle? En fait, elle a mis à profit ses connaissances d'un processus appelé **cycle cellulaire**.

Le cycle cellulaire

De nombreuses cellules vivantes traversent un **cycle cellulaire** périodique, pendant lequel elles grandissent, répliquent leur matériel génomique et se divisent en deux cellules filles plus petites. Ces cellules filles grandiront à leur tour, répliqueront leur ADN et se diviseront à mesure que le cycle se répète.

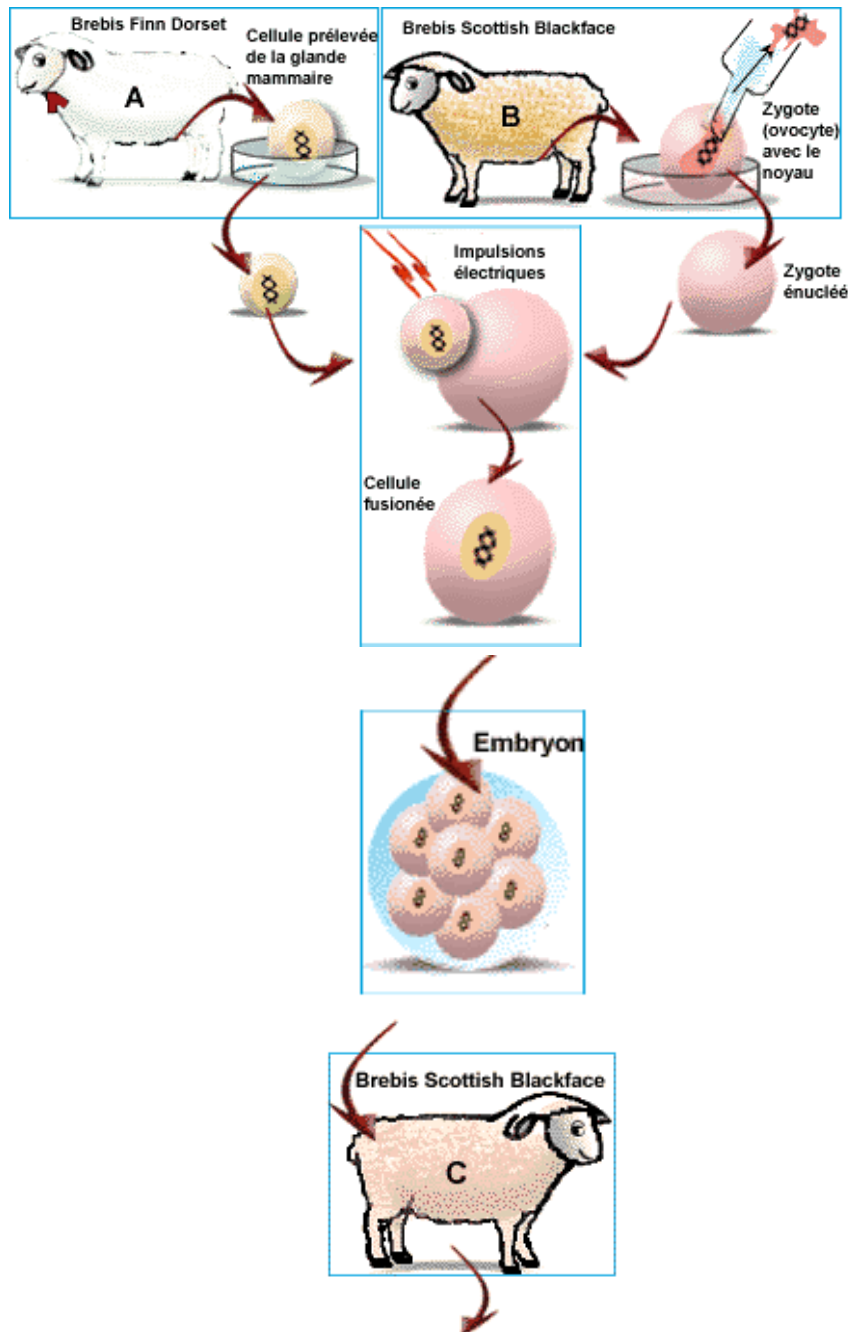
Certaines cellules traversent ce cycle plusieurs fois, puis deviennent **quiescentes**. Le processus de développement d'une cellule quiescente s'est arrêté, ce qui veut dire que la cellule a arrêté de se diviser, mais qu'elle est loin d'être dormante ou inactive. Toutes les cellules du cerveau (appelées neurones) sont quiescentes, mais elles sont toujours occupées. En plus d'absorber et de digérer les nutriments nécessaires à leur survie, elles envoient des impulsions électriques dans tout le corps de façon à ce que nous puissions, par exemple, nous déplacer, parler et penser.³ Mais elles sont quiescentes, donc ne se divisent plus.

La présence de certaines molécules appelées **facteurs de croissance** stimule la cellule, qui se divise et passe par différentes étapes du cycle cellulaire. En l'absence de ces facteurs de croissance pendant une semaine environ dans une boîte de Pétri (boîte de culture de laboratoire), il a été possible de provoquer la quiescence d'une cellule. L'équipe de M. Wilmut a réussi, car elle a rendu quiescentes les cellules tirées du pis du donneur avant d'implanter le noyau dans le zygote énucléé, ce qui a, pour une raison ou une autre, entraîné la « reprogrammation », par le zygote, du noyau donné d'une manière autrefois jugée impossible par les scientifiques, et le noyau a pu se développer en un nouveau clone!⁴

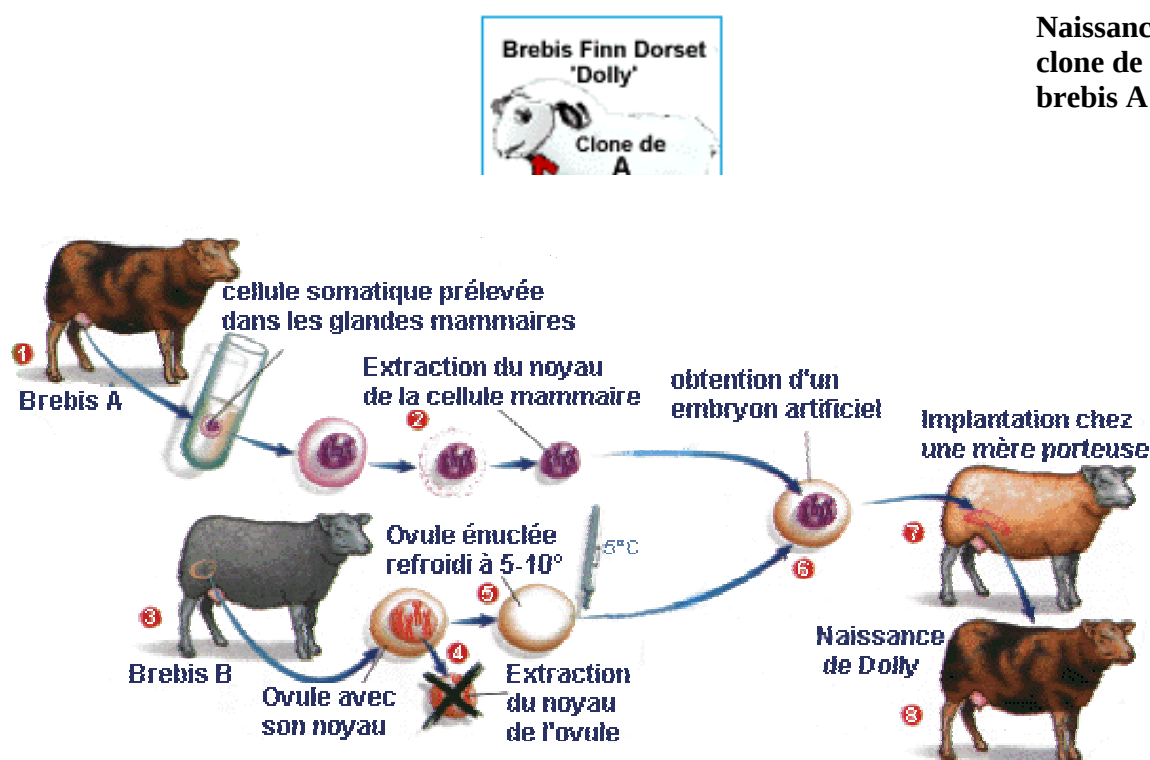
Voici deux schémas des étapes suivies par l'équipe de M. Wilmut pour créer Dolly:

Alors qu'il aurait été possible, en théorie, de créer le clone de la brebis A (Dolly) à l'aide de la brebis A uniquement, on a utilisé les brebis B et C dans le processus de clonage aux fins de contrôle scientifique, pour s'assurer que Dolly était véritablement un clone et non le résultat d'un accouplement sournois!

Extraction et culture d'une cellule prélevée dans la glande mammaire



Naissance du clone de la brebis A (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 dénucléé 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.

4) Après Dolly...

Trois ans après l'arrivée de Dolly, les techniques de clonage ont beaucoup évolué. Bien que la technique de clonage décrite ici soit en grande partie une méthode aléatoire (l'équipe de M. Wilmut a fait 276 essais avant de produire Dolly), des scientifiques d'Hawaïi ont signalé en juillet 1998 qu'ils avaient mis au point une technique de clonage légèrement modifiée, qu'ils avaient utilisée pour cloner des souris, et que leurs résultats avaient été plus cohérents.⁵





Entre-temps, en Chine, les scientifiques espèrent sauver les pandas géants de l'extinction en les clonant. Le clonage d'un panda géant est une tâche bien plus compliquée que le clonage d'une brebis. Ce projet, déclaré projet prioritaire par le gouvernement chinois, devrait être mené à bien avant 2003.⁶



La mère porteuse (au centre) est entourée de sa



OLLY (à gauche) est un clone transgénique. Le gène d'une protéine humaine, le facteur ix, a été ajouté à la cellule qui portait le patrimoine génétique de l'agneau, de sorte que Polly a le gène humain dans ses cellules. La brebis (à droite) qui a porté Polly est d'une race cossaise à tête noire.

progéniture clonée à partir des techniques de clonage à d'autres techniques biotechnologiques bien connues. Par exemple, l'équipe de M. Wilmut, associée à PPL Therapeutics, a produit **Polly**, un clone de brebis porteur du gène humain qui code le **facteur IX**, facteur de coagulation sanguine.

On espère que Polly produira dans son lait la protéine, qu'on pourra alors recueillir et utiliser pour traiter les hémophiles. Polly est un animal transgénique. (Un organisme transgénique est un organisme dans le génome duquel on a introduit du matériel génétique étranger). Dans ce cas, le matériel génétique étranger est le gène humain qui code la protéine du facteur IX). Mais Polly a également été créée à l'aide de la technologie du clonage. On pourrait donc aussi l'appeler **clone transgénique**^{7,8,9}



Des séquences d'ADN issues d'une brebis et d'un être humain sont combinées puis injectées dans des cellules de mouton qui sont utilisées comme donneuses de noyaux

Les cellules qui résistent, car elles ont intégré la construction génique qui combine le gène de la résistance à la néomycine et le gène qui code la protéine intéressante, sont utilisées comme donneuses lors des transferts nucléaires

En avril 1999, des chercheurs de Montréal ont réussi également avec la production de trois chèvres, dont le bagage génétique a été modifié. Les triplés **Danny, Clint et Arnold** sont les premiers animaux de bétail

domestiques clonés au Canada. Le clonage a été réussi à l'aide du transfert nucléaire, la même technique utilisée que pour Dolly. La différence réside dans le fait que ces trois chèvres sont seulement identiques entre elles et non avec leur mère. La compagnie Nexia Biotechnologie produit, depuis, du lait de chèvre génétiquement modifié, susceptible de servir à des fins médicales.

Willow, une chèvre transgénique de Nexia ayant fait l'objet de modification génétique, possède un gène humain en plus de son matériel génétique normal. Cette même compagnie, Nexia Biotechnologie, se démarque grâce à ses travaux de mise au point de la soie d'araignée, extraite du lait des chèvres. Une fois perfectionnée, la soie naturelle est reconnue comme la fibre la plus résistante et la plus solide. Ce produit pourrait être employé dans des projets où la force et la légèreté sont essentielles, comme dans le domaine de l'aérospatial et de l'ingénierie. De plus, la soie est compatible avec le corps humain. Elle pourrait donc éventuellement répondre aux besoins médicaux en biomatériaux de haute performance utilisés pour la fabrication de tendons, de ligaments artificiels, de prothèses ainsi que pour la réparation et la cicatrisation des plaies. Le clonage permettrait donc de produire des produits de la soie, en utilisant moins d'animaux.

Un projet de modification génétique sur les vaches, en vue de trouver un remède à la sclérose en plaques, est présentement étudié. Il s'agit de faire en sorte que des vaches âgées de quelques mois seulement parviennent à produire du lait, et ce, dû à l'addition de gènes humains. Les scientifiques introduiraient une copie d'un gène humain dans les cellules bovines afin que les vaches produisent une variété de lait qui serait utilisée dans certains traitements. Une lactation précoce, provoquée artificiellement dès l'âge de 6 mois plutôt qu'à 20 mois, permettrait aux chercheurs d'utiliser le lait pour effectuer des tests portant sur l'efficacité de la manipulation génétique.

Le clonage permettrait également une amélioration des cheptels afin qu'ils soient plus rentables. L'éradication de certaines maladies infectieuses et des défauts génétiques, est également envisageable. De plus, la production de médicaments contenus dans le lait de vache et de mouton constitue une méthode moins coûteuse que celle employée dans des laboratoires pharmaceutiques.

Le clonage de mammifères d'autres applications possibles. Notamment, on étudie la production d'organes d'animaux génétiquement modifiés qui pourraient être transplantés sur l'homme. Chaque année, des milliers de personnes meurent en attente d'une **greffe** de cœur, de foie ou de rein. Toutefois, les **organes de porc** «normal» sont rapidement détruits par les réactions immunitaires quand ils sont greffés à un malade : des protéines de surface des cellules de porc sont reconnues par le système immunitaire, parce qu'elles sont modifiées par une enzyme, l'alpha-galactosyl transférase. Ainsi, un organe d'un porc que l'on aurait génétiquement modifié pour qu'il ne synthétise pas cette enzyme serait mieux toléré (à condition, toutefois, d'administrer au greffé des médicaments qui suppriment les réactions immunitaires résiduelles, moins intenses). En réalité, les cellules de porc portent, en surface, plusieurs antigènes spécifiques (de l'ordre de quelques dizaines). Les mécanismes de rejet des xenogreffes sont multiples, et l'on devra agir sur plusieurs gènes du porc pour assurer une tolérance satisfaisante du système immunitaire du receveur humain. (voir chapitre sur les xénogreffes).

C'est le 17 août dernier qu'une équipe japonaise a cloné une truie noire afin de produire des porcs transgéniques. **Xena** est une jeune truie en parfaite forme obtenue par une technique de micro injection permettant de sélectionner quels gènes seront transmis à la cellule. Encore là, il a fallu utiliser plusieurs ovocytes (110) afin qu'un seul d'entre-eux puisse croître et donner naissance à Xena. Les 110 ovocytes ont été injecté dès le début de leur développement à l'intérieur de l'utérus de 4 truies blanches, pour ainsi prouver que Xena n'avait aucun gène commun avec sa mère porteuse.



Par clonage, on pourrait également obtenir des animaux dépourvus du gène du **prion** (l'agent responsable des encéphalopathies spongiformes bovines, ou maladie de la **vache folle**). Comme de nombreux médicaments contiennent de la gélatine ou d'autres produits d'origine bovine, on éviterait tout risque de contamination par des prions provenant d'animaux infectés.

5) Une technique encore mal maîtrisée

La naissance de Dolly fut annoncée de façon triomphale par ses réalisateurs. Or, les échecs qui surviennent ne font pas autant de bruit. La population est toujours très bien informée des progrès scientifiques, mais très peu des échecs. Ainsi, plus de deux clones sur cinq sont voués à l'échec et meurent prématurément. Les chercheurs ne commentent pas volontiers ces décès. Prenons l'exemple d'une vache clonée en juillet 1998. Elle était un clone adulte. Son patrimoine génétique provenait non pas de l'union naturelle d'un spermatozoïde et d'un ovule, mais plutôt d'une cellule somatique prélevée sur l'oreille d'une autre vache et implantée dans un ovule, préalablement vidé de ses gènes. Cette vache était le premier clone d'un mammifère adulte dont aurait pu s'enorgueillir la recherche française. Or, elle n'a vécu que 6 semaines et est morte des suites d'une anémie sévère. Son taux de globules blancs avait chuté de façon surprenante. À l'autopsie, on a découvert que son thymus avait diminué de volume, de même que ses ganglions. L'animal était très déficient au point de vue immunité. Les chercheurs se disent surpris que la vache ne soit pas morte plus tôt. Plusieurs ont émis l'hypothèse que l'animal a été protégé par les anticorps contenus dans le colostrum dont il se nourrissait.

Évidemment, ce n'est pas le premier cas où un clone bovin meurt. **Marguerite** avait également été conçue par la méthode du clonage d'une cellule somatique, cellule qui, cette fois, avait été prélevée sur un fœtus et non sur un adulte. L'animal est également mort à 6 semaines, emportée par une septicémie, suite à une blessure mineure. Une septicémie est une maladie causée par la multiplication rapide de bactéries pathogènes dans le sang. Il est fort probable qu'elle avait aussi un système immunitaire déficient.



Marguerite, une vache clonée

La technique de clonage d'ADN adulte est remise en cause. Tous ces succès ont été accompagnés d'un nombre trop élevé d'échecs. Entre 40% et 74% des clones issus de cellules somatiques meurent pendant les derniers mois de gestation ou peu après la naissance, suite à des problèmes respiratoires et circulatoires. Ces nombreux décès ont amené les scientifiques à beaucoup réfléchir. La mort prématurée n'est pas le fruit du hasard. Ces anomalies sont-elles dues à un défaut de reprogrammation des gènes dans la cellule adulte, à un problème d'interaction entre la mère et le fœtus, ou à une autre cause inconnue? La technique de clonage somatique pourrait être à l'origine de l'évolution des maladies.

On ignore la cause de cette surmortalité, mais elle indique que l'on ne maîtrise pas parfaitement la reprogrammation génétique qui s'effectue avant la naissance de jeunes animaux viables. Il suffit qu'un seul gène s'exprime de façon inappropriée pour que l'embryon cesse de se développer, faute d'une protéine vitale. Or une telle reprogrammation met probablement en jeu des milliers de gènes selon un scénario partiellement aléatoire. Diverses améliorations techniques pourraient réduire la mortalité, la recherche essaie de trouver la faille de cette technique de clonage.

Revenons à notre premier exemple, et voyons ce que devient Dolly, le premier clone adulte, aujourd'hui. Dès les premières heures qui ont suivi sa naissance, ce petit agneau est devenu un phénomène de société. Aujourd'hui, trois ans après sa naissance, un problème scientifique inédit se pose : on ne sait plus très bien **quel est son âge**. Son âge de naissance (3 ans), ou le sien, augmenté de celui de sa mère-sœur (6 ans), ce qui lui donnerait 9 ans en tout? C'est en regardant les télomères de Dolly et ceux d'autres brebis clonées, que les scientifiques ont entrepris l'étude de l'os temporal de ces animaux. Cet os est plus court que prévu chez tous les animaux résultant d'un clonage. Leur os temporal respectif paraît marqué par l'érosion, l'usure ou tout simplement par l'âge. L'explication est simple: lors de chaque division cellulaire, les bouts des chromosomes, appelés **télomères**, se dégradent peu à peu, par un processus naturel. Après de multiples divisions, les télomères deviennent non fonctionnels et la cellule meurt. Les télomères de Dolly sont usés comme ceux d'une brebis de 9 ans. Comme l'a expliqué le Dr Ian Wilmut, le père de Dolly, "cette pendule particulière n'a pas été remise à zéro avec le clonage". Bien que l'animal soit en pleine forme après deux grossesses normales, les scientifiques continuent d'établir un rapport entre les télomères et l'âge de Dolly.

Le problème est au fond plus complexe qu'il n'en laisse paraître. Si des scientifiques se mettent à cloner des humains en suivant la méthode utilisée pour Dolly, certains problèmes de santé pourraient survenir. Les cellules du clone adulte auront l'âge du spécimen cloné. Comme nous le savons, il est techniquement envisageable qu'un clone humain naisse. Il suffit de se procurer des cellules adultes comme celles de la peau, de préparer quelques milliers de cellules et de les mettre en culture dans le même type de sérum que celui qui fut utilisé lors de l'expérience de Dolly. Avec cette technique, les cellules se désécialisent et se déprogramment jusqu'à ce qu'elles redeviennent des cellules à l'état primitif, embryonnaire. Ensuite, il faut récolter une quantité importante d'ovules, soit de l'ordre d'environ un millier. Lors d'une stimulation ovarienne chez la femme, dix ovules sont obtenues, en moyenne. Ainsi, l'échantillon devrait provenir d'au moins cent prélèvements féminins. Par la suite, les mille ovules sont mis sous « anesthésie générale », et par un choc électrique, les cellules déprogrammées sont fusionnées avec les ovules. L'expérience de Dolly, à cette étape, comptait déjà plus de 277 œufs fusionnés. Les ovules traités sont alors disposés en culture pendant deux ou trois jours, pour ensuite être implantées dans l'utérus d'une mère-porteuse,

sous forme d'embryons ayant déjà commencé à se développer. Pour parvenir à produire un clone humain, il faudra donc trouver autant de femmes prêtes à porter, qu'il y a d'embryons en développement et attendre neuf mois, pour l'obtention des résultats. Les probabilités d'avoir un clone bien développé et en santé seraient de 1/1000 d'après divers calculs scientifiques.

6) Ethique et réglementation

Selon des juristes, la **recherche sur le clonage humain** n'est **pas expressément interdite**, dans la mesure où les éléments de départ ne sont pas des embryons, mais seulement des cellules sexuelles ou somatiques. Par contre, le rapport Braibant, émis en 1988, proposait quant à lui, de limiter les recherches susceptibles d'aboutir à la parthénogenèse ou clonage, dans les cas où la production d'embryon était réalisée sans spermatozoïdes. C'est le cas lors d'un clonage d'ADN adulte comme celui utilisé pour Dolly. Le monde scientifique fut témoin d'une grande nouveauté, puisque habituellement, une loi n'interdit jamais les recherches mais les résultats. Les juristes insistent beaucoup sur l'importance de l'article L 152-3 concernant l'assistance médicale à la procréation et qui énonce : "un embryon ne peut être conçu in vitro que dans le cadre et en suivant les finalités d'une assistance médicale à la procréation, telle que définie à l'article L 152-2. Cet embryon ne peut être conçu avec des gamètes ne provenant pas d'au moins un, sinon des deux membres du couple ". Ce sont les termes "conçu" et "procréation" qui posent problème. Ceux-ci impliquent la présence d'un élément masculin et féminin. Lors du clonage, l'ovocyte énucléé peut-il encore être considéré comme un gamète? La loi ne le précise pas, il est donc facile de la détourner. La solution est fort simple, il faut établir des lois claires et précises. Plusieurs pays ont suivi cette dernière recommandation. Voici des exemples de règles qui sont déjà en vigueur :

- Σ **Allemagne** : Depuis 1990, la loi sur la protection de l'embryon interdit "la création de clones (embryons humains possédant le même génotype qu'un autre embryon, fœtus ou une autre personne vivante ou décédée), chimères et hybrides". Sanctions pénales allant jusqu'à 5 ans d'emprisonnement.
- Σ **Espagne** : Depuis 1988, la loi interdit "la création d'êtres humains identiques par clonage". Les recherches sur l'embryon sont autorisées jusqu'au 14e jour.
- Σ **Danemark** : Depuis 1987, la loi interdit la "production de clones et de chimères". Un moratoire suspend les recherches sur l'embryon.
- Σ **Australie** : Depuis 1988, les États de Victoria, l'Australie méridionale et la Nouvelle-Galles du Sud "interdisent le clonage et les chimères".
- Σ **Italie** : Depuis le 5 mars 1999, une ordonnance du ministre de la Santé interdit le clonage animal ou humain "en attendant que le Parlement se prononce sur un statut de l'embryon et sur la procréation assistée". Il n'y aura pas de législation sur la bioéthique.
- Σ **Argentine** : Depuis le 7 mars 1999, le président Carlos Menem a interdit "les expériences de clonage humain". Un projet de loi doit être présenté.

- Σ **Canada** : Depuis juillet 1995, le clonage d'embryons humains est interdit par un moratoire. Un projet de loi doit confirmer ces interdictions.

Par contre plusieurs autres pays n'ont pas de lois interdisant le clonage. Par exemple :

- Σ **États-Unis** : Il n'existe aucune loi fédérale réglementant le clonage, la procréation médicale et les recherches sur l'embryon. Le Comité fédéral d'éthique admet la conception d'embryons à des fins de recherche mais recommande de limiter les expériences au 14^e jour. Bill Clinton a interdit que toute subvention soit accordée à des expériences sur le clonage humain.
- Σ **Japon** : Aucune loi. Le ministre de l'Éducation a décidé de ne pas accorder de fonds à des recherches sur le clonage. Le ministre a appelé à la formation d'un comité national d'éthique et il veut légiférer.
- Σ **Roumanie** : Le clonage humain devrait faire l'objet d'une disposition particulière dans le cadre du projet de loi sur les transplantations d'organes, prochainement soumis au Parlement roumain.
- Σ **Chine** : Aucune loi sur le clonage
- Σ **Israël** : Un projet de loi destiné à interdire le clonage humain est en attente au Parlement.
- Σ **Corée du Sud** : Aucune loi sur le clonage. Des groupes écologistes et religieux ont demandé au Gouvernement de prendre des mesures pour interdire le clonage et supprimer les aides gouvernementales pour ce type de recherches.

Les **comités d'éthique** se voient dans l'obligation de rendre des avis de consultations sur les grandes questions d'ordre éthique soulevées par le développement des sciences. Ils veulent donc rendre un avis sur le clonage à partir d'une analyse complète, portant sur les aspects médicaux, scientifiques et éthiques relatifs au clonage.

Ces règles sont largement insuffisantes pour des chercheurs moralement responsables. Même si les chercheurs disent ne pas envisager le clonage humain, certains défient toutes les règles de l'éthique énoncées, même celles qui proviennent de leur propre société savante. Par exemple, lors d'un congrès à Montréal en 1993, les docteurs Hall et Stillmann, propriétaires d'une clinique de fertilité, ont révélé, devant une salle remplie, qu'ils avaient cloné des embryons humains.

7) Science et convictions

On pourrait continuer à se demander s'il y a vraiment une bonne raison de cloner. Pour la modique somme de 200 000 dollars américains, les parents fortunés pourront recevoir de l'assistance professionnelle leur permettant d'avoir un enfant qui serait le clone de l'un d'eux, foi de Raël ! Le fondateur du mouvement raélien a effectivement annoncé le lancement de la compagnie "Vaillant Venture Ltd." spécialisé dans le clonage humain. La compagnie, qui a

son siège social aux Bahamas, envisage de construire un laboratoire dans un pays où le clonage humain n'est pas illégal.



Selon Raël, le clonage permettra à l'humanité d'accéder à la vie éternelle. "La prochaine étape sera de faire des clones déjà adultes sans procédés de croissance et de transférer la mémoire et la personnalité". Raël précise même, que la résurrection de Jésus est le fruit d'un clonage. Raël témoigne que les chercheurs écossais ayant réussi le clonage de Dolly "peuvent donc aller se rhabiller".

Face à la vitesse foudroyante des progrès, des techniques et du développement des connaissances en biologie et en médecine, les comités d'éthique multiplient leurs recommandations. Même si la fabrication de souris, de vaches laitières ou d'animaux en voie de disparition semble être un bienfait, que dire en revanche du clonage pour améliorer la race humaine, pour palier la stérilité? Que chacun ait à sa disposition un double qui servirait comme banque d'organes est-il une nécessité? Les problèmes d'ordre éthique se posent de plus en plus. Par exemple : devrait-on imposer un moratoire sur les recherches concernant le clonage ? Les comités peuvent interdire la technique mais ils ne peuvent pas repousser la biologie.

Les opinions se rangent vraiment en deux parties distinctes. L'homme a-t-il le droit de **modifier sa nature profonde** et tenter d'accéder à la **perfection**? L'homme doit définir les limites de l'acceptable. Le recours aux théories morales semble être le seul moyen de démêler les valeurs, le progrès scientifique, l'économie, les droits, etc. Plusieurs ne voient que des avantages vis-à-vis du clonage. Selon ces derniers, les cancers pourraient être éliminés. En trouvant les gènes défectueux, le clonage permettrait de stopper la division de la cellule défectueuse. De plus, comme les tissus du cerveau et du système nerveux endommagés ne se régénèrent pas d'eux-mêmes, le clonage pourrait permettre l'introduction de cellules capables de se régénérer. Les parents qui ont des problèmes génétiques pourraient désormais avoir un enfant quand même en ayant recours aux méthodes de clonage, tout comme les couples où l'un des deux membres est infertile. Les personnes malades ayant un urgent besoin d'organes n'auraient plus qu'à recourir au clonage, plutôt qu'attendre des mois pour trouver un donneur compatible. Ainsi, que ce soit le cas d'une mère qui préférerait avoir des jumeaux plutôt que de devenir enceinte deux fois, d'un père très talentueux musicalement qui voudrait transmettre ses habilités à son enfant, ou encore le cas d'un couple de lesbiennes voulant avoir un enfant, toutes ces éventualités pourraient désormais être possibles, grâce au clonage.

D'un autre côté, il y a ceux qui ne voient pas en quoi le clonage humain est utile à l'humanité et ils en témoignent avec de multiples raisons. Le clonage, résultat d'une conception artificielle est inacceptable. La religion catholique prône que l'esprit est transmis lors de la conception naturelle d'un humain et non artificiellement. Plusieurs sondages à cet effet ont été réalisés : 53% des Américains sont opposés au clonage, que ce soit sur les humains ou sur les animaux. Toutefois, ils se déclarent prêts, dans 71% des cas, à revoir leur position, si cette technique permettait de sauver des vies. Il y a même 6% d'entre eux qui se disent prêts à se faire cloner. Plusieurs se disent pour, seulement par curiosité scientifique. Un autre sondage effectué auprès de 1005 Américains adultes révèle que 89% d'entre eux trouvent le clonage humain moralement inacceptable et que 66% trouve le clonage animal moralement acceptable. D'un autre côté, 69% ont peur des conséquences du clonage humain et 74% croient que le clonage humain est contre la volonté de Dieu, contre 19% qui croient le contraire.

Il est évident que de telles divergences d'opinions surviennent. En sachant que les comités spécialisés en bioéthique regroupent plusieurs disciplines tels des juristes, des philosophes, des scientifiques, des prêtres, des économistes, des politiciens et plusieurs autres, on comprend pourquoi la bioéthique est si complexe à traiter.

8) LE CLONAGE : Arguments pour et contre

Argument n°1 :

Le clonage est une insulte envers la dignité humaine. En général, ceux qui s'insurgent contre le clonage sont incapables d'en expliquer le pourquoi. L'argument en soi semble être évident. L'argument est basé sur la «génétique fondamentale» ou déterminisme génétique. L'argument en soi est un affront à la dignité humaine. L'Unesco persiste à dire la même chose alors que, dans sa déclaration au sujet du génome humain, elle a déclaré clairement que les gens ne pouvaient pas être comparés à leurs gènes.

Argument n°2 :

Le clonage n'est pas naturel. Le clonage a lieu dans la nature. Ex : les jumeaux identiques. Les jumeaux se considèrent comme individus et non comme une copie de quelqu'un d'autre. Des jumeaux identiques diffèrent en plusieurs aspects : Ils ont des espérances de vie différentes, des empreintes digitales différentes, un QI différent....

Exemple: des jumeaux siamois avaient des personnalités différentes. L'un était un alcoolique dépressif, l'autre un gai luron, non alcoolique.

Argument n°3 :

C'est très bien si la nature fait des clones.

Mais si nous le faisons, nous nous jouons de Dieu. La médecine moderne ne se fie plus tellement à la nature. Ils utilisent la fertilisation in vitro, essayent de garder des enfants en vie qui représentent un poids de 700 grammes et là où la culture et la religion le permettent, ils utilisent des donneurs de sperme, des oeufs et des embryons. Alors pourquoi le clonage serait-il différent des technologies reproductrices ?

Argument n°4 :

Les clones n'auront pas une âme individuelle. Les théologiens et les religions admettent que chaque clone a son âme propre.

Argument n°5 :

Les clones seront traités en deuxième ligne puisque ce ne sont que des « copies ». N'est-ce pas un affront à la dignité ? Mais les jumeaux se sentent-ils diminués parce qu'ils se ressemblent ?

Argument n°6 :

Les clones auront un statut de plus en plus inférieurs si plus de copies du même individu sont produites. Ceci est l'argument de la « photocopie ». Il n'y a aucune évidence scientifique pour cela. Il est improbable qu'on aboutisse à une production de masse.

Argument n°7 :

Le clonage utilise l'être humain pour arriver à ses fins. Les parents désirent des enfants pour différentes raisons, égoïstes ou non. C'est vrai aussi pour le clonage mais pourquoi les parents seraient-ils soumis à certaines règles ? Si la société se mettait à examiner les motifs pour être parents et leur attribuait un « permis » pour le devenir, cela donnerait un pouvoir dictatorial aux gouvernements.

Argument n°8:

Le clonage sera pratiqué pour fabriquer des armées ou des esclaves. Il existe toutefois des moyens moins coûteux pour mettre des armées sur pied et réduire des gens à l'esclavage. Dans le processus de clonage, les femmes ont leur rôle à jouer, la plupart ne seront pas d'accord.

Argument n°9:

Les gens aisés auraient la possibilité de pratiquer le clonage afin de posséder des banques d'organes au cas où il leur serait nécessaire d'avoir des coeurs ou des foies. Le clonage se pratiquerait sans cerveau. Leur destruction éventuelle ne serait pas considérée "comme crime". Utiliser les organes d'un être vivant est considéré comme meurtre. L'emploi de "clones sans cerveau" est également considéré comme meurtre. Dans ce cas, il faudrait ôter le cerveau d'un fœtus ou celui d'un enfant. Ce qui est formellement interdit d'après les lois éthiques et de la morale. En outre, il n'est pas nécessaire de créer un être entier.

Argument n°10:

Les parents (ou des sociétés) pourraient avoir de fausses espérances au sujet des clones. Ils pourraient espérer un clone de Beethoven qui composerait l'équivalent de la neuvième symphonie. Pareil en sport. Les gens pourraient être déçus si le clone ne répondait pas à leur attente.

Argument n°11:

Le clonage créerait un apport différent dans la famille. Vrai, mais est-ce que cela serait pour autant négatif? La relation nouvelle ne doit pas nécessairement être condamnée. Des politiciens bien pensants ont, dans le passé, condamné plus d'une fois des relations familiales, qui plus tard se sont avérées positives. Critiquées par des hommes de lois et au nom de l'éthique aux U.S.A., ces relations familiales sont bien acceptées à l'heure actuelle. On retrouve dans ces idées nouvelles:

- la garde des enfants après divorce
- la mère qui élève seule son enfant
- le père qui élève seul son enfant
- l'adoption d'un enfant soit par un ou l'autre parent
- l'enfant éduqué par un couple homosexuel

Rien ne prouve que les cas cités plus haut nuisent à l'éducation des enfants.

Argument n°12:

Une génération de jumeaux ou de triplés peut être psychologiquement nuisible à tout le monde. Il est en effet impossible de prévoir les incidences psycho-sociales. Comment vont réagir les enfants en face de leur frères et sœur miroirs ? Quelle va être leur attache à la recherche d'une identité personnelle ?

La réaction de l'enfant quant à la manière dont il a vu le jour pourrait dépendre en grande partie de celle de ses parents face à ce mode de conception. Il en est de même pour l'adoption, la fertilisation in-vitro, l'usage de sperme de donneur.

Argument n°13:

Les gens vont abandonner la reproduction sexuelle en faveur du clonage. Il semble que la plupart des couples préféreraient un enfant issu du père et de la mère.

Argument n°14:

Les gens pourraient être clonés à leur insu. C'est vrai. Du sang (stocké dans un but médical) ou des cheveux (récoltés chez le coiffeur) pourraient faire l'objet d'un vol. Des lois devraient être nécessaires afin d'écarter cette possibilité. Le consentement des personnes clonées (ou des parents s'il s'agit d'un enfant) doit être signifié. Ce qui pourrait être dissuasif, ce serait d'instaurer des poursuites civiles avec dommages et intérêts.

Argument n°15:

Les enfants clonés sont codifiés. Toute technologie reproductrice ou adoption coûte de l'argent. Cela n'enlève rien à la valeur de l'enfant, n'enlève pas l'amour que lui donnent ses parents. Il existe des listes de coût des reproductions alternatives:

Fertilisation in vitro (FIV).,
Donneur d'oeuf,
Adoption d'un enfant sain,
Mère porteuse,
Clonage.

Argument n°16:

Le clonage va créer des inégalités sociales. Seuls les plus riches auront la possibilité de se permettre ce mode de conception. Excellent argument. Cela est valable pour toutes les techniques de reproduction et également pour le diagnostic prénatal. Le choix peut augmenter les différences entre les classes existantes, en ce qui concerne la santé et la longévité. Pour éviter de tels excès, il doit y avoir un système universel de soins de santé, garantissant l'accès à cette méthode, en donnant son accord en cas d'infertilité qui ne peut être traité que de cette façon précise.

Argument n°17:

Le clonage n'obtient pas le succès espéré. D'après Wilmut, on ne réussit qu'un cas sur 277 essais. Statistiques actuelles de Wilmut: 277 fusions nucléaires ont abouti à 29 embryons implantés à 13 brebis. Une seule a donné naissance.

Argument n°18:

Le clonage est dangereux. Le clonage peut endommager des enfants car les cellules des adultes ont été exposées à un environnement toxique depuis de nombreuses années et ont développé de nouvelles mutations. Les expériences sur des animaux sont nécessaires pour répondre à ces questions. Ce serait à l'encontre de l'éthique de procéder au clonage humain sans se référer aux expériences faites sur des animaux.

Argument n°19:

Le clonage prolonge la vie.

Argument n°20:

Le clonage peut réduire la diversité humaine spécialement s'il est exécuté sur une large échelle.

LISTE DES OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

1. J.M. Nash, "The Age of Cloning", dans **Time**, le 10 mars, 1997, 34-37
<http://www.pathfinder.com/TIME/cloning/home.html>
2. J.B. Gurdon, R.A. Laskey et O.R. Reeves, **J. Embryol. Exp. Morph.** **34**, 93-112 (1975).
3. J. Love, "The Cloning of Dolly", dans Science Explained [Cité le 24 juillet 1998]. <http://www.synapse.ndirect.co.uk/science/clone/index.html>
4. I. Wilmut, A.E. Schnieke, J. McWhir, A.J. Kind, et K.H.S. Campbell, **Nature** **385**, 810-813 (1997).
5. T. Wakayama, A.C.F. Perry, M. Zucotti, K.R. Johnson, et R. Yanagimachi, **Nature** **394**, 369 (1998).
6. «Chinese Want to Clone Panda » dans ABC NEWS [Cité le 21 juillet 1998].
<http://www.abcnews.com/sections/science/DailyNews/pandaclone980720.html>
7. A.E. Schnieke, A.J. Kind, W.A. Ritchie, K. Mycock, A.R. Scott, M. Ritchie, I. Wilmut, A. Colman et K.H. Campbell, **Science** **278**, 2130-3 (1997).
8. "Pharmaceutical Sheep" dans Science Friday [En direct] [Cité le 24 juillet 1997]. http://www.sciencefriday.com/pages/1997/Dec/hour1b_121997.html
9. "Cloned sheep has human gene" dans CNN: Sci-Tech Storypage [Cité le 24 juillet 1998] <http://cnn.com/TECH/9707/24/polly/index.html>

9) Le clonage et son histoire

1938: Quand 1+1=1	Un allemand, du nom de Hans Spermann, propose une expérience abracadabrante ,qui consiste a créer un zygote "synthétique" en fusionnant le noyau d'une cellule adulte à un ovule. Plusieurs le croyaient fou, mais il était plutôt avant-gardiste. Le clonage est envisagé.
-1952: Des têtards naissent 	Deux philadelphiens audacieux, Robert Briggs et Thomas King, tentent d'effectuer le premier clone. À partir de cellules embryonnaires d'une grenouille juvénile, ils ont tenté 197 transferts de noyau, malheureusement seulement 27 têtards se sont développés.
-1962: Une autre tentative de clonage sur	John Gourdon, à Oxford, entend parler de

les grenouilles	l'expérience des grenouilles. Il tenta la même chose, les oeufs se sont développés en têtard, mais sont décédés peu de temps après. Malgré cet échec, il venait de faire un grand pas dans la science, il avait réussi à cloner des grenouilles, en injectant une cellule somatique d'une autre grenouille dans l'oeuf.
-1979 : Le premier clonage humain est tenté! 	L'Américain L.B. Skittes tente de créer le premier embryon de clone humain par la même méthode utilisée 17 ans auparavant sur des grenouilles. Il réussit à obtenir un noyau de quelques cellules et le détruit au bout de 3 jours.
-1984 : Naissance de bébé congelé	En Australie, est née Zoé le premier embryon congelé pendant 6 mois dans l'azote liquide à -196,1 °C pour être ensuite inséré dans l'utérus d'une mère porteuse.
-1997: Dolly le premier clone mammifère 	Ian Wilmut et Keith Campbell, deux écossais ingénieux, décident de tenter l'impossible: cloner 277 veaux identiques à partir de cellules réfrigérées des mamelles d'une brebis adulte âgée de 6 ans. L'expérience fut presque un échec total, car un seul clone est né, mais il fut connu du monde entier et fut nommé Dolly
-Décembre 1997 : Des agneaux transgénique	5 agneaux transgénique possédant un facteur coagulant sont nés à l'institut Roslin (la même où est née Dolly) en Écosse
-Début 1997 à fin 1998: L'éthique morale dit non au clonage humain.	Partout dans le monde, des équipes se mobilisent pour interdire le clonage humain, qui est considéré comme étant immoral et une entrave à l'humain. Voici un extrait pris sur internet: L'Unesco a adopté le 11 novembre 1997 la Déclaration universelle sur le génome humain et les droits de l'homme qui stipule que le clonage humain est "une offense à la

	dignité humaine"
1998: Après la brebis...le veau!!!  (l-r) George and Charlie	Après le miracle de Dolly qui redonna espoir au scientifiques que le clonage de mammifère était possible, une équipe de l'université du Wisconsin réussit avec succès à cloner un veau à partir de cellules embryonnaires.
-Juillet 1998 : 22 souris	22 souris sont clonées à l'université d'Hawaï
-Novembre 1998 : le clonage humain... encore envisagé?	À l'université du Wisconsin et de Baltimore, des cultures de cellules souches d'embryons humains laissent croire qu'il serait possible de cloner l'homme
-14 Janvier 1999: Tetra premier clone embryonnaire 	Ce procédé consiste à utiliser la technique invitro pour créer un embryon en laboratoire, mais à ce stade ce n'est pas encore du clonage, mais plus tard ça le sera! Car lorsque l'embryon a atteint le nombre de huit cellules, les scientifiques l'ont divisé en 4 groupes pour former deux embryons. L'embryon ainsi endommagé s'est transformé en 4 embryons et ils se sont réparés. Ils ont été insérés dans 4 mères porteuses, mais seulement Tetra est né. Donc il n'est pas réellement un clone, il est plutôt "clone seul".
-Juillet 1999 : Cupidon et Diana	2 moutons naissent possédant chacun un gène humain produisant une protéine contre la mucoviscidose à la PPL Therapeutics
-Janvier 2000 : Des boucs à protéines de soie?	2 boucs sont nés, à la Nexia Biotechnology, possédant une protéine constituant les fils de soie
-Mars 2000 : Les cochons de xénogreffe	5 porcs sont nés à la PPL Therapeutics avec des gènes modifiés en vue de créer une espèce compatible avec la xénogreffe
-17 août 2000: Une équipe japonaise à cloner une truie noire afin de produire des porcs transgéniques 	Encore une fois, il a fallu utiliser plusieurs ovocytes (110) afin qu'un seul d'entre-eux puisse croître et donner naissance à Xena. Les 110 ovocytes ont été injectés dès le début de leur développement en blastocyte à l'intérieur de l'utérus de 4 truies blanches, pour ainsi prouver que Xena n'avait aucun gène commun avec sa mère porteuse.
-Automne 2000: Star Buck 2	Le généticien L.Smith réussit à "redonner naissance" au bovin Star Buck en utilisant

	une cellule de peau de l'oreille quelques temps avant sa mort, ce qui fait que les cellules sont régénérées constamment ce qui réduit les risque de raccourcissement des télomères. Comme dans le cas de Dolly. Monsieur Smith espère que Star Buck 2 sera comme son père, dont le spermatozoïde valait de l'or car les vaches qui en naissaient avait la particularité de produire beaucoup plus de lait que la normale ce qui est très bon pour l'économie de agriculteur
-Futur: nous serons des milliers... de clones?	

10) Textes supports de débats :

Brebis galeuse?

Selon deux chercheurs, Dolly pourrait ne pas être un clone d'adulte. Ses créateurs, eux, sont sûrs de leur fait.

Roslin (Ecosse) envoyée spéciale

Dolly est-elle vraiment la copie d'une brebis adulte? La question est sulfureuse. La bête est le seul clone de mammifère adulte obtenu à ce jour. Si elle n'est pas ce qu'elle est supposée être, alors, le débat mondial sur l'avenir du clonage humain vaut celui sur le sexe des anges...

Vittorio Sgaramella, de l'université de Calabre à Cosenza (Italie) et Norton Zinder, de l'université Rockefeller à New York, ont osé semer le doute dans une lettre publiée le 30 janvier par l'hebdomadaire américain *Science*. Ils estiment que les chercheurs d'Edimbourg n'ont pas donné suffisamment d'éléments scientifiques permettant d'établir la vraie nature de Dolly.

Selon la procédure décrite par l'équipe d'Edimbourg, Dolly est le produit d'un bricolage sans précédent: une cellule de peau d'une brebis de 6 ans «féconde» un ovule vidé de ses chromosomes. Logiquement, l'agnelle née de cette «rencontre» possède le patrimoine génétique apporté par la cellule de peau, qui est celui de la vieille brebis. Mais, selon les deux chercheurs contestataires, les choses pourraient être plus compliquées.

La cellule de peau, soulignent-ils, provient d'un bout de glande mammaire prélevé sur une brebis enceinte, qui a ensuite été cultivé in vitro. Or, on sait que les cellules d'un fœtus peuvent passer le placenta, circuler dans le sang et gagner des tissus de la mère. Le prélèvement de glande mammaire a donc pu contenir des cellules fœtales. Si c'est l'une d'entre elles qui a «fécondé» l'ovule vide, Dolly est le clone, non d'une brebis adulte, mais de l'agneau qu'elle portait...

L'équipe d'Edimbourg, qui répond aux deux chercheurs dans la même édition de *Science*, se dit sûre de son fait. «*Nous avons montré, par quatre tests d'ADN, que l'agnelle a le même profil génétique que la population de cellules mises en culture*, déclare posément le directeur adjoint de l'Institut Roslin, Harry Griffin. *Il est statistiquement infiniment improbable que des cellules fœtales, rarissimes dans le sang, aient pris le dessus dans la culture de glande mammaire, en si peu de temps. Dolly est un clone d'adulte.*»

La seule façon de lever le doute serait de comparer son ADN à celui de la vieille brebis ou à celui de son «enfant naturel». Las, la première est morte plusieurs années avant la naissance de Dolly, laissant pour seule trace une culture de mamelle, prélevée à l'origine pour d'autres projets que le clonage. Quant à son rejeton, il est perdu de vue. «*Mais la preuve viendra*, assure Harry Griffin, *avec la naissance d'un second clone d'adulte.*».

C.Bn.

Oui au clonage humain en Grande-Bretagne

La Grande-Bretagne pourrait sous peu autoriser le clonage d'embryons humains. Un comité d'experts s'apprêterait en effet à recommander que l'on légalise cette pratique controversée.

Grande-Bretagne

03/04/2000 - La Grande-Bretagne s'apprêterait à autoriser certaines pratiques de clonage humain. Selon le journal *Daily Telegraph*, le comité d'experts mandaté par le gouvernement il y a six mois recommandera la légalisation du clonage de tissu humain à des fins thérapeutiques. En ouvrant la porte à ce genre de recherche, on espère pouvoir en arriver un jour à produire des organes transplantables en éprouvette. Les bénéfices potentiels, croient les experts, justifient que l'on mette de côté les objections éthiques.

Le clonage thérapeutique ne vise pas la création d'être humains complets. Cette pratique, que l'on nomme le clonage reproductif, demeurerait interdite. Ce que désirent réellement les chercheurs, c'est la possibilité de créer de tout petits embryons, sur lesquels on pourrait récupérer des cellules-souche. Ces cellules généralistes sont précieuses, car elles ont la faculté de pouvoir se transformer plus tard en n'importe quel organe du corps.

Les chercheurs croient pouvoir, d'ici quelques années, arriver à contrôler le processus qui transforme les cellules-souche en organes prêts à être transplantés. Ils pourraient en principe,



travailler à partir de cellules prélevées sur des fœtus avortés ou des embryons cultivés en éprouvette. Mais ils souhaitent également raffiner leurs techniques de clonage, de manière à obtenir des organes parfaitement adaptés au receveur, sur le plan génétique. Ceci éliminerait les risques de rejet.

Les opposants au clonage humain, parmi lesquels on trouve l'Église catholique et les groupes anti-avortement, jugent inacceptable que l'on sacrifie un embryon, qui est un être humain en devenir, dans le seul but de récolter des cellules d'un type particulier. Pour le moment, le gouvernement britannique n'a pas voulu commenter les conclusions de son groupe d'experts, qui n'ont pas encore été officiellement déposées. Mais plusieurs parlementaires influents ont indiqué qu'à leur avis, le clonage humain serait une bonne chose.

Philippe Gauthier
pgauthier@cybersciences.com

Dernière modification : 03/04/2000

Des chats à neuf vies grâce au clonage

Une compagnie américaine offre un service de congélation d'ADN de chats et de chiens. Bientôt, promet-elle, on pourra s'en servir pour cloner des compagnons disparus. À condition d'avoir un gros budget.

États-Unis 17/02/2000 - Le jour n'est pas loin où votre chat aura vraiment neuf vies. Tout comme votre d'ailleurs.

texane, Savings and actuellement d'entreposage conservation chien et de chercheurs actuellement point les



chien, Une entreprise Genetic Clone, offre un service et de d'ADN de chat. Ses travaillent à mettre au techniques de

clonage pour ces animaux, de sorte que d'ici cinq ans, on pourra cloner votre toutou décédé et en faire une copie conforme.

L'entreprise est issue d'un projet amorcé à l'Université A&M, au Texas, quand un milliardaire anonyme a offert 2,3 millions de dollars à des chercheurs pour qu'ils clonent Missy, son chien collie. Le projet, appelé « Missyplicity » n'a pas encore complètement abouti, mais on sait maintenant comment conserver des tissus d'animaux congelés en vue d'un clonage éventuel. À la recherche sur les chiens s'est ajouté un projet concernant les chats, « Copy Cat ».

Conserver l'ADN de toutou ou de minou pour la postérité n'est pas donné. Congeler ses gènes coûte actuellement de 1 000 à 3 000 dollars, plus des frais d'entreposage de 100 dollars par année. Quant au clonage, il grèvera encore plus sérieusement le budget des amateurs : environ 200 000 dollars au début, un tarif qui devrait se stabiliser à 20 000 dollars après quelques années.

L'inscription à la banque d'ADN peut se faire en ligne, sur Internet. L'échantillon de tissus est prélevé dans la bouche ou dans l'estomac par un vétérinaire, puis expédié congelé. Le prélèvement peut être effectué jusqu'à une semaine après la mort de l'animal. Genetic Savings and Clone, qui fait aussi du clonage de bovins, admet que les futurs clones de chats et de chiens ne seront pas parfaitement identiques à l'original, notamment en ce qui concerne la personnalité de l'animal.

Source : ABC News

Philippe Gauthier

Dernière modification : 17/02/2000

pgauthier@cybersciences.com

Taux d'échec élevé en clonage

La réussite de Dolly ne doit pas faire oublier que le clonage a encore un caractère expérimental et que le taux d'échec est très élevé.

GrandeBretagne

21/05/1999 - Le clonage de la brebis Dolly a suscité d'immenses espoirs. Le clonage promet une véritable révolution en médecine, notamment en permettant la production d'un nombre illimité d'organes pour la transplantation. Mais il y a loin de la coupe aux lèvres. Les techniques utilisées pour produire Dolly sont loin d'être au point. Beaucoup de clones meurent tard dans la grossesse, emportant aussi la mère porteuse dans la tombe. Beaucoup d'autres meurent prématurément dans les mois qui suivent leur naissance.

Lors du processus normal de reproduction, le taux d'embryons difformes, présentant des défauts génétiques, ne dépasse pas 1%. Lors de la reproduction invitro (technique du bébé éprouvette) ce taux passe à 15%. Dans le clonage effectué à partir de cellules adultes, on atteint 50% d'échecs. Et les clones qui finissent par naître ne sont pas au bout de leurs peines. Lors de l'expérience qui a mené à Dolly, 20 clones ont été produits. Six sont morts peu après leur naissance.

C'est que le clonage d'adultes repose sur une biologie très complexe. À maturité, en effet, les cellules tendent à se spécialiser. Dolly, par exemple, a été créée à partir d'une cellule de pis. Les chercheurs ont dû désactiver tous les gènes qui faisaient de cette cellule une spécialiste de

la production de lait. Il a ensuite fallu activer tous les gènes qui commandent le développement de l'embryon. Bref, on a dû forcer la cellule à retourner en enfance et à tout reconstruire. Un processus très complexe. Il faudra encore des années avant qu'on le maîtrise mieux. D'ici là, le clonage demeurera une opération risquée et frustrante.

Philippe Gauthier
pgauthier@cybersciences.com

Source : BBC

Dernière modification : 21/05/1999

Le clonage inverse le vieillissement

Dolly, la brebis clonée, est née avec des cellules de vieillard. Une fatalité du clonage? Peut-être pas. Des chercheurs ont créé des vaches qui, à un an, ont des cellules plus jeunes que celles de veaux naissants.

États-Unis 27/04/2000 - Le clonage produit-il de jeunes vieillards? C'est ce que l'on soupçonne depuis que l'on a découvert, l'an passé que Dolly la brebis clonée avait des cellules qui avaient son âge plus celui de sa mère. Mais des chercheurs de la firme américaine Advanced Cell Technologies (ACT) remettent cette idée en cause dans un article publié dans la revue *Science*. Ils révèlent, en effet, l'existence d'un groupe de six vaches ayant des cellules plus jeunes que celles de nouveaux-nés, bien qu'elles aient été clonées à partir d'animaux d'un âge très avancé.

cellules ne se
nombre
Lorsqu'elles
faculté de se
mêmes par
jeunes, elles
meurent. Le



En principe, les
divisent qu'un
limité de fois.
ont perdu cette
remplacer elles-
des cellules plus
vieillissent et
processus est

Une par

ernet liés au

regroupement "Industries Canada" (www.ic.gc.ca)

contrôlé par les télomères, des structures de la cellules qui raccourcissent avec chaque division. L'an dernier, on a découvert que la brebis Dolly avait des télomères anormalement courts. Elle avait hérité des cellules âgées utilisées pour son clonage et son propre vieillissement avait fait le reste.

Pour savoir si ce problème se produisait à tout coup, les chercheurs d'ACT ont cloné six vaches à partir de cellules en fin de course, à qui il ne restait plus que de zéro à quatre division. Si le problème de Dolly s'était reproduit, les veaux naissants auraient été, sur le plan cellulaire, de véritables vieillards au seuil de la mort. Or, l'étude menée par Robert P. Lanza révèle au contraire que les cellules de ces veaux avaient environ 90 cycles de division devant eux. Mieux encore, à l'âge d'un an, leur télomères étaient encore plus longs (meilleurs, donc) que ceux de veaux naissants?

Les veaux clonés vivront-ils plus longtemps que des veaux normaux? On ne le sait pas encore. Tout comme on ignore comment les cellules vieillissantes des donneurs ont retrouvé leur jeunesse lors du clonage. Il se peut, croient les chercheurs, que la méthode de clonage ait joué un rôle : les six vaches ont été clonées sans que les cellules des donneurs aient été soumises à un jeûne et à un repos, comme avec Dolly. Chose certaine, cette découverte va relancer l'intérêt pour le clonage, qui s'était émoussé avec la découverte du vieillissement prématuré de Dolly. La recherche se poursuit pour découvrir le mécanisme capable de redonner leur jeunesse aux cellules clonées.

Dernière modification : 27/04/2000
pgauthier@cybersciences.com

Philippe Gauthier

Un clonage simplifié donne naissance à un veau

Un veau né aux États-Unis est le fruit d'une technique de clonage simplifiée, ne nécessitant pas de complexes manipulations pour mettre les cellules à cloner en état de repos. Un premier pas vers le clonage commercial?

États-Unis

29/08/2000 - Des chercheurs américains ont réussi à cloner une vache adulte en utilisant des techniques de laboratoire beaucoup plus simples que celles utilisées jusqu'ici. Le veau, de la race laitière Jersey, est né le 23 août. Millie (C'est son nom) pesait 28 kilos à la naissance. La grossesse de la mère-porteuse, une vache de la race de boucherie Angus, s'est déroulée sans encombre, mais Millie est seule d'un groupe de 95 embryons clonés à s'être rendu à terme. Un progrès tout de même par rapport à la brebis Dolly, née au 277e essai.

La technique utilisée a consisté à prélever des cellules ovariennes d'une vache adulte, Teresa. Ces cellules n'ont fait l'objet d'aucun traitement chimique particulier et ont été cultivées en éprouvette en n'utilisant que des méthodes de laboratoire ordinaires. Puis, on a retiré l'ADN de l'ovocyte d'une autre vache, une autre technique relativement simple, pour ne conserver qu'un cytoplasme (enveloppe extérieure de la cellule) ne contenant aucune information génétique. Les deux cellules ont ensuite été jointes par électrofusion, pour former un embryon.



Une vache laitière de race Jersey.

En tout, 95 embryons ont été créés de la sorte. Au terme de sept jours de culture en éprouvette, 17 d'entre eux ont été retenus pour implantation chez des mères-porteuses. Il y a eu neuf grosses en tout. Six ont duré moins de 60 jours, la septième a duré 175 jours, la huitième, 256 jours et seule Millie est parvenue à terme, soit 278 jours, par rapport à une gestation normale de 280 jours. Des taux d'échecs aussi élevés caractérisent tous les efforts de clonage faits jusqu'ici dans le monde.

La vache qui a été clonée, Teresa, est la championne du Tennessee pour sa race, ayant produit 13 781 kilos de lait en 1999, soit 6 350 kilos de plus que la moyenne. Les éleveurs aimeraient avoir plus d'animaux présentant de telles performances dans leurs troupeaux et le clonage leur apparaît comme une solution séduisante. En raison de son taux d'échec élevé, la méthode n'est pas encore rentable. Mais la technique simplifiée utilisée par Lannett Edwards, de l'Université du Tennessee, représente une étape importante dans la réduction des coûts du clonage.

Philippe Gauthier

pgauthier@cybersciences.com Dernière modification : 29/08/2000

Projet de clonage humain à Chicago

Un scientifique américain a l'intention d'ouvrir une clinique de clonage humain, malgré les questions éthiques soulevées par cette technique.

ÉtatsUnis

07/01/1998 - Un scientifique de Chicago veut mettre sur pied une clinique de clonage humain pour les couples infertiles. Il entend démarrer son projet d'ici à trois mois. G. Richard Seed voit grand : lorsque sa clinique sera ouverte, il a l'intention d'en ouvrir 10 ou 20 autres ailleurs aux ÉtatsUnis, puis cinq ou six à l'étranger. Si les autorités américaines l'empêchent de mettre son projet à exécution, dit-il, il le réalisera dans un autre pays.

La technique utilisée imitera celle que les scientifiques écossais avaient employée en 1996 pour cloner la brebis Dolly.

Richard Seed affirme qu'un groupe de médecins s'est dit prêt à travailler avec lui et que quatre couples se sont déjà portés volontaires pour être clonés. Il estime avoir besoin de deux millions de dollars pour concrétiser son projet. Il dit disposer déjà de quelques centaines de

milliers de dollars. " Vous ne pouvez pas arrêter la science, a-t-il déclaré. Dieu a fait l'homme à son image. Cloner et reprogrammer l'ADN est un premier pas qui nous rapproche de Dieu. "

Un groupe conseil a recommandé au Congrès américain de légiférer pour rendre illégal le clonage d'êtres humains. Selon le National Bioethics Advisory Committee, le clonage comporte des risques de mutations inacceptables et soulève des questions éthiques graves. Le président Clinton, pour sa part, propose d'interdire le clonage humain pour les prochains cinq ans.

AnneMarie Simard
amsimard@mlink.net

Source : CNN

Dernière modification : 07/01/1998

Premier clonage d'un primate

Pour la première fois, un singe rhésus, cousin de l'homme, vient d'être cloné. La technique utilisée est relativement simple. Mais elle ouvre de nouvelles avenues à la recherche médicale.

États-Unis

14/01/2000 - Des chercheurs américains dirigés par Anthony Chan, du Centre des primates de Beaverton, en Oregon, viennent de cloner un singe rhésus. Leurs travaux, publiés dans *Science*, constituent une première, car on n'avait pas encore cloné de primates. La petite Tetra, une femelle née en septembre, est en bonne santé, ce qui semble démontrer que la technique est au point. La production de clones de singes promet de révolutionner la recherche médicale.



Une partie des images
reg

prise des sites internet liés au
(www.ic.gc.ca)

Tetra, le premier singe rhésus
cloné.

La technique utilisée pour le clonage de Tetra est fort simple. Contrairement à la brebis Dolly, qui avait été clonée à partir d'un animal adulte, le petit singe a été produit par simple séparation d'embryon. En fait, les chercheurs ont attendu qu'un embryon se divise jusqu'à atteindre huit cellules. Puis, ils l'ont divisé en quatre groupes de deux cellules, qui ont été insérés dans des ovocytes dont le matériel génétique avait été supprimé. Le tout a été implanté dans des mères porteuses.

La technique simule en réalité ce que fait la nature lorsqu'elle produit des jumeaux identiques. Sa limite, c'est qu'on ne peut pas, en y ayant recours, obtenir plus de quatre copies du même animal. Malgré cette restriction, la recherche médicale pourrait en profiter. Certains travaux exigent des jumeaux identiques, pour fins de comparaison entre divers traitements. Or, les singes rhésus, fréquemment utilisés en laboratoire, ne font jamais de jumeaux.

On contourne la difficulté en utilisant des souris jumelles identiques, faciles à obtenir. Mais certaines maladies n'affectent pas les rongeurs. Et les souris ne constituent pas un modèle valable pour certaines maladies, comme celle d'Alzheimer, par exemple. Les singes rhésus, génétiquement identiques à l'homme à 98%, permettent d'aller plus loin. Et le clonage corrige efficacement l'absence de jumeaux identiques.

Philippe Gauthier
pgauthier@cybersciences.com

Source : AFP

Dernière modification : 14/01/2000

Des clones d'une étonnante jeunesse

Contrairement à Dolly, la plupart des clones ne souffrent pas de vieillissement prématuré. La célèbre brebis serait-elle une exception? C'est ce que pense un chercheur ayant cloné six générations de souris.

États-Unis 21/09/2000 - Les clones ne vieillissent pas tous prématurément. En fait, leurs cellules sont même plus jeunes qu'elles devraient l'être. Ce sont là les conclusions d'une étude menée sur six générations successives de clones par Teruhiko Wakayama, de l'Université Rockefeller, aux États-Unis. Ces résultats, publiés dans la revue *Nature*, contredisent ceux obtenus sur la brebis Dolly, qui semble vieillir prématurément. C'est peut-être un effet imprévu du processus, si souvent raté qu'il favoriserait les cellules les plus vigoureuses.

sur le
prématuré des
à mai 1999,
découvert que
télomères
courts. Ces
protègent
sa duplication,
chaque fois
se divise.
complètement
division cesse,
vieillissantes
remplacées et



La controverse
vieillesse
clones remonte
quand on a
Dolly avait des
anormalement
structures, qui
l'ADN lors de
raccourcissent
qu'une cellule
Lorsqu'ils sont
usés, la
les cellules
ne sont plus
l'organisme

souffre énormément des effets de l'âge. Dolly semblait donc plus vieille que son âge. Mais l'étude d'autres clones ne confirmait pas ce résultat.

Pour en avoir le coeur net, le chercheur américain a décidé de faire des clones de clones. À chaque génération, pensait-il, les défauts cellulaires reliés au clonage s'accumuleraient, de sorte qu'il serait facile de les repérer sur les individus clonés plusieurs fois. Dans les faits, les clones successifs n'ont montré aucun raccourcissement des télomères, ceux-ci devenant chaque fois un peu plus longs. Des résultats intrigants, peut-être dû au fait que le clonage réussissait mieux sur des cellules aux télomères longs.

L'hypothèse est d'autant plus séduisante que le clonage est un processus difficile, qui débouche le plus souvent sur l'échec. Le taux de succès du clonage par transfert nucléaire, utilisé sur les souris, est de 1 à 2% à peine. Et la difficulté augmente avec chaque génération de clones. Sans compter les imprévus. L'expérience de Teruhiko Wakayama a brusquement pris fin lorsque l'unique souris de sixième génération a été dévorée par sa propre mère porteuse!

Philippe Gauthier

pgauthier@cybersciences.com

Dernière modification : 21/09/2000

Deux pères pour un seul enfant

Une utilisation imaginative des techniques de clonage pourrait, en théorie, permettre d'obtenir des bébés éprouvette ayant deux pères et pas de mère, sur le plan génétique du moins.

Grande-Bretagne

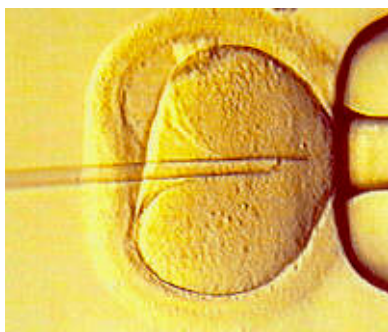
25/09/2000 - Dans un proche avenir, il sera peut-être possible pour une enfant d'avoir deux pères, plutôt qu'un père et une mère. Cette idée, qui pourrait intéresser les couples

58

Source d'images:

Une partie des images utilisée pour ce dossier à été reprise des sites internet liés au regroupement 'Industries Canada' (www.ic.gc.ca)

homosexuels désireux d'avoir un enfant, est une application des techniques utilisées pour cloner la brebis Dolly. Bien que l'exploit demeure impossible pour l'instant, certains gènes maternels étant indispensables à la croissance de l'embryon, il sera sans doute un jour possible d'y arriver, croit le bioéthicien Calum MacKellar, de l'Université d'Edinburgh, en Écosse.



Injection d'un spermatozoïde dans un ovule.

L'approche consisterait à prendre un ovocyte de femme et à remplacer son noyau par l'ADN d'un homme. Cet ovule « masculin » serait alors fertilisé in vitro par le sperme d'un second homme, créant du coup un embryon né de deux pères. Celui-ci serait implanté dans l'utérus d'une mère porteuse, qui mènerait la grossesse à terme. Tout ceci ne pose pas de problèmes techniques trop considérables. Reste la question des gènes maternels, que le génie génétique pourra peut-être régler un jour.

Techniquement, il ne s'agit pas de clonage reproductif, bien que le transfert de noyaux soit une pratique normalement associée à la production de clones. La méthode, qui soulève d'intrigantes questions morales, tombe toutefois sous le coup des interdictions qui entourent le clonage humain. Même la législation relativement permissive dont se dote actuellement la Grande-Bretagne en matière de clonage thérapeutique ne la permettrait pas. Il faut dire que ce scénario précis n'avait pas encore été évoqué lors de son élaboration.

Philippe Gauthier
pgauthier@cybersciences.com

Dernière modification : 25/09/2000

Vers un clonage de mammouth

Un explorateur français a franchi une première étape vers un clonage de mammouth en retrouvant un animal en bon état, congelé depuis 20 000 ans. Reste à en extraire de l'ADN utilisable.

Russie

17/09/1999 - Un groupe scientifique dirigée par l'explorateur français Bernard Buigues vient de prendre une longueur d'avance dans la course au premier clonage de mammouth. Elle exhume actuellement un mammouth laineux congelé en bon état, un objectif poursuivi des équipes du monde entier depuis des années. Leur but : extraire du matériel génétique intact et s'en servir pour produire un clone, à la manière de ce qui avait été fait pour la brebis Dolly.



Le mammouth que l'on déterre est un animal âgé de 47 ans, haut de 3 mètres et pesant deux tonnes. Il est mort il y a 20 380 ans dans le nord de la Sibérie, près de la mer de Kara et de l'île de Wrangell. Il a été découvert sous 1,50 mètre de pergélisol, où la température s'est maintenue à -15 degrés depuis tout ce temps. Le haut de l'animal (la tête et la trompe) a été endommagé par les intempéries. Mais le reste serait intact, y compris les organes internes. La toison typique des mammouths laineux serait aussi en bon état.

Le défi sera maintenant de prélever de l'ADN. Pour effectuer un clonage, tout le code génétique doit être absolument intact. Or, l'ADN d'un être mort accumule des dégâts irréparables au fil du temps. Jusqu'ici, l'ADN de mammouth retrouvé par d'autres équipes était fragmenté et inutilisable. On espère que la congélation aura conservé certaines cellules intactes cette fois-ci.

La méthode pour produire un mammouth à partir d'un segment d'ADN en bon état est connu. Il faut prendre un oeuf (ovocyte) d'éléphant d'Asie (le plus proche cousin du mammouth), retirer son code génétique, y insérer celui du mammouth et placer l'embryon qui en résulte dans l'utérus d'une éléphante qui portera le fœtus à terme sans y ajouter son propre ADN. Simple en théorie, la processus est très délicat en pratique. Cette méthode utilisée pour créer la brebis Dolly échoue de 90 à 95% du temps. Mais rien n'empêche les essais multiples si l'on peut se procurer tout l'ADN nécessaire.

Philippe Gauthier
pgauthier@cybersciences.com

Source : ABC News

Dernière modification : 17/09/1999

George et Charlie ou Charlie et George?

Le clonage a encore fait des petits! Il s'agit cette fois de deux veaux transgéniques - et parfaitement identiques!

ÉtatsUnis

20/01/1998 - Des scientifiques américains ont annoncé qu'ils avaient réussi à cloner deux veaux à partir du même donneur. Les deux animaux sont des copies identiques l'un de l'autre (ainsi que du boeuf dont ils descendent!).

George et Charlie sont nés la semaine dernière dans un ranch du Texas. Ils ont été conçu à partir d'une technique combinant le clonage et l'ingénierie génétique.

Ce n'est pas la première fois que ces deux techniques sont jumelées pour "fabriquer" un animal. On connaissait déjà Molly et Polly, les deux brebis clonées, serties d'un gène humain. Ce dernier est responsable de la production d'une protéine essentielle à la coagulation du sang et utilisée dans le traitement de l'hémophilie.

C'est ce que les Américains appellent le pharming (une contraction entre farm et pharmacy): la production de masse d'animaux clonés et mutés génétiquement, capables de produire des substances utiles à l'industrie pharmaceutique.

Les chercheurs ont affublé George et Charlie de deux mutations génétiques: un simple "marqueur" (permettant de voir si l'expérience a réussi ou non) et une autre qui rend leurs cellules résistantes aux antibiotiques. Ces braves bêtes ne produisent donc pas de substances pouvant servir de médicaments.

Mais leurs "pères" ne perdent rien pour attendre. James Robl, de l'Université du Massachusetts, et Steven Stice, de la compagnie Advanced Cell Technology Inc., disent disposer de vaches dont les foetus sont déjà génétiquement programmés pour produire dans leur lait de l'albumine humaine, une protéine essentielle du sang largement utilisée dans les hôpitaux.

AnneMarie Simard
amsimard@mink.net

Source : ABCNEWS

Dernière modification : 20/01/1998

Le clonage pour sauver le panda de l'extinction

Des chercheurs chinois ont réussi à produire un embryon de panda dans un ovule de lapine. Cette première étape vers le clonage complet d'un panda pourrait aider à préserver l'espèce.

Chine

28/12/1999 - Les pandas se reproduisent difficilement en captivité, ce qui complique grandement les efforts pour sauver l'espèce toujours menacée d'extinction. Pour accélérer la croissance de la population, des chercheurs chinois misent sur le clonage.



Lun Lun et Yang Yang, deux pensionnaires du Zoo d'Atlanta
(Photo : [Atlanta Zoo](http://atlantazoo.org))

L'été dernier, ils ont franchi une première étape : le développement d'un embryon de panda à l'intérieur d'un ovule de lapine. Comme les femelles pandas ont déjà énormément de mal à donner naissance à leurs propres petits, les chercheurs tentent d'utiliser une autre espèce dont les femelles pourraient servir de mères porteuses.

Cependant, il n'est pas sûr qu'une lapine soit la candidate idéale. On craint que les différences de taille et de durée de gestation (un mois pour le lapin et cinq pour le panda) soient trop importantes. Il faudra probablement trouver une mère porteuse d'une autre espèce pour mener la grossesse à terme. Les chercheurs chinois espèrent réaliser le premier clone de grand panda d'ici trois ans.

Le grand panda (*Ailuropoda melanoleuca*) vit uniquement dans les forêts de bambous du centre de la Chine. On estime à moins d'un millier le nombre de pandas vivant en milieu naturel. L'année 1999 a été particulièrement profitable pour l'espèce. Au cours des douze derniers mois, environ vingt petits pandas sont nés en captivité et la plupart d'entre eux sont toujours vivants.

Philippe Chartier
chartiep@cybersciences.com

Source : BBC

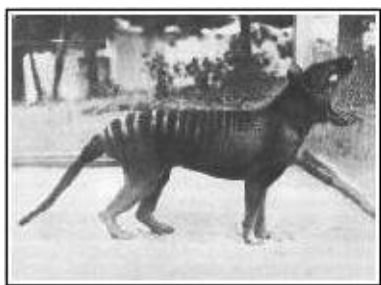
Dernière modification : 28/12/1999

Sortir le tigre de Tasmanie de son bocal

Des musées possèdent des spécimens de jeunes tigres de Tasmanie dans des bocaux. C'est assez pour ressusciter – par clonage – cette espèce éteinte depuis 1936.

Australie

13/05/1999 - Le tigre de Tasmanie, une espèce de loup marsupial couvert de rayures, est éteint depuis 1936. Mais Mike Archer, directeur d'un musée de Sydney, en Australie, estime que son pays a le devoir moral de faire revivre cette espèce exterminée par les éleveurs de moutons. Et grâce à des restes de bébés tigres conservés dans l'alcool et aux techniques de clonage, la chose est désormais possible.



Depuis 1866, son musée conserve en effet une jeune tigre de Tasmanie dans un bocal. Et ce bocal est rempli d'alcool. Le détail a son importance, car l'usage du formol aurait détruit l'ADN du spécimen. Mieux encore, les recherches de Mike Archer lui ont permis de repérer six autres tigres préservés dans l'alcool, en GrandeBretagne, aux ÉtatsUnis et en Tasmanie (une île au sud de l'Australie).

En introduisant le code génétique de ces spécimens dans des cellules sexuelles d'un autre marsupial servant de mère porteuse – un kangourou, par exemple – on pourrait obtenir des clones vivants de ces animaux disparus depuis longtemps. Et avec des clones de sept individus différents, la population ressuscitée de tigres de Tasmanie serait assez variée sur le plan génétique pour être viable à long terme.

Les experts en génie génétique considèrent cette idée comme très sérieuse. Et selon eux, elle pourrait être mise en oeuvre d'ici quelques années à peine. Curieux destin pour une espèce animale.

Philippe Gauthier
pgauthier@cybersciences.com

Source : ABCNews

Dernière modification : 13/05/1999

Un veau japonais est le clone d'un clone

Un veau cloné à partir d'un autre veau qui est lui-même le clone d'un vieux taureau vient de naître dans un centre de recherche japonais. Objectif : vérifier s'il est vrai que les clones vieillissent avant l'heure.

Japon

25/01/2000 - Un veau vient d'être cloné à partir d'un autre veau qui était lui-même le clone d'un taureau. Les clones de clones ne sont pas nouveaux, puisque l'expérience a déjà été réalisée sur les souris. Mais c'est la première fois qu'un mammifère de grande taille est conçu de cette manière. L'exploit a été réalisé au Japon, dans un centre de recherche bovin de la région de Kagoshima. Son objectif ultime : vérifier la longévité des animaux clonés.



Une vache et son veau. Le clonage condamne-t-il cette façon d'élever le bétail?

On soupçonne en effet les clones conçu à partir de cellules arrivées à maturité de vieillir prématurément. En fait, le remplacement des cellules vieilles est contrôlé par des structures que l'on appelle les télomères. Les télomères raccourcissent avec l'âge, jusqu'au point où les vieilles cellules ne peuvent plus se remplacer. On a noté que Dolly, la première brebis clonée, avait des télomères anormalement courts. Comme sa mère avait six ans lors du clonage, voilà quatre années, on pense que Dolly aurait un âge physique de dix ans.

Pour vérifier s'il est vrai que les clones vieillissent prématurément, les chercheurs japonais ont cloné un taureau de 16 ans (ce qui est très vieux pour un bovin) en 1998. Quatre veaux identiques sont issus de cette expérience. En avril 1999, on a prélevé des cellules de l'un d'entre eux (alors âgé de quatre mois) pour créer une seconde génération de clones. Ce clone de seconde génération est né dimanche le 23 janvier.

Pourquoi créer des clones de bovins? Pour pouvoir multiplier plus vite les animaux de meilleure qualité. Bref, pour produire plus vite de la bonne viande à bon prix. Si l'idée vous inquiète, vous n'êtes pas les seuls. En avril dernier, le gouvernement japonais a admis que du bœuf cloné non étiqueté comme tel était en vente dans les épiceries depuis deux ans. L'annonce a provoqué un mouvement national de boycott de la viande de bœuf.

Philippe Gauthier
pgauthier@cybersciences.com

Source : BBC

Dernière modification : 25/01/2000

Le lait de brebis clonée : futur médicament contre l'hémophilie?

Après Dolly, voici maintenant Molly et Polly, deux brebis clonées serties d'un gène humain. Le but des scientifiques : en faire des " usines à médicaments " contre l'hémophilie.

ÉtatsUnis

22/12/1997 - Qui ne connaît pas Dolly, la fameuse brebis clonée à partir d'une cellule adulte? La technique du clonage vient de faire deux nouvelles vedettes : Molly et Polly. Ces brebis toutes jeunes ont une particularité : leur ADN contient un gène humain, responsable de la production d'un facteur coagulant du sang. La substance pourra être extraite de leur lait et convertie en médicament contre l'hémophilie.

Molly et Polly sont nées en juillet. Selon le docteur Ian Wilmut, du Roslin Institute en Écosse, nous saurons au printemps si leur lait contiendra d'assez grandes quantités du facteur coagulant IX. Selon le docteur Wilmut, développer des animaux générateurs de médicaments constituait l'étape logique après la création de Dolly.

Voici la méthode grâce à laquelle Molly et Polly ont vu le jour : dans une cellule prélevée sur un fœtus de mouton de 26 jours, on a inséré le gène humain responsable de la production du facteur IX. Ce gène est lié à un gène de mouton qui stimule la production de lait. Ces cellules ont ensuite été injectées dans des ovules vidées de leur noyau. Après quelques jours de culture, les cellules sont implantées dans un embryon de brebis.

On saura donc bientôt si cette technique permettra de transformer des troupeaux entiers en " usine à médicaments ". Les résultats des scientifiques écossais sont présentés dans la dernière édition du magazine Science.

AnneMarie Simard
amsinard@mblink.net

Source : CNN

Dernière modification : 22/12/1997

Dolly vieillit prématurément

Dolly est en parfaite santé, mais ses propriétaires s'inquiètent. Car ses cellules montrent des signes de vieillesse prématurée.

Écosse

27/05/1999 - Dolly, la célèbre brebis clonée en 1996, souffrirait d'un vieillissement prématuré. L'animal est apparemment en parfaite santé et a même donné naissance à des agneaux l'an passé. Mais un minutieux examen de ses cellules a révélé que ses télomères étaient plus courts que ceux d'un animal né normalement.

Les télomères font partie de la structure de chaque cellule. Selon la théorie, elles protègent l'ADN lorsque nos cellules se divisent. Mais chaque division use un peu les télomères. Lorsque l'usure est complète, les cellules ne peuvent plus se renouveler et l'organisme vieillit.

Les télomères de Dolly montreraient des signes d'usure excessive pour un animal de son âge. La mère de la brebis avait six ans lors de son clonage. La cellule utilisée avait donc des télomères assez courts, dont Dolly aurait hérité en partie. La longue culture des cellules en laboratoire aurait aussi contribué à les user.

Malgré tous les indices qui militent en sa faveur, la théorie des télomères n'est... qu'une théorie. Si Dolly et les autres clones vivent finalement une vie d'une longueur normale, cela démontrera que les rapports entre télomères et vieillissement sont ténus ou inexistants. Mais dans le cas contraire, il faudra dire adieu aux espoirs d'utiliser des organes clonés lors de greffes. Car qui voudrait se faire greffer un organe dont l'âge biologique serait plus avancé que celui du receveur?

Philippe Gauthier
pgauthier@cybersciences.com

Source : BBC, AFP, ABCNews

Dernière modification : 27/05/1999

Y a-t-il des différences entre des clones et des jumeaux?

Deux brebis jumelles ou deux brebis clonées possèdent exactement le même patrimoine génétique. En s'arrêtant là, on pourrait dire qu'il n'y a pas de différence entre des jumeaux et des clones. Mais les choses ne sont pas si simples. Pour créer Dolly, la première brebis clonée, les scientifiques ont d'abord récupéré le noyau d'une cellule de brebis adulte. Ils l'ont injecté dans un ovule de brebis non encore fécondé, dont on avait auparavant retiré le noyau. Puis l'oeuf a été placé dans le ventre d'une mère porteuse. Quelques mois plus tard, Dolly était née.

Dolly ne peut pas être considérée comme la jumelle de la brebis adulte qui lui a fourni son patrimoine génétique. D'abord parce que les deux brebis n'ont pas le même âge (sept ans de différence !). Et surtout parce que les deux brebis n'ont pas eu tout à fait la même mère. Le noyau contenant le bagage génétique de Dolly s'est développé à l'intérieur de l'oeuf d'une mère porteuse, qui l'a nourri pendant plusieurs mois et qui, lui aussi, contient de l'ADN. Deux oeufs différents donnent naissance à deux brebis différentes. Qu'elles soient clonées ou non.

30/04/1999

Isabelle Cuchet
icuchet@hotmail.com

(Dernière modification : 30/04/1999)

Un bébé fabriqué pour sauver sa sœur

Est-il acceptable de sacrifier des embryons sains pour ne retenir que celui qui fera un bon donneur de cellules pour sauver la vie de sa sœur malade? C'est la question que pose un curieux exploit médical.

États-Unis 03/10/2000 - Des médecins américains ont créé un bébé-éprouvette spécialement sélectionné pour sauver la vie de sa sœur aînée. Le nouveau-né, dont certaines cellules ont été utilisées pour soigner sa sœur gravement malade, se porte bien. Mais plusieurs spécialistes de l'éthique se demandent s'il s'agit vraiment d'un enfant désiré, ou d'une forme élaborée de produit pharmaceutique. Et ce d'autant plus que 14 embryons, dont plusieurs parfaitement sains, ont été sacrifiés pour obtenir ce bébé controversé.

L'histoire commence avec la petite Molly Nash, six ans. Elle est atteinte de l'anémie de Fanconi, une maladie héréditaire rare qui provoque un arrêt graduel de la production de moelle. Les enfants atteints saignent de manière abondante et ont de graves problèmes

immunitaires. Ils meurent invariablement avant l'âge de huit ou neuf ans. La seule manière de les sauver : une greffe prélevée sur un donneur compatible proche. dans la famille

parents, Lisa et Jack remplissaient pas les conditions requises. D'où l'idée de faire un nouvel enfant et de faire en sorte qu'il soit bel et bien un bon donneur pour sauver le petite Molly. En prélevant des ovules et en les fertilisant en



Malheureusement, ses Nash, ne conditions requises. un nouvel enfant et de soit bel et bien un bon le petite Molly. En et en les fertilisant en

éprouvette, les médecins ont obtenu des embryons. Avant de les implanter dans l'utérus de Lisa Nash, ceux-ci subissaient systématiquement un test génétique. Dans un premier temps, on éliminait tous les porteurs du gène de la maladie. Dans un second temps, on éliminait des embryons sains, mais qui ne feraient pas des donneurs compatibles.

Ce n'est qu'au 15e essai, après quatre séances de prélèvement d'ovules, que fut obtenu l'enfant voulu, né en août et baptisé Adam. À sa naissance, des cellules de son cordon ombilical ont été prélevées, puis mises en culture et transplantées dans sa sœur aînée un mois plus tard. Les chances de survie de la petite Molly, qui étaient nulles, sont désormais de 85 à 90%, croient les médecins du Fairview-University Medical Center de Minneapolis.

Cette pratique est-elle acceptable sur le plan éthique? Les avis sont partagés. Le diagnostic génétique pré-implantation est parfois utilisé quand des enfants ont de fort risques d'être porteurs de maladies génétiques graves, bien identifiées. Les éthiciens rejettent habituellement son utilisation pour des raisons d'ordre social, physique ou psychologique. Et dans certains pays, la création d'un tel enfant sur mesure ne serait tout simplement pas légale, le bébé ainsi créé étant davantage un produit médical qu'un être humain.

Philippe Gauthier

Dernière modification : 03/10/2000

pgauthier@cybersciences.com