

## ISIS Santé Clonage OGM

# De la viande et du lait provenant d'animaux clonés : il y a de quoi s'inquiéter

### Cloned Meat & Milk Coming

*Le clonage par transplantation nucléaire est complètement différent du clonage par scission d'embryons : le premier mode de clonage est étroitement associé à une modification génétique des animaux d'élevage qui sont 'fabriqués' pour produire des médicaments dans leur lait; dans la déréglementation qui est en cours de mise en place en Europe, pour la viande et le lait issus d'animaux 'fabriqués' par clonage, la Commission Européenne est sur le point d'autoriser la commercialisation de produits qui sont contraires à l'éthique et hautement dangereux, et qui sont par ailleurs aussi tout à fait illégaux [Dr. Mae-Wan Ho](#)*

**Rapport ISIS 16/03/2011**

***S'il vous plaît à diffuser largement et à transmettre à vos représentants politiques***

La version originale en anglais s'intitule [Cloned Meat & Milk Coming](#) ; elle est accessible sur le site [www.i-sis.org.uk/Cloned\\_Meat\\_and\\_Milk\\_Coming.php?..](http://www.i-sis.org.uk/Cloned_Meat_and_Milk_Coming.php?..)



<http://www.i-sis.org.uk/foodFutures.php>

Publication ISIS-TWN Report - Sustainable World 2nd report - [Food Futures Now](#) \*Organic \*Sustainable \*Fossil Fuel Free - Mae-Wan Ho, Sam Burcher, Lim Li Ching & others

### **La viande et le lait issus de clonage vont être déréglementés**

Le lait et la viande provenant de la progéniture d'animaux "clonés" pourraient bientôt être mis en vente sans aucune étiquette, nous avertit le groupe européen des consommateurs **BEUC** [1]. La Commission européenne (CE) menace de faire passer en force la

proposition soutenue par le gouvernement britannique.

Actuellement au Royaume-Uni, il est illégal de vendre de la viande ou du lait provenant d'animaux clonés ou de leur progéniture, et tous ceux qui souhaitent le faire doivent demander l'autorisation auprès d'un organisme spécialisé, la *Food Standards Agency*.

La Commission Européenne veut autoriser la mise sur le marché de la nourriture issue de la progéniture des clones animaux, sans étiquetage, d'une part et elle veut maintenir la nécessité d'une approbation, d'autre part, mais elle s'oppose à la vente d'aliments provenant des animaux clonés eux-mêmes. Le gouvernement britannique n'a pas d'objection à la vente de viande et de lait provenant directement d'animaux clonés.

La Commission Européenne fait valoir qu'une interdiction sur les aliments, contre les risques des descendants d'animaux clonés, va déclencher une guerre commerciale avec les États-Unis, où le clonage est très communément pratiqué. La Commission Européenne affirme que les États-Unis n'ont pas de système officiel de traçabilité pour identifier les animaux qui sont des descendants de clones : il serait donc impossible d'étiqueter les aliments qui en résultent.

Il y a actuellement un peu plus de 100 descendants d'animaux clonés dans les fermes britanniques, mais cela va augmenter considérablement si la Commission Européenne obtient ce qu'elle veut. La proposition est appuyée par Caroline Spelman, secrétaire d'État britannique pour le Ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales.

Selon l'organisme BEUC, l'écrasante majorité des consommateurs de l'Union Européenne ne veut pas que le **clonage** puisse être utilisé à des fins de production alimentaire. Quelque 84 pour cent des habitants sont préoccupés par la santé à long terme et par la sécurité alimentaire.

Le premier veau descendant de clone, Dundee Paradise, est né dans une ferme dans le Shropshire, au Royaume-Uni, en 2006. Cet animal, ainsi que ses frères et sœurs, ont produit plus de 100 descendants ; actuellement, la plupart de ces vaches laitières de type Holstein sont encore trop jeunes pour produire du lait.

## **Tous les clones ne sont pas égaux ni semblables**

Il y a une histoire de malentendu sur la nature précise du 'clonage' qui a commencé avec la *Food and Drugs Administration (FDA)*, l'Administration des l'alimentation et des médicaments aux Etats-Unis [2] ([Is FDA Promoting or Regulating Cloned Meat and Milk? SiS 33](#)).

Tous les clones ne sont pas égaux. Très peu de gens s'opposent à un clonage par scission de l'embryon au stade de deux ou quatre cellules, lorsque les cellules séparées donnent chacune un embryon, ce qui entraîne que les jumeaux ou les quadruplés ne diffèrent pas des descendances qui surviennent naturellement de temps à autre.

La question qui est posée concerne le clonage par **transplantation nucléaire**, une procédure tout à fait différente, dans laquelle le noyau d'une cellule d'un animal adulte ou d'un embryon en développement est transféré dans un ovule mature dont le noyau d'origine a été supprimé. Les œufs sont ensuite activés de manière à ce qu'ils se développent et les embryons qui en résultent sont implantés dans l'utérus de mères porteuses, préalablement traitées aux hormones pour les recevoir afin qu'elles mènent la conception à son terme.

Les promoteurs et les autorités chargées de la réglementation ont donné l'impression que le clonage par transplantation nucléaire est tout simplement le dernier développement dans un 'continuum' des technologies de la reproduction assistée, qui ont commencé par l'insémination artificielle, puis avec l'ovulation multiple et le transfert d'embryons, la fécondation *in vitro*, la cryoconservation d'embryons, le clonage par scission d'embryons et, depuis les années 1980, par le transfert nucléaire ou transplantation nucléaire [2].

Après une consultation publique nationale aux Etats-Unis, la FDA a émis ses directives qui se traduisent par la conclusion suivante [3]: « La viande et le lait provenant de clones de bovins, de porcs et de chèvres, et les descendants provenant de clones d'espèces traditionnellement consommées comme des aliments, sont aussi sûrs, comme nourriture, que les aliments provenant d'animaux élevés traditionnellement ».

Toutefois, le 'moratoire volontaire' qui était en place sur la viande et le lait d'animaux clonés est resté en place à la demande du Département américain de l'agriculture, alors que le moratoire sur la viande et le lait issus de la progéniture des animaux clonés a été levée. Donc, en ce qui concerne les États-Unis, il y a effectivement une déréglementation totale de la vente de la viande et du lait issus du clonage.

## **Le clonage par transplantation nucléaire ne produit absolument pas des copies identiques**

Pourquoi cloner par **transplantation nucléaire** ? Contrairement à la longue procédure classique de reproduction, la transplantation nucléaire est une procédure qui permet une duplication rapide d'un animal qualifié 'd'élite', mais *elle ne produit jamais des copies identiques*, dans tous les cas. Malheureusement, la duplication par transplantation nucléaire est loin de produire des individus qui sont identiques.

Tout d'abord, les cellules accumulent des mutations dans le cadre de leur développement, de sorte que chaque cellule, dans un organisme vivant, a le potentiel d'avoir un génome (ensemble du matériel génétique dans le noyau) qui est sensiblement différent du génome d'une lignée germinale à l'origine de l'organisme qui a hérité de ses parents ; ainsi, une cellule donnée peut présenter une différence par rapport aux autres cellules de l'organisme auquel elle appartient. [4] ([Death Sentence on Cloning](#), SiS 19).

La pratique récente du clonage à partir de cultures cellulaires (à la fois des cellules souches et d'autres types de cellules), est encore moins susceptible d'aboutir à des copies identiques [5]

([Unacceptable Death Rates End Cloning Trials in New Zealand](#), SiS 50), puisque les cellules cultivées cumulent à la fois des mutations et des anomalies chromosomiques à des taux beaucoup plus élevés.

Les mutations et les anomalies chromosomiques dans les noyaux donneurs peuvent expliquer le taux élevé d'échecs des embryons clonés, mis à part les erreurs généralement reconnues et les échecs de «**reprogrammation**», initiés par le cytoplasme de l'œuf, qui suppriment les marques épigénétiques de l'ADN du noyau donneur et qui se remet à l'état de '**totipotence**', avec la capacité de donner naissance à toutes sortes de cellules lors du développement de l'embryon.

Deuxièmement, une partie substantielle de l'héritage génétique d'un individu animal se trouve dans les **mitochondries** (des sortes de petites centrales énergétiques dans la cellule), qui *ne sont pas transférées* avec le noyau, mais qui sont mises à contribution par l'œuf destinataire. Cela introduit potentiellement une incompatibilité entre le matériel génétique mitochondrial et celui du noyau, ce qui peut aussi contribuer au taux élevé d'anomalies et de décès chez les animaux clonés.

Encore une fois, cet aspect n'a pas été réexaminé ni étudié par les promoteurs et les praticiens de cette technologie. La transplantation nucléaire *n'est donc pas strictement un clonage*, et il est tout à fait illégal de prétendre qu'il en est ainsi pour autoriser une sortie commerciale [6] ('[Cloned' Food Animals Not True Clones](#), SiS 48) \*.

\* La version en français s'intitule "Les aliments provenant d'animaux 'clonés' ne sont pas en fait issus de vrais clones" par le Prof. Joe Cummins & le Dr. Mae-Wan Ho, traduction, définitions et compléments de Jacques Hallard ; elle est accessible sur le site <http://yonne.lautre.net/spip.php?article4563&lang=fr>

## **Le clonage par transplantation nucléaire et les modifications génétiques (OGM) vont de pair**

Une autre raison majeure pour l'utilisation du clonage par transplantation nucléaire est de faciliter la création d'**animaux génétiquement modifiés** (donc des OGM) pour les industries alimentaires et en particulier pour les industries pharmaceutiques : un rêve qui a motivé en premier lieu le clonage par transplantation nucléaire (voir le chapitre 11 de notre publication [7] [Genetic Engineering Dream or Nightmare](#), ISIS publication).

Et en effet, l'association étroite entre le clonage par transplantation nucléaire et les OGM continue [4] [8] ([Cloned BSE-Free Cows, Not Safe Nor Proper Science](#), SiS 33). La possibilité de cloner un animal génétiquement modifié par transplantation nucléaire accélère considérablement la production de 'troupeaux d'élite', qui seraient une garantie pour une source inépuisable de 'super lait', ou encore de "super médicaments" à partir de leur lait, en utilisant les animaux comme des sortes d'usines pharmaceutiques vivantes.

Malheureusement, ce rêve s'est vite transformé en un véritable cauchemar avec des morts et

une "galerie des horreurs" avec des animaux déformés : cela a conduit Ian Wilmut, - le pionnier qui avait créé la première brebis clonée par transplantation nucléaire, dénommée à l'époque Dolly et qui devait se conclure au bout de six ans -, a une condamnation du clonage animal par transplantation nucléaire [4]; l'entreprise concernée, *PPL Therapeutics*, s'était effondrée dans le même temps [9] ( [Animal Pharm Folds](#) , *SIS* 19).

Toutefois, l'Agence gouvernementale néo-zélandaise *AgResearch* a poursuivi ses efforts. Mais elle devait également annoncer la «fin» des expérimentations sur le clonage en février 2011, à cause de « taux de mortalité inacceptables » [5]. La technologie de transplantation nucléaire ne s'est donc guère améliorée depuis 2003, quand Ian Wilmut l'avait abandonnée.

La société *AgResearch* dit qu'elle continuera à créer des animaux **transgéniques** [5] en utilisant de «nouvelles technologies», avec des cellules souches embryonnaires, dont il est « peu probable qu'elles causent les mêmes taux de mortalité que le clonage », en vue de produire des produits pharmaceutiques utiles.

La poursuite du développement d'animaux génétiquement modifiés (OGM) sera presque certainement le moyen de continuer le clonage par transplantation nucléaire, d'autant que de nouvelles façons de transformer des cellules ordinaires en cellules souches semblent promettre de meilleures cellules souches qui ne nécessitent qu'une reprogrammation minimale à l'état totipotent [10].

## **De graves dangers nous guettent avec la déréglementation en Europe**

La déréglementation tolère effectivement la pratique du clonage par transplantation nucléaire, alors que la grande majorité du public et des scientifiques la trouve inacceptable vis-à-vis de la souffrance des animaux. Pire, il est clair que cette pratique se poursuit dans le seul espoir de créer des troupeaux d'animaux **transgéniques**, une autre procédure qui est aussi très inefficace et dangereuse.

C'est pourquoi le **clonage** par transplantation nucléaire combine efficacement les conséquences néfastes des deux techniques (transplantation nucléaire et OGM) : les dangers pour le bien-être animal et la santé des consommateurs. Et déréglementer le clonage peut signifier, en même temps, la déréglementation des OGM.

La source potentielle de risques pour la santé, du clonage par transplantation nucléaire, qui a été étudiée, est l'échec de la «**reprogrammation épigénétique**», dans laquelle le cytoplasme de l'œuf lance une série de processus biochimiques pour effacer les marques épigénétiques sur l'ADN et faire en sorte que l'œuf devienne "**totipotent**" : c'est-à-dire capable de donner naissance à toutes les cellules de l'embryon en développement. Une décennie d'enquêtes et de recherches ont révélé qu'un petit nombre de gènes sont nécessaires pour la totipotence, mais il n'a rien été révélé quant à la façon dont les anomalies et les décès de animaux clonés pourraient être évités [10].

Même les clones qui survivent à l'âge adulte, tels que Dolly, souffrent de plusieurs défauts subtils qui peuvent occasionner des maladies et des décès prématurés au cours de la vie ultérieure [4].

L'héritabilité des défauts épigénétiques et la reprogrammation des clones n'a pas encore été étudiée. Il est donc assez étonnant que l'USDA [3] et la Commission européenne assument que la viande et le lait provenant des descendances d'animaux clonés sont sans danger, et qu'ils peuvent être mis sur le marché comme des produits alimentaires.

Les autres défauts résultant des mutations et des réarrangements chromosomiques dans les cellules somatiques et dans les cellules cultivées sont incontrôlables et imprévisibles, comme le sont les défauts dus à la non-concordance entre le génome mitochondrial et le génome nucléaire (voir ci-dessus). Ils n'ont pas du tout été étudiés.

Les risques pour la santé et l'environnement des animaux génétiquement modifiés sont légion, comme cela est indiqué dans notre note soumise à la FDA des États-Unis sur la sécurité des aliments issus d'animaux transgéniques [11] ([GM Food Animals Coming, SiS 32](#)) \*.

\* Une version en français, datant de 2006 mais toujours d'actualité, est intitulée **"Modifiés génétiquement, c'est maintenant aux animaux d'élaborer des aliments et des médicaments"**, d'après un article du Professeur Joe Cummins et du Dr. Mae-Wan Ho, traduction, définitions et compléments de Jacques Hallard. Elle est sera reprise et proposée aux lecteurs prochainement.

Les aliments dérivés des animaux génétiquement modifiés sont susceptibles d'être contaminés par des vaccins actifs, des régulateurs immunitaires et des hormones de croissance, ainsi que des acides nucléiques, des virus et des bactéries qui ont le potentiel de créer de nouveaux agents pathogènes et de déclencher des cancers.

Parmi les catégories d'animaux transgéniques, on trouve ceux qui présentent des modifications "non-héréditaires" et qui pourraient bien être déréglementés ou pas considérés comme des animaux transgéniques. La viande et le lait de ces animaux transgéniques sont encore plus dangereux que lorsqu'ils proviennent d'animaux présentant des adaptations héréditaires.

***Quelle garantie la CE et le gouvernement britannique peuvent-il apporter dans le but d'assurer que la viande et le lait transgéniques ne seront pas vendus sur le marché en tant que produits issus des descendants d'animaux clonés ayant été dérégulés ?***

Par exemple, un clone d'un animal génétiquement modifié, qui n'a pas réussi à exprimer le médicament requis, pourrait être considéré comme un simple animal cloné et une bête non-OGM. Donc, inconsciemment, le public pourrait être amené à manger des animaux transgéniques de laboratoire qui n'auraient pas atteint le but recherché au départ.

## Pour conclure

On doit s'opposer vigoureusement à la déréglementation de la viande et du lait provenant de la progéniture d'animaux clonés : c'est dangereux et contraire à la déontologie et à l'éthique.

Le pire de tout, c'est qu'en cas de dommages, il serait impossible d'identifier la source, de fournir un remède approprié et d'accorder aux victimes une réparation convenable et adaptée.

## Références bibliographiques

1. "Clone food could be sold without warning labels as Eurocrats force change in the law", Sean Poulter, *Day Mail*, 4 March 2010, <http://bit.ly/gK8pFN>
2. Ho MW and Cummins J. Is FDA promoting or regulating cloned meat and milk? [Science in Society 33](#),24-27, 2007.
3. "USA - eating cloned meat and drinking cloned milk", Meat Trade News Daily, 7 August 2010, [http://www.meatradenewsdaily.co.uk/news/050810/usa\\_\\_\\_eating\\_cloned\\_meat\\_and\\_drinking\\_cloned\\_milk\\_.aspx](http://www.meatradenewsdaily.co.uk/news/050810/usa___eating_cloned_meat_and_drinking_cloned_milk_.aspx)
4. Ho MW and Cummins J. Death sentence on cloning. [Science in Society 19](#), 46-47, 2003.to
5. Ho MW. Unacceptable death rates end cloning trials in New Zealand. [Science in Society 50](#) (to appear).
6. Cummins J and Ho MW. 'Cloned' food animals not true clones. [Science in Society 48](#), 48-50, 2010.
7. Ho MW. *Genetic Engineering Dream of Nightmare? The Brave New World of Bad Science and Big Business*, Third World Network, Gateway Books, MacMillan, Continuum, Penang, Malaysia, Bath, UK, Dublin, Ireland, New York, USA, 1998, 1999, 2007 (reprint with extended Introduction). <http://www.i-sis.org.uk/genet.php>
8. Ho MW and Cummins J. Cloned BSE-Free cows, not safe nor proper science. [Science in Society 33](#), 28-31, 2007.
9. Ho MW. Animal pharm folds. [Science in Society 19](#), 43, 2003.
10. Oback B. Cloning from stem cells: different lineages, different species, same story. *Reproduction, Fertility and Development* 2009, 21, 83-94.

**MATERIAL ON THIS SITE MAY NOT BE REPRODUCED IN ANY FORM WITHOUT EXPLICIT PERMISSION. FOR PERMISSION, PLEASE**

## **Définitions et compléments**

### **Animal génétiquement modifié** – Article de Wikipédia



Cet article est une **ébauche** concernant la **biologie**. Vous pouvez partager vos connaissances en l’améliorant ([comment ?](#)) selon les recommandations des [projets correspondants](#).

Un **animal génétiquement modifié** est un animal vivant dont le [patrimoine génétique](#) a été modifié par l'Homme. Un **animal transgénique** est un [animal](#) au [génome](#) duquel a été introduit par [transgénèse](#) un ou plusieurs [gènes](#).

#### **Présentation** [[modifier](#)]

Contrairement aux plantes transgéniques, qui font la une des journaux à l’occasion, les animaux transgéniques restent dans l’ombre. Il faut dire que la grande majorité d’entre eux n’en sont encore qu’au stade de la recherche et du développement. En [1980](#) est développé le premier animal transgénique. Il s’agit d’une souris qui sécrète une plus grande quantité d’[hormone de croissance](#)<sup>1</sup>. Sa taille est similaire à celle d’un petit [rat](#). La première plante transgénique est développée un an plus tard. En plus de la recherche fondamentale, la [transgénèse](#) est appliquée aux animaux d’élevage. Certains animaux transgéniques servent à fabriquer des produits thérapeutiques et d’autres pourraient être utilisés comme donneurs d’organes.

#### **Recherche fondamentale** [[modifier](#)]

La transgénèse rend possible la création de modèles pour l’étude des maladies humaines. De plus, l’amélioration des techniques de transgénèse permet l’utilisation de diverses espèces, comme le [porc](#), dont l’anatomie ressemble beaucoup à l’[être humain](#).

#### **Espèces modèles, l'exemple des rongeurs** [[modifier](#)]

La [souris](#) et le [rat](#) sont des animaux très utilisés dans les laboratoires de recherche pour tester la toxicité de certaines substances, pour servir de modèle dans l’étude de certaines maladies, pour le test de nouvelles thérapies ou la production d’[anticorps monoclonaux](#).

En 1982 le premier animal transgénique est développé, c’est une souris qui sécrétait une plus grande quantité d’[hormone de croissance](#) que la normale. Sa taille était similaire à celle d’un petit rat. La première [plante transgénique](#) n’a été développée qu’un an plus tard<sup>2</sup>.

Des souris génétiquement modifiées, les [souris knock-out](#), permettent, grâce à une modification génétique donnée, d’étudier le rôle d’un [gène](#) en observant les conséquences de son inactivation. L’étude du rôle d’un gène peut également passer par l’observation de souris transgéniques surexprimant ce gène.

La souris génétiquement modifiée est une valeur montante de la recherche pharmaceutique. Ainsi l’entreprise française *GenOway*, en passe de devenir l’un des leaders du marché du rongeur génétiquement modifié a vu son titre augmenter de près de 10 % le 17 octobre 2007 sur le marché Alternext, après l’annonce de la signature d’un contrat de 2 millions de dollars (1,4 million d’euros) avec un laboratoire américain désirant garder l’anonymat. Le chiffre d’affaires 2006 de GenOway, estimé à 4,4 millions d’euros devrait être doublé en 2007<sup>3</sup>.



Le prix d'une souris génétiquement modifiée se situe entre 50 et 100 000 euros<sup>3</sup>.

### **Autres espèces modèles et production de protéines thérapeutiques dans le lait, l'exemple des lagomorphes [modifier]**

---

Les [lagomorphes](#) composent un ordre de mammifères, auquel appartient les lapins. Le lapin est un autre exemple de modèle animal. Le lapin est utilisé comme animal modèle dans l'étude de certaines maladies, pour tester la toxicité de médicaments, ou pour produire des protéines ou des vaccins recombinants.

### **Amélioration d'animaux d'élevage [modifier]**

---

Dès [1985](#), des chercheurs du ministère de l'agriculture des [États-Unis](#) (USDA) réussissaient à générer des porcs sur-exprimant l'[hormone de croissance](#). L'objectif est de créer des animaux plus maigres et plus musclés. L'objectif a été atteint, mais les porcs sont alors plus sensibles à certaines maladies, comme les [pneumonies](#) et l'[arthrite](#). Le projet est alors abandonné. Des travaux similaires sont actuellement en cours chez le poisson. Par exemple, en [2001](#), une compagnie a déposé aux autorités américaines une demande de commercialisation pour un [saumon](#) transgénique exprimant un surplus d'hormone de croissance. Ainsi il atteint sa taille adulte plus rapidement, sans toutefois la dépasser. La demande de commercialisation est toujours à l'étude.

Toujours en [2001](#), des chercheurs de l'[Université de Guelph](#) ont inséré chez le porc un gène [bactérien](#) qui exprime la [phytase](#) dans les [glandes salivaires](#). La raison de cet insertion est la nature de cette [enzyme](#) qui aide à mieux absorber le [phosphore](#) contenu dans la moulée. Contrairement aux animaux polygastriques (ex. vaches et chèvres), les animaux monogastriques, dont les porcs, ne sont pas des hôtes pour les [micro-organismes](#) qui sécrètent cette enzyme. Ainsi, pour maximiser leur croissance, du [phosphore](#) doit être ajouté à leur alimentation. Conséquemment, le [lisier](#) qu'ils produisent en contient beaucoup. Or, ce rejet de phosphore constitue le facteur de [pollution](#) principal de la filière porcine

[\[réf. nécessaire\]](#)

Chez la vache, plusieurs modifications ont été effectuées afin de changer la composition de son [lait](#) ou d'en augmenter la production. Par exemple, il est possible d'en diminuer la teneur en [lactose](#), qui provoque de l'intolérance chez certains consommateurs <sup>4</sup>. Afin de faciliter la fabrication du [fromage](#), la teneur en [caséine](#) peut être augmentée. D'autres modifications visent l'augmentation des [oméga-3](#), [considérés bénéfiques pour la santé](#). La transgénèse permet aussi la production de [protéines](#) anti-bactériennes dans les glandes mammaires des vaches, diminuant ainsi l'utilisation d'[antibiotiques](#) pour prévenir les mammites (infections des pis).

Les modifications génétiques ne s'appliquent pas seulement aux animaux d'élevage. En effet, depuis [2004](#) une compagnie américaine commercialise un poisson rouge [fluorescent](#) (GlofishMC). Ce dernier exprime un gène de fluorescence provenant d'un [corail](#). Aussi, dernièrement, un lapin fluorescent a été exposé dans un musée européen en tant qu'objet d'art<sup>5</sup>.

Par ailleurs, la transgénèse permet l'introduction d'un gène sécrétant une protéine fluorescente dans le système reproducteur mâle d'[anophèles](#) (insectes). La séparation à grande échelle des mâles et des femelles est ainsi plus facile. Les mâles sont stérilisés et pourraient être relâchés afin d'abaisser la population de ces moustiques reconnus pour propager la [malaria](#).

### **Moléculature [modifier]**

---

Au [Québec](#), une compagnie a développé des chèvres transgéniques qui produisent dans leur lait une protéine provenant de l'araignée. Cette dernière utilise la protéine pour la production de son fil. Celui-ci étant reconnu comme très résistant, le marché visé par la compagnie est l'[industrie militaire](#) (vestes pare-balles).

On nomme moléculature cette utilisation d'organismes vivants génétiquement modifiés pour la fabrication de produits industriels.

### **Xénogreffe** [[modifier](#)]

---

La [pénurie croissante d'organes d'origine humaine](#) pour les greffes a incité les chercheurs à se tourner vers les animaux, en particulier vers le porc. En fait, des milliers de porcs sont abattus quotidiennement pour l'alimentation et une grande quantité d'organes pourraient être récupérées de ces abattages. De plus, ces animaux peuvent être reproduits en milieu dépourvus de pathogènes, ce qui diminue d'autant les risques de transmission de maladies infectieuses pour l'[humain](#).

La [xénogreffe](#) (transplantation d'organes d'animaux chez l'humain) se heurte à un problème majeur : le rejet des organes d'origine animale par notre [système immunitaire](#). L'inactivation d'un certain gène porcine et l'ajout de certains gènes humains chez des porcs transgéniques sont susceptibles de réduire ce rejet. Une fois greffés chez des [singes](#), les reins de ces animaux n'ont fait l'objet d'aucun rejet pendant plusieurs mois. Cependant, aucune tentative n'a été réalisée chez l'humain, car certains risques potentiels doivent encore être évalués, tel que le transfert possible de virus du porc à l'humain. <sup>[[réf. nécessaire](#)]</sup>

### **Avenir** [[modifier](#)]

---

Mis à part les poissons rouges fluorescents, les exemples mentionnés plus haut sont à divers stades de développement. Leur commercialisation, ou non, dépendra de leur coût économique et de l'évaluation de leurs risques environnementaux et sanitaires (pour l'animal et l'humain). De plus, les agences gouvernementales concernées devront s'assurer que leur réglementation actuelle sera ajustée afin de pouvoir encadrer de façon adéquate d'éventuelles mises en marché d'animaux transgéniques.

L'avenir de cette technologie est intimement lié à l'acceptation par la population de cette innovation technologique, les [débats autour de l'utilisation d'OGM](#) ont montré que la transgénèse pouvait être perçue par certains comme un changement radical face aux pratiques traditionnelles **d'amélioration animale**.

[GloFish](#), le premier animal génétiquement modifié vendu comme animal de compagnie.

### **Notes et références** [[modifier](#)]

---

- ↑ **(en)** Marx JL, « *Building bigger mice through gene transfer* », dans *Science*, vol. 218, n<sup>o</sup> 4579, 24 décembre 1982, p. 1298 [[lien PMID](#) [archive](#)]
- ↑ Encyclopédie Universalis, v. 11, 2005, article *Organismes génétiquement modifiés - repères chronologiques*
- ↑ <sup>a</sup> et <sup>b</sup> [Un marché très porteur : la souris mutante](#) [archive](#), Le Monde, édition du 18.10.07.
- ↑ [Les OGM à l'INRA, OGM et santé humaine](#) [archive](#)
- ↑ [Eduardo Kac, Bio Art Transgenic works and other living pieces](#) [archive](#)

### **Liens externes** [[modifier](#)]

---

- (fr)** [site officiel sur les OGM](#) du [Québec](#) : utilisation potentielle des animaux GM
- (fr)** [La biotechnologie appliquée à la santé et à la production animales](#), *Revue scientifique et technique*, Volume 24, éd. A.A. MacKenzie, avril 2005

- (fr) « [Un survol des techniques et des applications actuelles de la transgénèse animale](#) » (bulletin périodique de l'Observatoire de la génétique, archives,n° 25), [Louis-Marie Houdebine](#), décembre-janvier 2006
- (fr) [Compendium des recherches sur l'environnement financées par le MAAO Autres recherches en environnement \(EN\)](#) [suromafr.gov.on.ca](#), à propos des porcs transgéniques

Source : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Animal\\_g%C3%A9n%C3%A9tiquement\\_modifi%C3%A9](http://fr.wikipedia.org/wiki/Animal_g%C3%A9n%C3%A9tiquement_modifi%C3%A9)

## **BEUC = Bureau européen des unions de consommateurs**

### **Bureau européen des Unions de Consommateurs (BEUC)**

Cette fédération travaille pour influencer sur l'élaboration des politiques européennes concernant les consommateurs et pour promouvoir les intérêts de tous les consommateurs européens. Informations sur les campagnes actuelles et sur des questions de consommation classées par thème ; liens. Source : <http://www.beuc.org/Content/Default.asp>

Selon Wikipédia, « Le **Bureau européen des unions de consommateurs**, le BEUC, est une fédération de 43 associations de consommateurs issues de trente et un pays européens (UE, EEE et pays candidats), créée en 1962.

### **Spécificités** *[modifier]*

Le Bureau européen des unions de consommateurs (BEUC), créé en 1962, est une fédération d'associations de consommateurs des pays membres qui représente les intérêts des consommateurs auprès de l'Union européenne. Il est la seule organisation communautaire qui ne s'occupe que des problèmes de consommation, les autres organisations ayant des champs d'activités plus larges.... »

Article complet sur [http://fr.wikipedia.org/wiki/Bureau\\_europ%C3%A9en\\_des\\_unions\\_de\\_consommateurs](http://fr.wikipedia.org/wiki/Bureau_europ%C3%A9en_des_unions_de_consommateurs)

### **Clonage** - D'après un article de Wikipédia

Le **clonage** désigne principalement deux processus. C'est d'une part la multiplication naturelle ou artificielle à l'identique d'un être vivant, c'est-à-dire avec conservation exacte du même [génome](#) pour tous les descendants (les clones). C'est donc un synonyme de certaines formes de [multiplication asexuée](#) tel que le [bouturage](#). C'est aussi la multiplication provoquée d'un fragment d'[ADN](#) par l'intermédiaire d'un micro-organisme. Ainsi, en [biologie](#), le mot clonage désigne plusieurs choses :

- d'une part, le fait de reproduire des organismes vivants pour obtenir des êtres génétiquement identiques ; ceci peut s'appliquer à de simples [cellules](#) (clonage cellulaire, par prélèvement d'une seule cellule, qui est mise en culture de manière individuelle) ou bien à des [animaux](#) - donc y compris les êtres [humains](#) - et des [végétaux](#) (clonage reproductif, bouturage). L'ensemble de ces cellules, ou individus, forme un seul et même clone (tant que le [patrimoine génétique](#) est identique) ;
- d'autre part, une technique de [biologie moléculaire](#) qui consiste à isoler un fragment d'ADN et à le multiplier à l'identique en l'« insérant » dans une molécule d'ADN « porteuse » appelée vecteur permettant son amplification. Cette technique de biologie moléculaire peut-être utilisée pour un clonage partiel, ne portant que sur un fragment de matériel génétique ([ADN](#)), mais aussi pour le clonage d'un gène entier permettant la production de la [protéine](#) recombinante correspondante. L'« insertion » est souvent réalisée à l'aide d'un [vecteur](#), le plus communément utilisé étant une molécule d'[ADN](#) appelée [plasmide](#).

Au sens scientifique, le clonage est l'obtention d'un être vivant génétiquement identique à l'original qui lui donne naissance. Il s'oppose donc à la [reproduction](#) qui nécessite deux parents. Il ne faut toutefois pas confondre le clonage avec certaines formes de [multiplication asexuée](#) telles que la [parthénogenèse](#) où nous avons génération de [gamètes](#), donc méiose, et qui donne des enfants qui ne sont pas identiques à leur unique parent.

Des vrais [jumeaux](#), monozygotes, chez les [animaux](#) et chez l'[homme](#) sont des clones naturels (dont le clonage a été fait très précocement, juste après la fécondation). Ils démontrent à la fois les ressemblances et les différences qu'on peut attendre chez des clones artificiels, en raison du contexte différents où ils peuvent être placés (alimentation, traitement différents par l'éleveur ou les parents, etc.).

Le terme clone est utilisé pour la première fois en 1903 par le botaniste [H.J. Webber](#) en désignant des plantes reproduites par [multiplication asexuée](#). Ce mot sera ensuite réutilisé par [J.B.S. Haldane](#).

### **Clonage naturel [modifier]**

---

Dans la [nature](#), le clonage n'est rien de plus qu'un [mode de reproduction](#) parmi tous ceux à la disposition des êtres vivants. C'est même le plus répandu puisqu'il concerne toutes les cellules [procaryotes](#) (division), presque tous les [eucaryotes unicellulaires](#) ([mitose](#)) à l'exception de ceux qui pratiquent la [reproduction](#) (faisant intervenir la [méiose](#)), mais également de nombreux végétaux et animaux [pluricellulaires](#).

Certains animaux dont l'embryon est coupé en deux peuvent donner deux individus génétiquement identiques comme c'est le cas chez les [hydres](#). De plus, les cellules des organismes complexes se reproduisent généralement par clonage.

Le clonage peut être naturel chez les plantes; il est dans ce cas le plus souvent appelé [multiplication végétative](#). Il a lieu par émission de [rejets](#), par [marcottage](#) naturel, par division naturelle de [rhizomes](#) ou de [stolons](#).

Certaines espèces végétales émettent des [rejets](#), comme l'[olivier](#). Lorsque l'[ortet](#) initial vieillit, il émet des rejets sur le pourtour de sa souche. Ces [ramets](#) deviennent ensuite autonomes et se séparent entre eux lors de la disparition de la souche initiale avec le temps. D'autres, comme les [fraisiers](#), produisent des [stolons](#), rameaux dont le bourgeon terminal s'enracine au contact d'un [substrat](#) favorable et reproduit ainsi, par [marcottage](#) naturel, une plante identique à la plante mère. Par [bouturage](#) naturel des morceaux de plante peuvent repousser s'ils se retrouvent placés dans de bonnes conditions, et redonner une plante adulte complète.

### **Clonage artificiel [modifier]**

---

#### **Clonage végétal [modifier]**

---

En horticulture et culture, les techniques de reproduction de plantes par clonage peuvent être pratiquées en laboratoire, sous serres ou sur le terrain. Elles sont applicables chez beaucoup de [dicotylédones](#) produisant des [méristèmes](#) en abondance et sur quelques [monocotylédone](#) également (le bananier peut se multiplier par [rejets](#), la canne à sucre par [bouturage](#)). On peut citer le [greffage](#), et le [bouturage](#) qui n'existent pas naturellement dans la nature et d'autres techniques cette fois inspirées de la multiplication végétative naturelle : (le [marcottage](#), le démariage de rejets ou la division de [rhizomes](#) et de [stolons](#), etc.).

En laboratoire, on pratique la [Culture in vitro](#) de [méristèmes](#) (ou d'autres parties de la plante) produisant des [embryons](#) puis des plantules complètes (voir [embryogénèse somatique](#) et [embryogénèse zygotique](#)). Les techniques in vitro sont les seules qui peuvent être employées pour des monocotylédones comme le [palmier dattier](#), le [palmier à huile](#).

Le comportement et la forme des clones peuvent différer selon la partie de la plante d'où sont extraites les cellules destinées à les produire. Par exemple chez les [fraisiers](#) des [bourgeons](#) adventifs stipulaires ou donnent des fraisiers à feuilles plus claires et plus rondes. Ils présentent un métabolisme différent, un nombre plus élevé de [stolons](#), un réceptacle floral plus court, des étamines aux anthères plus grosses, alors que le clone [axillaire](#) est, lui, moins bien pollinisé et produit pour cette raison des fruits plus souvent difformes, notamment en l'absence

d'agents [pollinisateurs](#)<sup>1</sup>

## Clonage animal [[modifier](#)]

---

Dans le domaine animal, un pas est franchi aux<sup>xx</sup>e siècle grâce au clonage à partir de noyaux de cellules différenciées, réimplantés dans des [ovocytes](#) préalablement énucléés. Cette technique aux taux de réussite encore faibles et qui n'a abouti que chez quelques espèces en est à ses balbutiements. Des problèmes de vieillissement accéléré semblent pouvoir être reliés à l'état des [télomères](#). Peut-être que cela empêchera la disparition de plusieurs espèces comme le [panda géant](#) ou le [gorille des montagnes](#).

L'embryologiste chinois [Tong Dizhou](#), fut le premier à cloner un animal (une carpe) en [1963](#), 33 ans avant la [brebis Dolly](#). Il publia ses recherches dans un magazine scientifique chinois qui ne semble pas avoir été traduit à l'époque<sup>2</sup>.

Cette technique a permis de cloner les animaux suivants :

- [Carpe](#) : [1963](#), premier clone artificiel issu de cette technique.
- [Dolly](#), une [brebis](#), premier mammifère cloné en [1996](#) (et née le 24 février [1997](#)) à partir d'une cellule spécialisée. Elle mourut en [2003](#) d'une maladie pulmonaire qu'ont les brebis normalement à 11 ou 12 ans.
- « Cumulina », une [souris](#) clonée en [1997](#).
- « Marguerite », une [vache](#), clonée par l'[INRA](#) en [1998](#).
- « Millie », « Christa », « Alexis », « Carrel » et « Dotcom », 5 petits [cochons](#), clonés en [mars 2000](#).
- « Noah », un [Gayal](#) (une espèce de bœuf sauvage, premier clone d'animal en voie d'extinction), en [janvier 2001](#).
- [taureaux](#): [mars 2001](#)
- « Carbon Copy », ou *Copie carbone* un [chat](#), cloné fin [2001](#).
- [souris](#) : [2002](#)
- Six [lapins](#), clonés en [2002](#) par l'[INRA](#).
- « Idaho Gem », « Utah Pioneer », « Idaho Star », trois [mules](#), clonées en [2003](#).
- [daim](#) : [2003](#)
- « Prometa », une [jument](#), clonée en [2003](#).
- « Ralph », le [rat](#), cloné en [2003](#)
- [drosophile](#) : [2004](#)
- « Little Nicky », en [2004](#), un [chat](#), premier clone produit à but commercial.
- Le docteur [Hwang](#) annonce avoir cloné la première cellule humaine, mais quelques mois plus tard il est obligé d'avouer la supercherie.
- « [Snuppy](#) », un [chien](#), cloné en [2005](#) en [Corée du Sud](#) par le controversé docteur Hwang.
- « Paris Texas », un [cheval](#), cloné en [2005](#).
- Le premier primate est cloné en [2007](#)<sup>3</sup>
- Une souris congelée depuis 16 ans à -20 °C est clonée : treize souriceaux ont vu le jour en [2008](#)<sup>4</sup>
- « Injaz », le premier dromadaire, est cloné le 8 avril 2009
- Le professeur [sud-coréen](#) Park Se-Pill clone en [2010](#) une cellule congelée d'une vache noire aujourd'hui décédée<sup>5</sup>.

Toutes ces expériences ont montré que le clonage des mâles est en général plus délicat que celui des femelles. De plus, pour des raisons encore inconnues, seuls 5 à 10 % des œufs fabriqués et réimplantés produisent des clones viables ou en bonne santé apparente. On ne comprend pas non plus pourquoi certaines cellules d'un organisme se clonent mieux que d'autres.

Un second pas est franchi avant le [nouveau millénaire](#) par le clonage de seconde génération (obtention d'organismes clonés à partir d'autres organismes clonés) sur des [souris](#), puis un [taureau](#).

En 2007, il existe près d'un millier de cochons clonés et près de 3 000 bovins<sup>6</sup>.

### **Les clones ne sont pas des copies conformes** [\[modifier\]](#)

---

Seul le matériel génétique du noyau est transféré lors d'un clonage. L'[ADN mitochondrial](#) reste celui de la cellule réceptrice tout comme la machinerie nécessaire à la transcription de l'ADN pendant les premières phases du développement embryonnaire. On parle de régulation épigénétique. De même, des facteurs environnementaux peuvent modifier le devenir des embryons. En pratique les animaux clonés diffèrent sur plusieurs paramètres et sont moins ressemblants que de vrais jumeaux monozygotes (ayant le même patrimoine génétique)<sup>6</sup>.

### **Controverses** [\[modifier\]](#)

---

**Avantages** : Le clonage, in vitro notamment permet – à faibles coûts – la production *délocalisée* de grandes quantités d'individus. Il permet de produire des plantes menacées dans la nature, mais recherchées par les collectionneurs ou amateurs (ex : [orchidées](#) qu'il n'est alors plus nécessaire de prélever dans la nature pour les vendre par exemple).

**Inconvénients** : L'utilisation croissante de clones dans l'[agriculture](#) et la [sylviculture](#) est source d'une importante perte de [biodiversité](#), et par là de fragilisation d'espèces qui sont des ressources agricoles et pour l'élevage. Les plans issus de clones ou de [greffes](#) sont souvent à terme plus fragiles et sensibles aux [épidémies](#) de [pathogènes](#), c'est un fait déjà noté, il y a presque 200 ans, par un fonctionnaire français [François Joseph Grille](#), qui, sans employer le vocabulaire des écologues modernes, protestait déjà contre l'appauvrissement génétique des populations d'ormes trop volontiers clonés et/ou greffés au détriment de la richesse adaptative que permet le semis :

« Les planteurs d'ormes se bornent trop souvent au moyen le plus facile, qui est de planter par rejeton et par éclats de racines ; mais ils en sont les dupes et ils n'obtiennent que des sujets rabougris qui ne rapportent presque rien. On distingue au premier coup-d'œil, à la beauté de leur port et à la vigueur de leur végétation, les ormes de semis, et ceux à feuilles étroites greffés sur sujets écossais, dans les plantations d'agrément, dans les parcs, et sur les pelouses qui environnent les maisons de campagne<sup>7</sup>. »

— François Joseph Grille, *Description du département du Nord*

Cette homogénéisation génétique a effectivement peut-être contribué à la rapide explosion de la graphiose de l'Orme.

Des sylviculteurs tels que [Akira Miyawaki](#) ou l'école de sylviculture [Prosilva](#) ont développé des techniques visant au contraire à utiliser la biodiversité pour augmenter la résilience forestière, ce qu'encourage aussi l'écolabel forestier [FSC](#).

### **Aspects éthiques** [\[modifier\]](#)

---

Le Groupe européen d'éthique<sup>8</sup> a conclu dans son avis : « Étant donné le niveau actuel de maladies et de problèmes de santé des mères porteuses et des animaux clonés, le groupe doute que le clonage d'animaux à des fins alimentaires soit justifié d'un point de vue éthique. La question de savoir si cela s'applique également à la progéniture demande une recherche scientifique plus poussée. À l'heure actuelle, le GEE ne voit pas d'arguments convaincants pouvant justifier la production d'aliments à partir d'animaux clonés et de leur progéniture »<sup>9</sup>. Ce groupe a aussi listé des mesures à prendre en cas d'introduction d'aliments issus d'animaux clonés dans l'UE.

Les promoteurs du clonage d'animaux d'élevage estiment qu'il répond à des enjeux de recherche agronomique (accélérer la sélection animale, sauver des races en voie de disparition) et scientifique (mieux comprendre les mécanismes de la régulation épigénétique des premières phases du développement embryonnaire). La sécurité des aliments issus d'animaux clonés reste discutée, malgré la publication d'un avis favorable de la Food and Drug Administration (organisme fédéral américain chargé de contrôler la qualité des produits alimentaires mis en vente sur le marché américain) estimant que « la viande et le lait issus de bovins, de porcs et de chèvres clonés, ainsi que de la progéniture de clones d'espèces traditionnellement consommées sous forme d'aliments, ne présentent pas plus de dangers que ceux issus d'animaux élevés selon les méthodes classiques [...] L'agence n'exige pas l'étiquetage, ni aucune autre mesure supplémentaire, pour les aliments issus de clones de bovins, porcs ou chèvres clonés, ou de leur progéniture, car les aliments issus de ces sources ne diffèrent aucunement de ceux issus de bêtes élevées selon des méthodes classiques [...] Étant donné que les clones seraient utilisés pour l'élevage, leur introduction dans la chaîne alimentaire ne se ferait pas en nombres importants. Au contraire, leur progéniture issue de la reproduction sexuelle serait utilisée pour la production de viande et de lait destinés à la commercialisation. À l'heure actuelle, l'agence continue de recommander que les aliments issus d'espèces clonées autres que les bovins, porcs et chèvres (ex. les ovins) ne soient pas introduits dans la chaîne alimentaire ».

Début 2008, l'[EFSA](#) (Agence européenne de la sécurité alimentaire) prépare un nouvel avis sur ces questions<sup>10</sup>.

### **Conséquences évolutives [modifier]**

---

Le clonage, par copie d'un génome, ne permet pas la diversification et recombinaison du [gène](#) caractéristique de la [reproduction sexuée](#). Or cette dernière est selon la [théorie de l'évolution](#) le moyen de l'adaptation du Vivant et de la biosphère aux changements environnementaux, et le gage de co-évolution des organismes à reproduction sexuée avec celle de leurs prédateurs, pathogènes et [parasites](#).

### **Clonage humain [modifier]**

---

Article détaillé : [Clonage humain](#).

Au-delà des questions techniques relevant du clonage animal en général, le [clonage de l'humain](#) pose des problèmes philosophiques nouveaux, débouchant sur la question d'une législation spécifique. Quelques chercheurs travaillent actuellement sur le clonage humain reproductif. Sans nier l'exploit technologique que constituerait une telle réalisation, la tendance internationale semble pencher vers l'interdiction, pour l'instant, des recherches sur le domaine. Ceci étant, un sondage CNN<sup>11</sup> montre un intérêt toujours grandissant du public pour la technique. [Arnold Schwarzenegger](#), gouverneur de la [Californie](#) a milité en faveur du clonage humain<sup>12</sup>.

Les opposants au clonage semblent d'autant plus pressés d'arriver à un consensus international. Les [États-Unis](#), avec plus de cinquante autres pays, ont signé un appel à une interdiction totale du clonage humain. Un autre texte interdisant seulement le clonage reproductif a été rédigé par la [Belgique](#) et soutenu par plus de vingt pays, dont la [Russie](#), le [Japon](#), le [Royaume-Uni](#), la [Corée du Sud](#) et le [Danemark](#). La recherche en faveur du clonage humain reproductif exprime une quête encore fantasmagique, de l'homme, pour son [immortalité](#).

Fin 2002, la firme [Clonaid](#), associée au [mouvement raëlien](#), a affirmé avoir réalisé le clonage d'êtres humains mais aucune preuve scientifique de leur existence ne fut apportée.

Il est admis scientifiquement que l'identité de l'être ne se résume pas à son [génotype](#), ce qui

signifie qu'il est impossible de produire deux êtres identiques simplement en dupliquant un génome. Le cas de vrais jumeaux (dits monozygotes), qui peut être techniquement apparenté au clone, ne peut être considéré comme un exemple de clonage humain, au sens où le principe de reproduction sexué entre deux parents est assuré naturellement, sans intervention technologique, et après brassage génétique.

Mais tout ceci pose des questions [éthiques](#), [philosophiques](#), et [religieuses](#) importantes en ce début de <sup>xxi</sup><sup>e</sup> siècle conduisant à de nombreux débats. Devons nous considérer le clone, comme un Homme à part entière ou comme une pâle reproduction, une sorte de sous-homme ? Devons nous les considérer comme notre égal ? Faut-il créer une législation nouvelle pour les clones ? Tant de questions qui sont à débattre.

Cette nouvelle forme de génération présente par exemple des difficultés juridiques concernant le statut légal du clone. Notamment lorsque l'on parle de clonage « thérapeutique », qui implique que le clone soit mis au service d'autrui par sa destruction partielle, voire totale.

En [mai 2005](#), des chercheurs de [Corée du Sud](#) et du [Royaume-Uni](#) ont annoncé les premiers clonages d'embryons humains à des fins de recherches thérapeutiques.

En [2008](#), des chercheurs américains, des entreprises Stemagen et Reproductive Science Center, ont annoncé avoir obtenu trois embryons clonés à partir de cellules adultes (cellules de peau) et d'ovocytes énucléés. C'est la première fois que des embryons sont obtenus à partir de cellules qui ne sont pas des cellules souches<sup>13</sup>.

### **Dans la fiction** [\[modifier\]](#)

---

Article détaillé : [Clonage dans la fiction](#).

### **Notes et références** [\[modifier\]](#)

---

- ↑ Voir résumé étude [\[archive\]](#)(INIST/CNRS)
- ↑ [www.pbs.org](#) [\[archive\]](#)
- ↑ Actualité > Clonage : une première chez les primates [\[archive\]](#)
- ↑ Emilie Rauscher,*L'exploit : Teruhiko Wakayama a cloné une souris congelée*,*Science et Vie*, janvier 2009, page 21.
- ↑ Le clonage redonne la vie en Corée du Sud [\[archive\]](#),*AgoraVox*. Mis en ligne le 26 juin 2010, consulté le 26 juin 2010
- ↑ <sup>a</sup> et <sup>b</sup> Renard JP, *Le clonage : une fin ou un moyen*, Pour la Science, Novembre 2007, p34-40
- ↑ Description du département du Nord par François Joseph Grille (d'Angers) Paris, éd. Sazerac & Duval, 1825-1830 (livre commencé en 1824) [\[archive\]](#)
- ↑ Groupe européen d'éthique des sciences et des nouvelles technologies (GEE)
- ↑ Source : EFSA, consultée le 26 février 2008Voir [\[archive\]](#)
- ↑ À propos du projet d'Avis de l'EFSA [\[archive\]](#)
- ↑ Sondage CNN sur le clonage [\[archive\]](#)
- ↑ article [\[archive\]](#)
- ↑ Revue *La Recherche* n° 417, mars 2008

### **Voir aussi** [\[modifier\]](#)

---

### **Bibliographie** [\[modifier\]](#)

---

- *Après Dolly. Bons et mauvais usages du clonage*, de Ian Wilmut et Roger Highfield,



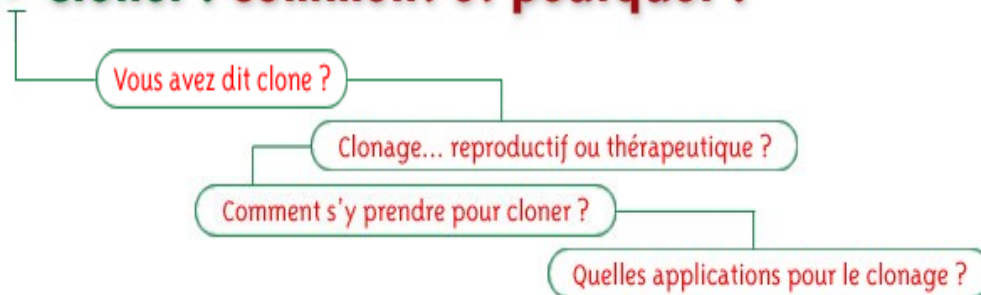
## Liens externes [modifier]

Sur les autres projets Wikimedia :

- « **Clonage** », sur le **Wiktionnaire** (dictionnaire universel)
- « **Hybridation et clonage** », sur **Wikibooks** (livres pédagogiques)
  - Argumentations pour et contre le clonage
  - Dignité, éthique et clonage
  - Le clonage en europe et dans le monde
  - Clonage des animaux: quelle position pour l'Europe?
  - questions relatives a la consommation de produit d'animaux clonés

Source : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Clonage#Les\\_clones\\_ne\\_sont\\_pas\\_des\\_copies\\_conformes](http://fr.wikipedia.org/wiki/Clonage#Les_clones_ne_sont_pas_des_copies_conformes)

## > Cloner : comment et pourquoi ?



### • Vous avez dit clone ?

Le mot **clone** vient du grec (klon). Il désigne une petite branche ou une jeune pousse. Un clone est un individu génétiquement identique à un autre, mais c'est aussi un ensemble d'individus génétiquement identiques.

- o Les plantes qui se reproduisent par **bouturage** engendrent des clones
- o Une **cellule** qui se reproduit et se **divise** en deux cellules filles identiques donne des clones
- o Une bactérie qui **réplique** un morceau d'**ADN** fait du « clonage de gènes ».

Les vrais jumeaux (« **jumeaux monozygotes** ») sont des clones naturels : ils sont génétiquement identiques.

Depuis la naissance de Dolly, on appelle « clone » un animal généré par « **transfert de noyau** » d'une cellule d'adulte dans un **ovule** vidé de son **noyau**.

### • Clonage... reproductif ou thérapeutique ?

Le **clonage reproductif** vise à donner naissance à un individu génétiquement identique à un autre.

Le **clonage thérapeutique**, encore à l'état de projet, consiste à cloner des cellules d'un patient et à utiliser celles de l'**embryon** résultant pour recréer des cellules, tissus ou organes pour soigner ce patient.

.....

QUELLE TECHNIQUE ?	QUEL CLONAGE ?	QUI EST CLONÉ ?	QUEL RESULTAT	EN RESUMÉ
-----------------------	-------------------	--------------------	------------------	-----------

ATTENDU ?				
Bissection d'embryon	Reproductif	L'embryon issu de la fécondation	Naissance de deux individus génétiquement identiques	
Séparation des cellules d'un jeune embryon	Reproductif	L'embryon issu de la fécondation	Naissance de plusieurs individus génétiquement identiques	
de cellule embryonnaire	Reproductif	L'embryon issu de la fécondation	Naissance d'un grand nombre d'individus génétiquement identiques	
Transfert de noyau	Reproductif	L'individu donneur du noyau	Naissance d'un individu génétiquement identique à un individu pré-existant	
de cellule d'adulte	Thérapeutique		Développement de cellules, d'un tissu ou d'un organe	

Cliquez sur une technique pour la voir en animation !

## • Quelles applications pour le clonage ?

### Clonage reproductif animal :

**Recherche :** Etude du développement précoce de l'embryon, de ses dérèglements et des conditions d'utilisation des cellules souches dans un but thérapeutique.

**Élevage ?** Multiplication des meilleurs reproducteurs mâles, des meilleurs animaux pour le rendement en lait, la qualité de la viande, etc. Mais il faudra auparavant s'assurer que le clonage ne présente pas de risques génétiques pour la descendance. Personne ne sait si nous mangerons un jour des clones...

**Sauvegarde d'espèces en voie de disparition ?** Peut-être, mais cela nécessiterait d'avoir accès à de nombreuses femelles. En effet, il faut une centaine d'ovocytes pour obtenir un animal. Et cela risque de s'avérer souvent très difficile...

**Le clonage reproductif animal peut aussi être couplé à la transgénèse**

Des animaux transformés génétiquement (difficiles à obtenir) pourraient être reproduits par clonage dans les cas suivants :

- o recherche (modèles animaux de maladies humaines).
- o production de médicaments (dans le lait par exemple).
- o xénogreffes (cœur de porc sans marqueurs immunitaires par exemple).

### Clonage thérapeutique :

- o Recherche sur les cellules souches.
- o Perspectives en médecine régénérative : traitement des maladies dégénératives, greffes d'organes...

### Clonage reproductif humain

Les motivations sont nombreuses... mais pas toujours sérieuses. En voici quelques unes :

- o Individus souhaitant perpétuer l'image de leur jeunesse, quête d'immortalité (secte des Raéliens)
- o Couples homosexuels désirant un enfant sans devoir recourir à un tiers  
  
Parents voulant reproduire un enfant mort
- o Couples porteurs d'une **maladie génétique** récessive ou liée au sexe et risquant de la transmettre à leur enfant
- o
- o Couples souffrant de stérilité aujourd'hui incurable : absence de **gamètes** fonctionnels (ovules ou spermatozoïdes), femmes atteintes de ménopause précoce...

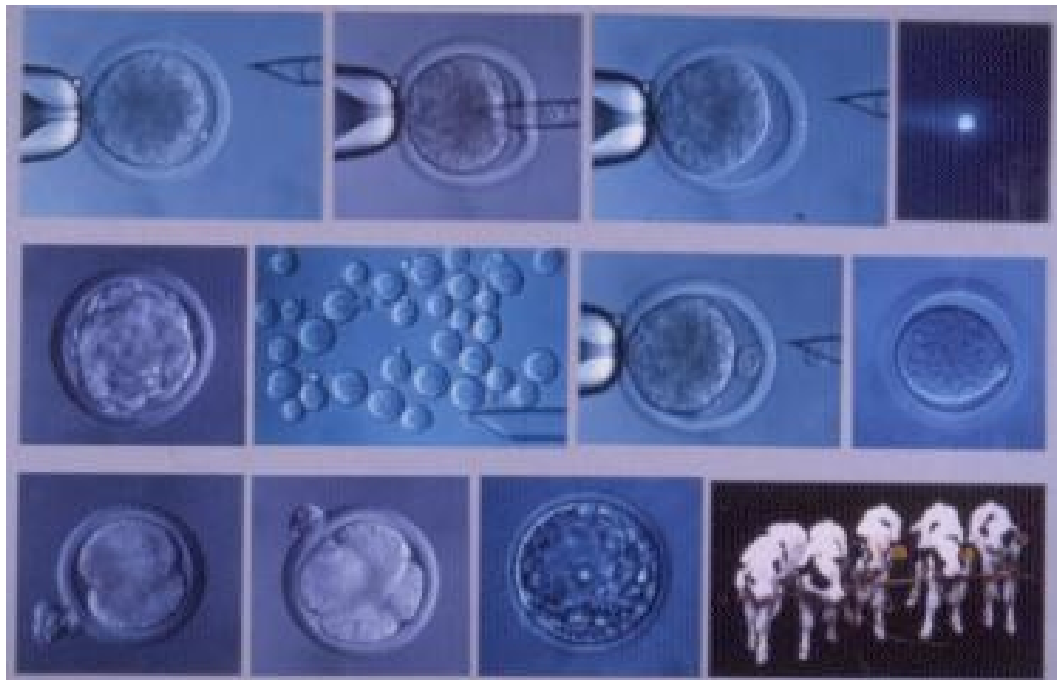
Certaines de ces motivations peuvent être satisfaites par d'autres méthodes. La liste des candidats au clonage reproductif humain pourrait alors se réduire. Par exemple, des recherches sont actuellement en cours dans le domaine de l'infertilité, notamment le rajeunissement de l'ovocyte et la **méiose** artificielle.

© 2011 Clonage : quelques clés pour comprendre... [Joomla!](#) is Free Software released under the GNU General Public License.

Source [http://www.clonage.u-psud.fr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2](http://www.clonage.u-psud.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=2)

**CLONAGE - Document de l'Institut national de recherche pédagogique  
Reconstitution d'embryon par transfert de noyau dans un ovocyte**

**I - Technique du transfert nucléaire**



Diaporama résumant les différentes étapes du transfert d'un noyau de cellule embryonnaire dans un ovocyte de bovin :

Enucléation (photos 1 à 4)

Prélèvement de cellule embryonnaire (photos 5 et 6)

Introduction de la cellule donneuse sous la zone pellucide (photo 7)

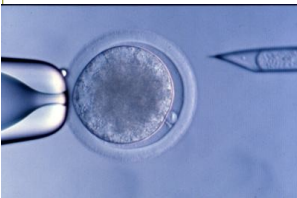



Fusion de l'ovocyte avec la cellule donneuse (photo 8)

Développement de l'embryon (photos 9 à 11)

Jeunes veaux clonés obtenus après transfert des embryons dans des vaches porteuses (photo 12). Photos P. Chesné (INRA Jouy en Josas)



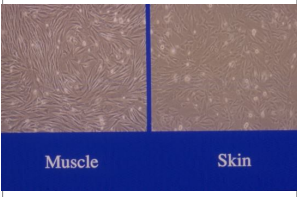
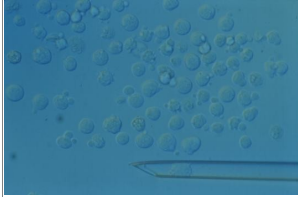
**Détails des étapes**

**Enucléation de l'ovocyte**




			
Pipette de contention (aspiration légère) sur la gauche, Ovocyte en métaphase II (GP1 visible) et pipette d'enucléation sur la	La pipette fine traverse la zone pellucide et aspire le noyau de l'ovocyte, le GP1 et une certaine quantité de	Pipette d'aspiration ressortie, trace de passage visible dans la zone pellucide, volume de l'ovocyte diminué.	Coloration de Hoechst permettant de visualiser le noyau (en plaque équatoriale) dans la pipette d'aspiration

droite.	cytoplasme.		
---------	-------------	--	--

**Plusieurs types de cellule donneuse de noyau: cellules embryonnaires ou somatiques.**

			
Embryon au stade morula sur lequel seront prélevées les cellules donneuses de noyau.	Cellules embryonnaires prêtes au transfert de noyau.	Cellules somatiques en culture, ici fibroblastes de muscles ou de peau.	Cellules somatiques prêtes au transfert de noyau

**Fusion de la cellule donneuse avec l'ovocyte: le "transfert de noyau"**

		
Mise en place d'une cellule embryonnaire sous la zone pellucide	Ou mise en place d'une cellule somatique sous la zone pellucide	Dans les deux cas la pénétration du noyau de la cellule donneuse dans le cytoplasme de l'ovocyte est assuré par fusion des membranes des deux cellules

**Développement de l'embryon**



Blastocyste de bovin, la masse interne contient les cellules qui donneront le futur embryon

**Dispositifs techniques**

<p>Dispositif général utilisé pour le transfert de noyau sous contrôle microscopique, avec prise de vues. Photo F. Jauzein INRP</p>	<p>Patrick Chesné (INRA-Jouy en Josas) au travail de micromanipulation sous microscope. Photo F. Jauzein INRP</p>	<p>Cuve de micromanipulation: à gauche pipette de contention de l'ovocyte, à droite pipette plus fine, pour l'introduction de la cellule étrangère (ou l'injection d'ADN lors d'une transgénèse). Photo F. Jauzein INRP</p>	<p>Fusion de la cellule étrangère avec l'ovocyte (l'embryon est placé dans la goutte centrale). Le courant de fusionnage est de 1kV/cm pendant quelques dizaines de ms. Il entraîne la formation de micropores dans les membranes, facilitant leur fusion. Photo F. Jauzein INRP</p>
---	---	---	--

## II - Deux stratégies possibles

Il existe deux techniques selon que l'activation de l'ovocyte (bloqué en Métaphase II) a lieu en même temps que la fusion avec la cellule étrangère ou avant cette fusion.

**Dans le premier type de protocole, "MII Ovocyte",** il y fusion avec la cellule étrangère et activation simultanée de l'ovocyte énucléé. C'est le courant électrique utilisé pour cette fusion qui crée un début d'activation transitoire, complétée par l'utilisation de substance chimique bloquant l'activité MPF (cycloheximide).

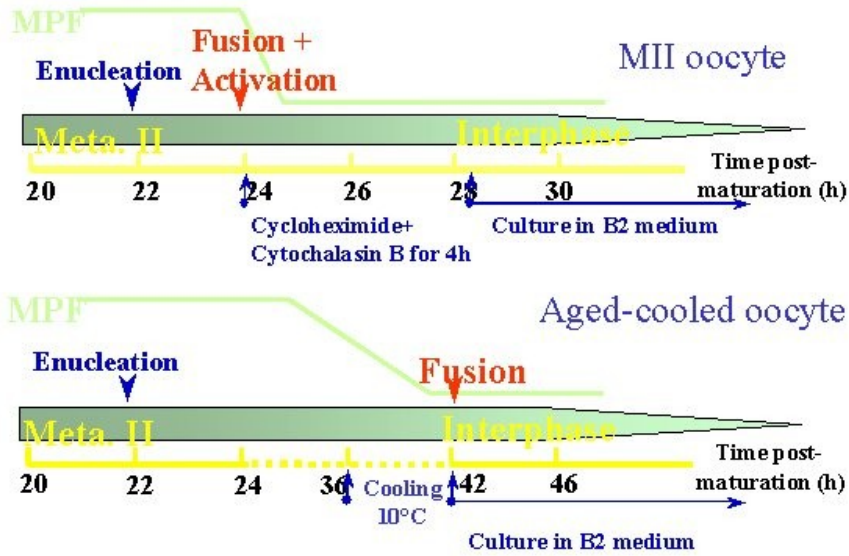
Une activité MPF élevée entraîne la division du noyau, la rupture de l'enveloppe nucléaire, la condensation des chromosomes....L'activation de l'ovocyte n'est possible qu'en présence d'une activité MPF basse.

Le MPF ou Mitotic Promoting Factor est un complexe protéique constitué de la protéine du gène CDC2 (régulateur du cycle cellulaire) et de cycline B. En inhibant la synthèse protéique (cycloheximide) on inhibe la réduction de cycline B et donc la formation du MPF, ce qui permet l'activation de l'ovocyte, c'est à dire la reprise de sa meiose, l'expulsion de son deuxième globule polaire et son passage en phase G1.

Dans le noyau qui a été transféré dans le cytoplasme de l'ovocyte en métaphase II, où une activité MPF existe encore, on observe une disparition de l'enveloppe nucléaire et une condensation prématurée de la chromatine (PCC), avec expulsion d'un globule polaire (comme si le noyau "obeissait" aux ordres du cytoplasme), puis une décondensation du noyau, suivie de son gonflement, et sa réplication avant la première division de segmentation.

**Dans le deuxième type de protocole, "aged cooled oocyte",** l'activation de l'ovocyte énucléé (par les substances chimiques bloquant l'activité MPF) a lieu avant sa fusion avec la cellule donneuse de noyau. La fusion a donc lieu plus tardivement par fusion électrique, lorsque l'activité MPF est basse et après 6h de refroidissement, alors que l'ovocyte est passé en interphase (phase G1).

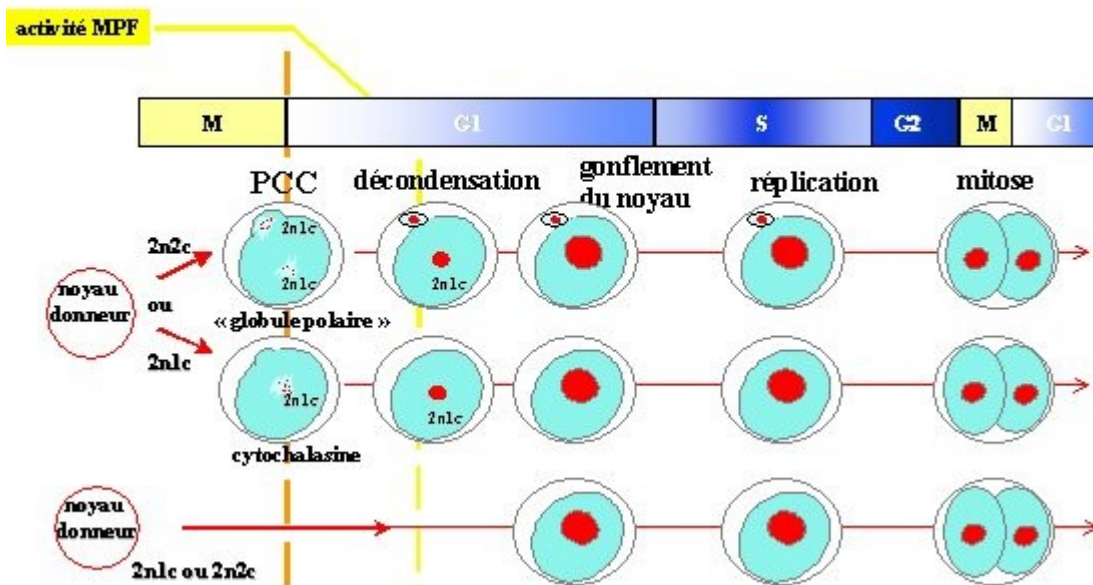
## Méthodes de reconstitution d'embryons chez le bovin



Deux types de méthode existent pour la reconstitution d'embryons par transfert nucléaire, selon que le noyau est transféré dans un ovocyte en métaphase II (l'activation a lieu en même temps que la fusion) ou dans un ovocyte en interphase (activé préalablement à la fusion).

### Réaction du noyau transféré et influence sur le nombre de chromosome de la cellule créée.

#### Stratégies pour la formation d'un zygote fonctionnel par clonage



Si l'on pratique la première méthode, "MII oocyte", le noyau transféré subit une division, il faut donc tenir compte de son nombre de chromatides pour éventuellement empêcher cette scission (par la cytochalasine).

Dans la deuxième méthode, "aged cooled oocyte", le noyau ne subit aucune division, la cellule donneuse peut être prise à n'importe quelle phase de l'interphase.

Dans la première méthode, si le nombre de chromosomes présents dans le noyau donneur est  $[2n,1c]$  (chromosomes non dupliqués) et non  $[2n,2c]$ , au moment où la fin de la méiose a lieu, l'expulsion du "deuxième" globule polaire entraînerait la perte de la moitié des chromatides, on utilise dans ce cas de la cytochalasine pour empêcher

l'expulsion de ce globule polaire.

Dans la deuxième méthode le noyau transféré est maintenu intact tel qu'il était dans la cellule donneuse, il ne subit pas de caryocinèse. Le cycle de réplication du noyau transféré se cale simplement sur le cycle de l'ovocyte; la réplication se fait si besoin, selon le stade auquel se trouvait le noyau transféré (G1 , S ou G2).

Le premier type de protocole est utilisé pour le transfert de cellules somatiques, qui sont synchronisables en G0 et G1 (car cultivées suffisamment longtemps). Ce protocole favorise la reprogrammation du noyau étranger, mais on ne sait pas encore comment.

Le deuxième type de protocole est bien adapté pour le transfert de cellules embryonnaires (cellules en cycle rapide, souvent en phase S).

Rédaction [Institut national de recherche pédagogique](#) - Source

<http://www.inrp.fr/Acces/biotic//procreat/clonage/html/ReconstitutionEmbryons.htm>urce

### **Reprogrammation épigénétique**

C'est la reconfiguration des marques épigénétiques afin qu'elles ressemblent à celles d'autres cellules, particulièrement les cellules des stades précoces du développement.

Institut Babraham, Cambridge, GB

---



Depuis la brebis Dolly, de nombreux organismes ont été clonés. Le **clonage** consiste à transférer un **noyau** de **cellule** adulte dans un ovule femelle. Pour qu'un **embryon** créé de cette manière puisse se développer et former un organisme à part entière, les **marques épigénétiques** présentes dans le **noyau de la cellule** adulte, telles que des modifications chimiques de l'ADN et des protéines **histone**, doivent être effacées et reconfigurées. Wolf étudie précisément ce processus, que l'on appelle **reprogrammation épigénétique**, et pense que si l'on observe une mortalité élevée au cours du premier stade de développement des animaux clonés, c'est parce que la reprogrammation est inefficace. Une meilleure compréhension de l'épigénétique nous aidera à reprogrammer des cellules adultes pour mettre au point des thérapies à base de cellules souches. Source : <http://epigenome.eu/fr/4,14,170>

Antoine Peters - Institut de recherche biomédicale Friedrich Miescher, Bâle, Suisse

Lorsqu'il ne chante pas dans une chorale, Antoine se demande comment les embryons de mammifères peuvent se développer en un si grand nombre de types de cellules différents. Des modifications chimiques de l'ADN ou des histones, ces protéines qui se



lient à l'ADN, contribuent à la définition de types de cellules particuliers. Ces modifications épigénétiques doivent être effacées et reconfigurées lors de la production de sperme et d'ovules, un processus connu sous le nom de **reprogrammation épigénétique**, pour permettre à l'**embryon** de se développer et de former un nouveau-né comportant différents types de cellules. Antoine s'intéresse à la **méthylation** des histones, qui les modifie chimiquement et influence ainsi la reprogrammation épigénétique. Source : <http://epigenome.eu/fr/4,18,209>

### **Programmation épigénétique et mutabilité** - par : Yorghos Remvikos

Plusieurs mécanismes de surveillances sont mis en œuvre dans les cellules pour assurer leur intégrité génétique. Cette exigence est d'autant plus stringente qu'elle peut concerner des cellules totipotentes, c'est à dire celles capables de donner naissances à l'ensemble des tissus de l'organisme. C'est le cas des cellules embryonnaires, mais aussi des cellules souches.

Il existe un cas qui échappe à cette règle. Il concerne les mutations introduites de façon physiologique dans les loci d'immunoglobulines qui participent à la diversification et au changement de classe d'Ig exprimée par les lymphocytes B.

Une autre difficulté concerne la reprogrammation épigénétique. En effet, la méthylation des îlots **CpG** participe à la régulation de l'expression de nombreux gènes au cours du développement et de la différenciation. Or, la déméthylation est requise pour redonner la possibilité d'expression de gènes éteints épigénétiquement. Un phénomène similaire est observé dans les cellules germinales primordiales, dont l'empreinte génétique doit être effacée avant la différenciation des gonades embryonnaires.

Nous retiendrons ici l'existence de mécanismes de déméthylation des cytosines, réplication-indépendants, dont l'action est potentiellement mutagène. En effet, les déaminases impliquées dans la diversification des immunoglobulines agissent également sur les 5meC qui sont ainsi converties en uraciles. Normalement, un processus de vérification permet de retirer les bases erronées (BER ?, NER ?). Sinon, l'appariement U<->

A conduira à une transition C->T mutagène. Les gènes des déaminases Aid et Apobec1 dont la participation a été décrites dans la diversification des immunoglobulines sont situés dans un cluster de gènes qui inclu **Nanog** et **Stella**, exprimés dans les cellules germinales primordiales et pourraient fournir un moyen rapide d'effacement de l'empreinte.

Source : [http://www.avernes.fr/Oncologie/article.php?id\\_article=721](http://www.avernes.fr/Oncologie/article.php?id_article=721)

### **Totipotent, totipotente** - D'après le Larousse

Adjectif (latin *totus*, tout entier, sur omnipotent)

Se dit des cellules embryonnaires non encore différenciées et dont chacune, isolée, est capable de se développer en un organisme entier.

Source : [http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/totipotent\\_totipotente/78611](http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/totipotent_totipotente/78611)

### **What is "Totipotency"?**

### **A teacher replies:-**

You will know that it is possible to raise whole plants from cuttings or even from a few cells. Thus, it is sometimes possible to raise a whole plant from a root (or shoot) cutting, or a

complete plant from some pith cells (this is tissue culture).

Now, there is a debate as to whether cells lose this ability when they become differentiated. So, is it possible for a mature phloem companion cell to be used as the starting point for the production of a complete plant? Or has the phloem cell switched off some of its genetic capability such that it can no longer use some of the genes which still exist in its nucleus.

Some scientists believe that ALL plant cells retain the ability to use all of their genes and thereby can produce any type of tissue and eventually whole plants. This ability to generate any cells from such starting tissue is the property of "totipotency". If such cells have lost this ability and one could only produce a limited range of cells from (say) companion cells, then they would have lost their "totipotency". John Hewitson, SAPS

### ***A writer of dictionaries replies:-***

The ability of a single cell to express the full genome in the cells to which it gives rise by cell division.

Thus fertilised eggs (zygotes) are totipotent because they produce a population of differentiated cells forming an entire organism, whereas under normal circumstances human skin cells (for example) are not totipotent since in culture they divide to produce only more skin cells (not nerve, muscle etc.).

The significance of the term has increased in recent years with respect to cloning (particularly of animals), however in plants it has been used for many years to express what happens when a new plant grows from a cutting or an explant used in tissue culture. Meristematic cells (cells that divide to give rise to cells which differentiate into different cell types) are found in the cambium and at the apices of stems and roots. In many plants this can be exploited to produce new plants (clones) by taking cuttings from leaves, stems and roots. Such cells are thus totipotent. Barry Meatyard, SAPS.

### ***A research worker replies:-***

Totipotency is the ability of all living cells potentially to regenerate whole new individuals - the trick is how to trigger them to do it and so to demonstrate it.

If I remember correctly, Dolly the sheep was cloned from a cell from another sheep's udder - a differentiated cell, which in normal circumstances would have remained as such. Similarly in plants, it is possible to trigger single epidermal cells in oilseed rape, sunflower, and I am sure there are others, to develop into embryos and subsequently to whole plants. Even immature pollen grains have this potential - these immature cells can be switched to develop into whole plants, even though they only have one set of chromosomes, and give rise to haploid plants, although sometimes these may diploidise during culture, to generate homozygous diploid

plants.

One of the hardest things in plant tissue culture is to get tissues from mature trees to illustrate totipotency, but by forcing a rejuvenation step, it is even possible to do this with some species - I believe quite a bit of work has been carried out on pines.

Simple cuttings, and the SAPS tissue culture system depends on this ability of cells to switch their development - hence root formation from hypocotyls, and root formation from woody cuttings, which allow new plants to be obtained for propagation.

All living cells have the necessary information, what they don't have most of the time, is the trigger to change their development. Mary MacDonald, SAPS. Source : <http://www-saps.plantsci.cam.ac.uk/records/rec105.htm>

## **Transgénèse** -Introduction d'un article de Wikipédia

La **transgénèse**, ou **transgenèse**<sup>1</sup>, est le fait d'introduire un ou plusieurs [gènes](#) dans un [organisme vivant](#). Ce [transgène](#) pourra être exprimé dans l'organisme [transformé](#). Stratégie servant initialement aux chercheurs pour étudier la fonction des gènes, cette approche est également utilisée par les industries pharmaceutique et agro-alimentaire. Elle est entre autres la nouvelle stratégie d'obtention de variétés végétales ou animales résistantes au stress [biotique](#) (parasites, insectes) ou [abiotique](#) (sécheresse, faible luminosité). Ces nouvelles variétés sont généralement regroupées sous le terme d'[organismes génétiquement modifiés \(OGM\)](#)<sup>2</sup>. Les transformations génétiques d'organismes unicellulaires ou de [virus](#) sont relativement simples à aborder. Elles font appel à des techniques nettement plus complexes pour les animaux et végétaux.

Article complet avec références sur : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Transg%C3%A9n%C3%A8se>  
**Transplantation nucléaire** ou **transfert nucléaire** ou **transfert de noyau**

**Remplacement du [noyau](#) d'une [cellule](#) par celui d'une autre cellule.**

Le transfert nucléaire est le passage du noyau d'une cellule à une autre cellule, préalablement vidée du sien. Il peut se faire manuellement, avec une pipette très fine (microinjection), ou à l'aide d'un bref choc électrique qui entraîne la fusion des deux cellules ([électrofusion](#)). Le transfert de noyau est notamment utilisé pour le [clonage](#) (la cellule receveuse est alors un [ovocyte](#) «énucléé»).

© 2011 Clonage : quelques clés pour comprendre... [Joomla!](#) is Free Software released under the GNU General Public License. [Template Design by funky-visions.de](#)

Source : [http://www.clonage.u-psud.fr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=85&Itemid=4](http://www.clonage.u-psud.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=85&Itemid=4)

Voir également ci-dessus à la rubrique **clonage**

## **Traduction, définitions et compléments :**

Jacques Hallard, Ing. CNAM, consultant indépendant.

Relecture et corrections : Christiane Hallard-Lauffenburger, professeur des écoles honoraire.

Adresse : 19 Chemin du Malpas 13940 Mollégès France

Courriel : [jacques.hallard921@orange.fr](mailto:jacques.hallard921@orange.fr)

Fichier : ISIS Santé Clonage OGM [Cloned Meat & Milk Coming](#) French version.2

---