

DIER-MENS CHIMEREN :

stand van zaken en bio-ethische vragen

Inleiding

De recente ontwikkeling van experimenten met [chimeren](#) (d.i. een individu dat cellen met een verschillend DNA in zich draagt) roept misschien beelden op van fantastische en angstaanjagende wezens; maar stelt vooral diepgaande ethische vragen. Hoewel dit onderzoek nog in de kinderschoenen staat en momenteel beperkt blijft tot vrij alleenstaande experimenten, wekt het de interesse van de internationale wetenschappelijke gemeenschap en bekommert het de wetgever. In februari 2018 zijn op het congres van de *American Association for the Promotion of Science* (AAAS) in Austin (Texas) de eerste resultaten voorgelegd van een experiment met mens-schaap embryo chimeren.

Vele hedendaagse wetenschappers aanzien het chimerisme als veelbelovende medische ontwikkelingen van de 21^{ste} eeuw. Ze zouden leiden tot een beter begrip van de ontwikkeling van het menselijk embryo en tot de aanmaak van menselijke organen bij dieren teneinde te voldoen aan een groeiende behoefte aan transplantaten. In Frankrijk zou in 2017 het aantal mensen dat op een orgaantransplantatie wacht zijn opgelopen tot 24.000 personen¹. In België is er sprake van 1.300 patiënten.²

Als we de recentste wetenschappelijke publicaties over dit onderwerp en de persartikels die erover berichten mogen geloven, is chimeriseren dé oplossing voor het blijvende organentekort. Sommigen pleiten voor een versoepeling van de wetgeving die deze experimenten omkadert; anderen kiezen een soort '*sciencefictionscenario*'³: ze verlangen de ethische vragen over de lopende onderzoeken tijdelijk on hold zetten en hoe dan ook niet te strikt te reglementeren. Nochtans zijn de vragen niet min: onder welke voorwaarden is het mixen van menselijke organen of cellen in dieren toelaatbaar? Valt het fokken van dieren met als enig doel het aanleveren van menselijke organen te verzoenen met de menselijke waardigheid of met het dierenwelzijn?

Het *Europees Instituut voor Bio-ethiek* vindt de ethische toetsing als richtsnoer voor de toekomstige experimenten urgent en hoopt met dit dossier zijn bijdrage te leveren.

I. De huidige stand van de wetenschap

¹ Volgens het Activiteitenverslag 2017 van het [Franse Agence de biomédecine](#), gepubliceerd in 2018

² Aude Quinet in La Libre [On manque toujours de donneurs d'organes](#), van 13/02/2017

³ Florence Rosier in Le Monde [Des premiers embryons chimériques homme-singe ont été créés](#) van 18/04/2021

a. Wat voorafging

In de [genetica](#) is de chimeer een organisme of weefsel waarvan de cellen tegelijk de kenmerken hebben van twee of meer individuen van dezelfde soort (intraspecifieke chimeren) of van elkaar verschillende soorten (interspecifieke chimeren).⁴ Echter, in het gewone taalgebruik associeert men chimeren eerder met het mixen van cellen tussen twee verschillende soorten.

Allereerst moeten we een onderscheid maken tussen de **kunstmatige** (door menselijke tussenkomst gecreëerde) en de **natuurlijke chimeren of hybride wezens** (die in de natuur voorkomen).

De **natuurlijke chimeren** bestaan al altijd en zijn het product van [hybridisatie](#) tussen twee diersoorten door natuurlijke voortplanting. De bekendste zijn de muilezel (kruising van een merrie en een ezel), de wolfshond, het evervarken (kruising tussen een varkenszeug en een mannetjeseverzwijn), de zebroïde (kruising van een ezelin en een zebra) en de lijger (kruising van een leeuw en een tijgerin). Nader beschouwd komt 'hybridisatie vooral voor bij nauw verwante diersoorten, en hebben die hybriden zelfs geen naam.' Deze kruisingen zijn vaak disfunctioneel, leiden tot verschillende gradaties van onvruchtbaarheid en zelfs tot steriliteit.⁵

Het experimenteren met **kunstmatige chimeren** begon al in de vroege 20^{ste} eeuw met pogingen om een levende (dier)soort de genetische eigenschappen van een uitgestorven soort mee te geven (bijv. het mammoet-project: kruising van een mammoet met een olifant).⁶

In die periode (1924) waagt de Russische bioloog Ilya Ivanovich Ivanov zich aan een controversieel **mens-dierexperiment**: hij insemineert een vrouwelijke aap kunstmatig met menselijk sperma. Hoewel de twee soorten qua genenstructuur elkaar zeer, zoal niet het meest nabij zijn, kwam het nooit tot een zwangerschap.⁷

Vanaf de zestiger jaren neemt de complexiteit van experimenten met dieren toe. In Warschau en Yale lukken André Tarkowski en Béatrice Mintz erin om twee muizenembryo's 'samen te smelten'.⁸ Het embryo dat er uit voortkwam droeg de genetische kenmerken van alle vier de ouders.

In 1969, in Frankrijk, creëert Nicole Le Douarin het **eerste interspecies-embryo** door transplantatie van een fragment op de plaats van het ruggenmerg waar bij kwartels kippenvleugels worden gevormd. In 1984 werden op het Cambridge Institute of Animal Physiology de eerste levensvatbare geit-schaap chimeren geboren. Hun huid was een combinatie van harde haren en van wol.⁹

In 2007 slagen drie teams van Britse biologen in de creatie van embryo's van een mens-konijn en een mens-koe door de kern van een menselijke cel in de vooraf ontkernde eicel van het dier te plaatsen, embryo's die na 14 dagen worden vernietigd.¹⁰

⁴ Nicole Le Douarin *Des chimères, des clones et des gènes*, Parijs, Odile Jacob, 2000.

⁵ Lees over dit onderwerp: het Wikipedia trefwoord [Hybride](#) (06/08/2022)

⁶ Lees over het zgn. 'wederopstandingsexperiment' van een mammoet bij de olifant, het Wikipedia trefwoord [De-extinction](#) 4.1. the woolly mammoth (17/05/2021)

⁷ Wikipedia trefwoord : [Ilya Ivanovs](#) (19/05/2021)

⁸ Jean-Yves Nau in Le Monde: [La chèvre-brebis de Cambridge. Une prouesse technique des chercheurs anglais](#) van 05/03/1984

⁹ Jean-Yves Nau, [La chèvre-brebis de Cambridge](#) (aangehaald in voetnoot 8)

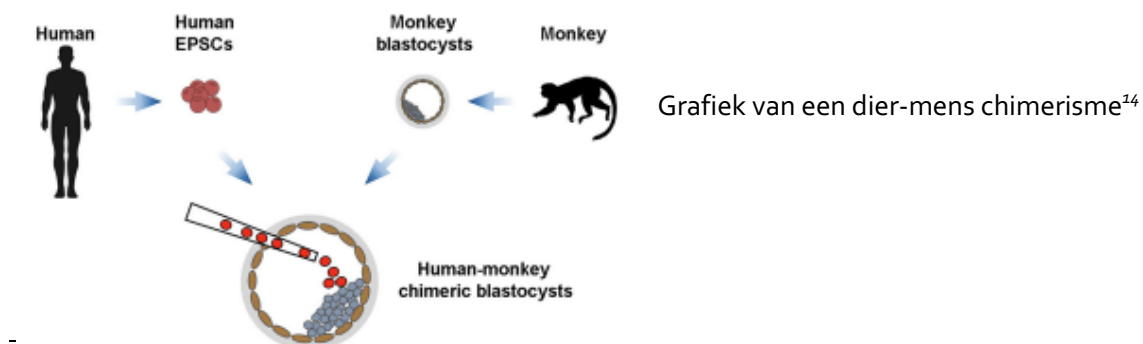
¹⁰ Over dit Britse mens-dier experiment berichtte Jean-Yves Nau in Le Monde: [Des équipes britanniques vont créer des embryons mêlant l'humain à l'animal](#) van 06/10/2006

In **2010** verwekt het team van Hiromitsu Nakauchi de geboorte van muizen met een alvleesklier van een rat. Deze dieren leefden twee of drie jaar lang een bijna normaal leven. Dit experiment met interspecifieke chimere was een primeur.

In **2013** lukken de onderzoekers van de State University van New York in Buffalo samen met het *Roswell Park Comprehensive Cancer Center* als eersten een embryo chimeer van een mens-muis te verwekken dat 4 % menselijk DNA bevatte en 17 dagen overleefde.¹¹ **Deze resultaten wakkeren de hoop aan op een beter begrip van de menselijke pathologie:** als het lukt menselijke cellen in besmette dieren te houden, kan men natrekken hoe deze cellen zich gedragen en de pathologie beter begrijpen en behandelen.

Decennialang al brengen onderzoekers in volwassen dieren menselijke kankercellen in en observeren ze hoe ze zich vermenigvuldigen. Ze onderzoeken de metastasen die zich ontwikkelen en gaan op zoek naar helende moleculen die de metastasen kunnen uitschakelen. Chimerisme van volwassen dieren wordt ook gebruikt voor het bestuderen van de manier waarop 'stamcellen het herstel van beschadigde organen bij bepaalde degeneratieve ziekten bevorderen'.¹²

Bij de ontwikkeling van mens-dier chimere in het embryonale stadium worden vooral twee technieken gebruikt: de ene brengt dierlijke cellen in een menselijk embryo in; de andere bestaat erin menselijke cellen in te brengen in een dierlijk embryo. In dit laatste geval brengt de onderzoeker in het dierlijke embryo (dat in dat stadium ongeveer tien stamcellen heeft) tussen de 5 en 10 stamcellen in afkomstig van menselijke embryo's hetzij in vitro verwekt hetzij afkomstig van somatische cellen die zijn geherprogrammeerd in pluripotente stamcellen.¹³ Deze ingreep in een vroeg stadium (blastula) heeft als bedoeling de ingebrachte menselijke cellen voldoende te laten bijdragen tot de ontwikkeling van het (dierlijke) embryo. Bij de celdeling en als het embryo overleeft, komen de menselijke cellen in concurrentie met de dierlijke cellen. Deling en differentiatie vindt dan plaats zonder dat het DNA van de beide soorten zich vermengt. Toch zullen mogelijks verschillende soorten menselijke en dierlijke cellen in hetzelfde orgaan worden aangetroffen. Aangezien cellen uitwisselen met hun ontwikkelingsomgeving, vallen celmutaties niet uit te sluiten bij de interacties.



¹¹ Lees hierover: Grégoire Ryckmans op de RTBF-webstek: [Des scientifiques créent un embryon de souris contenant 4% de cellules humaines, ouvrant une voie à la fabrication d'organes humains](#), artikel van 25/05/2020; Zhixing Hu, Hankin Li, Houbo Jiang, et al. [Transient inhibition of mTOR in human pluripotent stem cells enables robust formation of mouse-human chimeric embryos](#) in het tijdschrift Science Advances van mei 2020

¹² Persartikel van 09/03/2021 in Le Monde: Les chimères homme-animal sont une alternative à l'expérimentation humaine

¹³ Ook wel geïnduceerde pluripotente stamcellen genoemd

¹⁴ Grafiek ontleend aan Tao Tan et al., [Chimeric contribution of human extended pluripotent stem cells to monkey embryos ex vivo](#), Cell Press Journal van 15/04/2021

In **2014** produceert het team van de Spanjaard Juan Carlos Izpisua Belmonte muis-rat en muis-varken embryo's van 28 dagen dankzij een speciale toelating voor experimenten van zijn universiteit.

Voor de slaagkansen van experimenten met **menselijke organen bij dieren**, die een steeds prominentere plaats innemen bij de chimerentechniek, zijn grotere dieren nodig waarvan de orgaanfuncties sterk op die van mensen lijken. In **2017** blijkt uit een experiment uitgevoerd op mens-varkenembryo's¹⁵ dat de menselijke cellen blijkbaar weinig hadden bijgedragen. In **februari 2018** creëerden researchers van de Stanford University schaap-mens chimeerembryo's.¹⁶ Bij de vernietiging ervan na 28 dagen, konden ze vaststellen dat minder dan 1% van de menselijke cellen in deze embryo's terug was te vinden.

Het jaar **2021 is bijzonder productief** in experimenten met chimeren. Op 12 januari 2021 publiceerde het team van INSERM France in het tijdschrift *Stem Cell Reports* de resultaten van hun research met aap-mens chimeren¹⁷. In een poging konijnenembryo's te koloniseren (konijnen bevinden zich op dezelfde evolutionaire afstand tot de mens als muizen), observeert het team eerst het chimerische vermogen van de geïnduceerde pluripotente cellen van respectievelijk muizen en mensen. Daarna spitst het team zich toe op het verbeteren van het koloniserend vermogen van de menselijke cellen in meer geschikte omgevingen, zoals apenembryo's, die zich op een kortere evolutionaire afstand bevinden. Het team besluit dat het chimerische vermogen (d.i. het bijdragevermogen tot embryonale groei) van menselijke cellen zeer beperkt is, misschien verbeterbaar bij een grotere (evolutionaire) nabijheid tussen de geteste soorten.

Op 15 april 2021 kondigde een Chinees team geassocieerd met het Belmonte-team enthousiast aan dat de nabijheid van mens-aap de weg zou openen tot veelbelovende experimenten met chimeren. De resultaten liggen echter in lijn met die van het onderzoek van het INSERM-team. Concreet bracht het team, per makakembryo, 25 menselijke stamcellen in bij in totaal 132 embryo's. Slechts drie overleefden gedurende maximaal 19 dagen waarin slechts 5 tot 7% menselijke cellen werden aangetroffen.¹⁸

b. De technische grenzen van de xenotransplantatie

Als zowel de wetenschappelijke wereld als de publieke opinie tegenwoordig zoveel belangstelling toont voor experimenten met chimeren, dan is dat vanuit een optiek van xenotransplantatie als bijzondere toepassing.

Bij xenotransplantatie brengt men **cellen, weefsels of organen van de ene soort bij een andere over**. Meestal dierlijke organen (bijvoorbeeld van varkens) worden overgeplant bij de mens.

¹⁵ Jun Wu et al., [Interspecies Chimerism with Mammalian Pluripotent Stem Cells](#), Cell Press Journal, deel 168, nr. 3, van januari 2017, blz. 473-486

¹⁶ Michael Greshko, [Sheep human hybrids chimeras crispr organ transplant health science](#), in National Geographic van 18/02/2018

¹⁷ I. Aksoy et al., Apoptosis, G1 Phase Stall, and Premature Differentiation Account for Low Chimeric Competence of Human and Rhesus Monkey Naive Pluripotent Stem Cells, in: Stem Cell Reports, Vol. 16, number 1, p. 56-74, van 12/01/2021.

¹⁸ Belmonte et al., [Chimeric contribution](#) (aangehaald in voetnoot 14)

Vandaag zijn naast mechanische ook biologische prothesen heel gebruikelijk. Ze zijn gemaakt van **dierlijk** weefsel, zoals hartkleppen gemaakt van varkens-, runderen- of paardenweefsel.¹⁹ De xenotransplantatie van een volledig orgaan zit nu nog in de experimentele fase en de slaagkans is nu nog vrij onzeker. In het dier zou een menselijk orgaan tot groei moeten kunnen komen dat goed compatibel is met de ontvanger. De **complexiteit van de menselijke genetica** maakt de kans op een levensvatbaar dier-mens chimeer heel twijfelachtig. Zoals we hebben gezien, kenmerkt de menselijke cel zich door een beperkt chimerisch vermogen, dwz dat ze maar beperkt bijdraagt tot de organieke celopbouw. Bovendien is een relatief groot aantal geaborteerde (menselijke) embryo's nodig. Dit alles werpt een schaduw op de haalbaarheid van een xenotransplantatie.

De menselijke genenstructuur is zeer verschillend van de andere levende soorten. De vermenging van cellen of organen **tussen soorten**, verhoogt significant de kans op afstoting (graft rejection). Daarbij komt dat de ontwikkeling van menselijke organen in een dierlijk lichaam niet vanzelfsprekend is omdat het dierlijke bloedvatstelsel helemaal anders werkt dan dat van de mens en een beduidend lagere bloedstroom heeft. Het is maar de vraag of dergelijke organen in het menselijk lichaam dezelfde functies kunnen vervullen. Bij orgaantransplantaties naar een dierenlichaam kunnen afstotingsverschijnselen optreden, wat de slaagkansen van een normaal ontwikkeld chimeer ook beperkt. De vraag naar de wenselijkheid van research met chimere is daarmee gesteld, wat een bekend bio-eticus doet besluiten dat *'het onzekere succes van de experimenten en het hoge afstotingsrisico allicht volstaan om zich ertegen te verzetten'*.²⁰

b. De gezondheidsrisico's

Het mengen van soorten, zeker bij dier-mens chimere, is niet zonder ernstige gezondheidsrisico's niet alleen voor de lokale bevolking, maar ook wereldwijd. Het onderzoek dat de Franse Raad van State als referentie nam voor de herziening van de wet op de bio-ethiek besluit dat experimenten met embryo's van chimere een groot risico in kunnen houden van **nieuwe zoönoses** (zijnde infectieziekten die van nature kunnen overgaan van gewervelde dieren op mensen en omgekeerd).²¹ Zo kunnen endogene retrovirussen van de ene soort (die zich eraan aanpaste) andere soorten, die er niet immuun voor zijn, besmetten. Het team van George Church van de Harvarduniversiteit (Boston USA) lukten erin de DNA-sequenties te inactiveren die coderen voor endogene varkensretrovirussen in het varkensgenoom. Er bestaan bij het varken evenwel nog andere factoren waartegen het menselijke immuunsysteem met afstoting reageert of die de mens schade kunnen toebrengen.²²

De Covid-19-pandemie heeft de omvang aangetoond die een virale besmetting kan krijgen in vergelijking met eerdere pandemieën als de H1N1-griep of de gekkekoelziekte. Virussen waartegen het immuunsysteem van mens en dier verschillend reageert, kunnen zich in een geglobaliseerde wereld snel verspreiden en vaak muteren bij nauwe contacten.

¹⁹ Aldus het verslag van het Franse Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM): *Surveillances des dispositifs médicaux implantables*, Rapport 2018

²⁰ Elio Sgreccia, Manuel de Bioéthique. Les fondements et l'éthique biomédicale, hoofdstuk Le cas de la xénotransplantation, éd. Mame EDIFA, 2004

²¹ Conseil d'État Français: *Révision de la loi de bioéthique: quelles options pour demain?*, Verslag van 28/07/2018, blz. 186

²² Céline Deluzarche, *Record: plus de 13.000 modifications CRISPR effectuées dans une seule cellule!*, artikel in Futura Santé van 01/04/2019

II. De noodzaak van een wettelijk kader

De wetenschappelijke realiteit van de dier-mens chimeren is niet eenduidig en daarom moeilijk te vatten in een **wettelijk kader**. 'Kruisingen tussen mens en dier passen niet in de bestaande juridische categorieën: de vraag rijst of een 'vermenslijkt' dier onder het zakenrecht dan wel onder het personenrecht valt.'²³ Wetenschappers onderlijnen dat tot nu toe alleen menselijke cellen in dieren worden ingebracht en niet andersom. Ze suggereren daarmee dat een wetgevend kader de therapeutische, wetenschappelijke en xenotransplantatiedoelstellingen van de huidige chimeertechnieken best positief onthaalt.²⁴

Hoe dan ook **wijst** de internationale wetenschappelijke gemeenschap op vandaag het **inbrengen van dierlijke cellen in het menselijke embryo unaniem af**.²⁵ Het valt echter niet uit te sluiten dat dit standpunt gaat evolueren als soepeler wetgeving tot stand komt in landen (zoals bvb. Japan) die een voortrekkersrol op dit gebied spelen. We noteren dat de International Society for Stem Cell Research (ISSCR) in haar recentste richtlijnen van mei 2022 geen wettelijke limiet van 14 dagen niet meer voorschrijft voor het in leven houden van in vitro verwekte menselijke embryo's.²⁶

a. België

De creatie van embryo's specifiek voor wetenschappelijk onderzoek is toegestaan.²⁷ Niettemin verbiedt de wet het **implanteren van menselijke embryo's bij dieren of het creëren van chimeren of hybride wezens**. De wet verbiedt ook de implantatie van embryo's bestemd voor onderzoek bij mensen, tenzij het een therapeutisch doel heeft (bvb. voor opsporing van een genetische of geslachtsgerelateerde ziekte bij een kind) of voor observaties die de integriteit van het embryo niet schaden. Chimerisme is dus in principe in beide richtingen verboden.

c. Frankrijk

In **Frankrijk** verbiedt artikel L. 2151-2 van het Wetboek van volksgezondheid het inbrengen in een menselijk embryo van cellen van een andere soort. De in 2021 gewijzigde wet op de bio-ethiek staat de **inbreng toe van menselijke** (embryonale of geïnduceerde pluripotente) **stamcellen in een dier-**

²³ Jean-René Binet, Fasc. 5: *Présentation générale de la loi relative à la bioéthique*, in Juris-Classeur du Code civil, art. 16 tot 16-14, 2012, nr. 47 en volg.

²⁴ Jean-Paul Soullilou, *Xénotransplantation, une chimère nous rattrape*, Médecine/Sciences, 13, 1997, blz. 295-298

²⁵ Aldus Prof. Pierre Savatier's verslaggeving aan het Franse parlement: [Compte-rendu n°24 de la Commission spéciale chargée d'examiner le projet de loi relatif à la bioéthique](#) van 04/09/2019

²⁶ Lees over een mogelijke uitbreiding van de 14 dagen-termijn: het nieuwsbericht van Constance du Bus De internationale vereniging voor stamcelonderzoek ([ISSCR](#)) [pleit voor afschaffing van de 14-dagenlimiet](#) voor onderzoek op menselijke embryo's, Europees Instituut voor Bio-ethiek van 30/06/2021

²⁷ [Art 5 1° van de Wet van 11/05/2003](#) betreffende het onderzoek op embryo's in vitro, samen te lezen met art. 10 van de [Wet van 06/07/2007](#) betreffende de medisch begeleide voortplanting en de bestemming van de overvallige embryo's en de gameten.

lijk embryo en de overbrenging ervan naar het vrouwtje op eenvoudige verklaring bij het Agence de la biomédecine.²⁸

d. Het Verenigd Koninkrijk

In het **Verenigd Koninkrijk** staat de **Human Fertilisation and Embryology Act 1990** chimerisatie toe, meer bepaald de inbreng van menselijke cellen in dierlijke embryo's én de overbrenging ervan naar een dierlijke baarmoeder, op voorwaarde dat het dierlijk DNA het menselijke 'overheerst'.²⁹ De definitie van 'overwicht aan menselijk DNA' ligt wettelijk echter niet vast. De wet laat de appreciatie dus over aan de researcher.³⁰ Wel mogen embryo chimere die niet aan de voorwaarde voldoen, niet worden ingeplant en dienen ze **in elk geval na 14 dagen te worden vernietigd** (bv. embryo's die dierlijke cellen bevatten of dierlijk embryo's met overwegend menselijk DNA...).

e. Duitsland

In **Duitsland** is de toevoeging van dierlijke cellen aan een menselijk embryo **wettelijk verboden**, maar het omgekeerde is wel toegestaan.³¹ In zijn advies uit 2011 doet de *Deutscher Ethikrat*³² een oproep de wet op het dierenwelzijn en op de bescherming van menselijke embryo's te wijzigen en een evenwicht te vinden tussen het nut die chimeertechnieken voor de mens kunnen hebben en het dierenwelzijn. Wel dringt de Raad aan op een verbod op de toevoeging van **menselijke zenuwcellen** aan de hersenen van mensapen, de embryo-overdracht van dieren naar mensen, het inbrengen van dierlijk materiaal in menselijke geslachtscellen en de creatie van chimere die menselijke gameten kunnen voortbrengen. Op vandaag zijn de vragen die in dit advies aan de orde komen, nog niet omgezet in wetgeving.

e. De Verenigde Staten

De **Verenigde Staten** hebben geen federale wetgeving over experimenten met chimere die menselijk organisch materiaal bevatten. In 2005 adviseerden de National Research Council en het Institute of Medicine om deze research duidelijk af te bakenen en, onder meer, de inbreng van menselijke stamcellen in embryo's van primaten en de creatie van mens-dier chimere te verbieden.³³ In 2015 stelde het National Institute of Health (NIH) dan weer een moratorium in op de federale finan-

²⁸ Franse wet nr. 2021-1017 *Loi relative à la bioéthique* van 02/08/2021; [Article L. 2151-6 & 7 van de Franse Code de La Santé publique](#) schrijft een voorafgaande aangifte voor van het onderzoeksprotocol waartegen het Agentschap zich kan verzetten

²⁹ Over de zogenoemde 'human admixed embryos': zie artikel 31 van deel I, sectie IV van de [Human Fertilisation and Embryology Act 1990](#), gewijzigd in 2008

³⁰ Antonio Regalado, [Human-Animal Chimeras Are Gestating on U.S. Research Farms](#) in *Technologie review* van 06/01/2016

³¹ Duitse [Gesetz zum Schutz von Embryonen](#) (Embryonenschutzgesetz - ESchG) van 13/12/1990.

³² Advies de Duitse Ethikrat: [Mensch-Tier-Mischwesen](#), 2011, blz. 123

³³ Gretchen Vogel, [Major grant in limbo, NIH revisits ethics of animal-human chimeras](#), 2015, pp. 1–6

ciering van research naar mens-dier chimeren in afwachting dat het ethisch gehalte ervan wordt onderzocht. Pas in 2021 werd dit dossier geopend.³⁴

f. Japan

Japan staat sinds 2019 de creatie toe van dierlijke embryo's met menselijke cellen en de implantatie ervan in een dierlijke baarmoeder.³⁵ Tot dan bestond er een verbod deze embryo's langer dan 14 dagen na de bevruchting in leven te houden.³⁶

g. Internationale aanbevelingen³⁷

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft een rapport gepubliceerd over het risico op interspeciesbesmetting (zoönose) dat chimerisme teweeg kan brengen. Ze roept de nationale gezondheidsautoriteiten op zich uit te spreken over dit gezondheidsrisico. In deze context zijn de Amerikaanse *Food and Drug Administration* en verschillende deelstaten van mening dat op dit moment de mogelijke voordelen van deze technieken een verdere ontwikkeling ervan rechtvaardigen als de nodige voorzichtigheid in acht wordt genomen en meer kennis over het gezondheidsrisico van experimenten met chimeren wordt opgedaan.³⁸

Binnen de Europese Unie verbiedt een richtlijn uit 1998 elk industrieel en commercieel gebruik van menselijke embryo's, zonder evenwel het onderzoek op embryo's (al dan niet chimeren) te vermelden.³⁹ Bovendien moet een door de Europese Unie gefinancierd project voldoen aan de wetten van het land van research.⁴⁰ Hoewel de Europese Commissie onderzoek waarbij embryo's worden vernietigd en nieuwe menselijke embryonale stamcellijnen worden geïsoleerd niet langer financiert, staat zij toch de financiering toe van experimenten met menselijke embryonale stamcellen die het resultaat zijn van deze technieken. Op zich dus is een onderzoeksproject waarbij deze cellen in dierlijke embryo's worden ingebracht niet verboden.⁴¹

De International Society for Stem Cell Research (ISSCR) beveelt een verbod aan op de overbrenging van chimeerembryo's bij mensen of apen, evenals onderzoek naar de kweek van chimeren of van menselijke gameten.⁴²

³⁴ US National Institutes of Health (NIH): [Report on human neural organoids, transplants, and chimeras](#), 2021

³⁵ Loup Besmond de Senneville, [Le Japon ouvre la voie aux embryons chimères](#), artikel in het dagblad La Croix van 02/08/2019

³⁶ Sophie Bécherel, [Le Japon autorise la création d'embryons humains-animaux pour permettre la production d'organes dans l'animal](#), artikel op de websstek van France Inter van 01/08/2019

³⁷ Dit overzicht is geïnspireerd op de tabel vervat in het toelichtingsverslag in de Franse Senaat bij artikel 17 van het [Projet de loi relatif à la bioéthique](#) van 08/06/2021

³⁸ JA Fishman, L. Scobie, Y. Takeuchi, *Xenotransplantation-associated infectious risk: a WHO consultation*. Xenotransplantation, 2012, nr. 19, blz. 72–81.

³⁹ [Richtlijn 98/44/EG van het Europees Parlement en de Raad van 06/07/1998 betreffende de rechtsbescherming van biotechnologische uitvindingen](#)

⁴⁰ Horizon 2020, het EU-kaderprogramma voor de financiering van onderzoek en innovatie.

⁴¹ Flash Expert van het Europees Instituut voor Bio-ethiek: [La Commission européenne et la recherche sur les cellules souches embryonnaires humaines](#), 11/2021.

⁴² ISSCR, [Guidelines on Chimeras](#), 2021

III. Ethische overwegingen bij onderzoek met chimeren

a. Het belang van ethische reflectie over chimeertechnieken

Voor researchwerker Frank Yates is een snelle regulering van de ethische vragen rond chimeren op minstens drie vlakken nodig.⁴³ **Als de wetgever te veel vertraging oploopt met zijn wetgevend werk**, zullen de ethische discussie en de vele open vragen het **debat over experimenten met chimeren alleen maar ingewikkelder maken**. Experimenten **verbieden** die al openlijk plaatsvinden en zelfs onderwerp zijn van internationale publicaties is naderhand altijd moeilijker. We moeten in elk geval nu al een **duidelijk moreel en juridisch kader** vastleggen dat het lot bepaalt van de **dier-mens chimeren voor het geval ze ter wereld komen**.

Tenslotte zal de wetgever altijd rekening houden met de *'gevoeligheid voor deze onderwerpen in de publieke opinie'*, terwijl voor de researcher *'een open debat essentieel is'*.

Bij research met chimeren moet het **voorzichtigheidsbeginsel** de regel zijn. Het 'zet de beleidsmeden ertoe aan beschermende maatregelen te nemen als onvoldoende wetenschappelijk bewijs voorligt van de effecten op het milieu of de gezondheid en van de levensgrote uitdagingen die het onderzoek meebrengt'.⁴⁴ Daarnaast dienen researchers de **evenredigheidstoets in acht te nemen** zoals uitgewerkt door de Zweedse filosoof Göran Hermerén⁴⁵ en meer bepaald:

- a. het **belang van het onderzoek** voor de wetenschap en/of de samenleving duidelijk te maken
- b. over een **voldoende middelenbudget** te beschikken dat toestaat het onderzoek tot een goed einde te brengen
- c. te kiezen voor **de meest gunstige optie** eerder dan voor meer controversiële of risicovolle opties
- d. **niet buitensporig** om te springen met de beschikbare middelen en ze aan te wenden in functie van de doelstellingen en rekening houdend met de strikt noodzakelijke kosten van het project en de kosten voor de samenleving.

In een opinieartikel in de krant Le Monde vindt een Collectief van wetenschappers experimenten met chimeren onmisbaar voor het juiste antwoord op de ethische vragen.⁴⁶ Chimeren zouden een **beter inzicht geven in de mechanismen van de embryonale ontwikkeling** (met mogelijks een verbetering van de medisch aangestuurde voortplantingstechnieken) en nieuwe mogelijkheden bieden voor **een betere behandeling van kankers en degeneratieve ziekten**, zoals de ziekte van Parkinson. Door in research naar therapeutische behandelingen en hun bijwerkingen op de langere

⁴³ Florence Rosier, [De premiers embryons chimériques homme-singe ont été créés](#) (aangehaald in voetnoot 3)

⁴⁴ Aldus het verslag van de Onderzoeksdienst voor de leden van het Europees Parlement (EPRS), [Le principe de précaution. Définitions et gouvernance](#), 2015

⁴⁵ Göran Hermerén, The principle of proportionality revisited: interpretations and applications, Medical Health Care, Philos, 2012, nr. 15, blz. 373-382

⁴⁶ Aldus het Collectief van wetenschappers in de Vrije Tribune van Le Monde van 09/03/2021: [Les chimères homme-animal sont une alternative à l'expérimentation humaine](#). (Deze Vrije tribune werd geplaatst nadat de Franse Senaat een wijziging in die zin van artikel 17 van het *Projet de loi relatif à la bioéthique* verwierp. Later, op 08/06/2021 (aangehaald in voetnoot 37), keurde de Senaat een nieuw voorstel alsnog goed.

termijn chimeren te gebruiken voor het produceren van grafts (d.i. transplanteerbaar entmateriaal), zouden ze een alternatief vormen voor experimenten op mensen en meer betrouwbare resultaten opleveren dan testen op dieren. Het Collectief vindt dat de verwachte wetenschappelijke en medische voordelen opwegen tegen de risico's⁴⁷.

Het aantal ethische denktanks nam de afgelopen jaren aanzienlijk toe. Sommige teams die met chimeren experimenteren, richtten hun eigen ethische commissies op die de vele morele vragen die onvermijdelijk rijzen kunnen opnemen. Even onvermijdelijk rijzen daarbij vragen over de onafhankelijkheid van instanties die aan de onderzoekscentra zelf verbonden zijn en samengesteld uit direct bij de experimenten betrokken researchers.

Tegelijk geven deze wetenschappers toe dat de aanmaak van menselijke organen bij dieren in dit beginstadium 'een sciencefictionscenario is'.⁴⁸ Ze suggereren daarmee beter niet te strikt regulerend op te treden. Maar dan dreigen louter feitelijke vaststellingen, in de zin van 'dat maar een zeer beperkt aantal menselijke cellen in het dierenlichaam aanwezig zijn en dus geen menselijke kenmerken tot ontwikkeling kunnen komen' te verhinderen dat erover gezamenlijk wordt nagedacht.⁴⁹ Toch kan het niet de bedoeling zijn dat de collectieve ethische reflectie gebaseerd op de huidige stand van de wetenschap, deze op de toekomstige ontwikkelingen overbodig maken.

Weliswaar werkt slechts een beperkt aantal wetenschappelijke teams aan experimenten met chimeren. Ze zijn wel internationaal erkend en verbonden aan 's werelds toonaangevende universiteiten. Ze publiceren hun resultaten in gerenommeerde tijdschriften en beschikken over aanzienlijke financiële middelen. In deze context is de ethische discussie beperkt, zijn de wetgevers onderworpen aan het ritme van de wetenschappers, en treedt de bio-ethiek in de voetsporen van de wetenschap in plaats van ze aan te sturen.

b. Zijn er grenzen aan experimenten met dieren?

De vraag is misschien verrassend, maar terecht: is het werken met proefdieren aanvaardbaar met als enig doel bij hen organen af te nemen en zo tegemoet te komen aan de dringende nood aan menselijke organen? Ten gronde stelt zich de vraag: moeten we '**de eigen finaliteit**' van dieren ondergeschikt maken aan de noodwendigheden van de xenotransplantatie en mogen we ze als een soort 'orgaanreserve' beschouwen?⁵⁰ 'Als we dieren als (louter biologische) lichamen beschouwen, zal dit snel ertoe leiden dat we hen als machines behandelen', waarschuwt filosoof Pascal Ide.⁵¹

Wanneer Aristoteles stelt dat elk levend wezen geboren is met een doel, bedoelt hij daarmee dat in de natuur niets tevergeefs voorvalt. De vraag is dus of we dieren niet onwaardig behandelen als we ze **bewust aan hun natuurlijk milieu onttrekken**. Daarbij komt dat chimeren een duidelijk lagere levensverwachting hebben dan hun 'natuurlijke' evenknie. De bevruchting *in vitro* vermindert de kwaliteit van het embryo dat in minder optimale omstandigheden moet groeien. Door de onvere-

⁴⁷ In die zin: Jean-Yves Nau, [Des équipes britanniques vont créer des embryons mêlant l'humain à l'animal](#) (aangehaald in voetnoot 10)

⁴⁸ Florence Rosier, aangehaald in voetnoot 3

⁴⁹ Artikel in de Afrikaanse editie van het BBC Nieuws [Que sont les "chimères homme-animal" et comment le Japon est-il devenu le premier pays à permettre aux scientifiques de les élever ?](#), van 12/08/2019

⁵⁰ Ontleend aan Aristoteles' *Geschiedenis van de dieren* (343 voor Chr.), aangehaald door Pierre Pellegrin, [Un finalisme tempéré](#) in het tijdschrift *Pour la Science* van 01/11/2005

⁵¹ Pascal Ide *L'homme et l'animal, une altérité corporelle significative*, in *L'humain et la personne*, Dir. François-Xavier Putallaz en Bernard N. Schumacher, ed. Le Cerf, Parijs, 2008.

nigbaarheden van twee organismen in één, lopen die embryo's een groter risico op het ontwikkelen van ziektes.

Zijn deze experimenten **verenigbaar met het dierenwelzijn waarvoor steeds meer wetgevend wordt opgetreden**? Veroorzaken ze geen **onnodig lijden** bij hen? Hoeveel '*mislukkingen*' kunnen we tolereren gelet op de momenteel nog zeer onzekere slaagkansen? Het gevaar is reëel dat het organetekort, het lucratieve potentieel van xenotransplantatie en de snelle ontwikkeling van de aanmaak van organen bij dieren, net zo intensifieert als de dierenkweek voor vleesproductie.

c. Bestaan er aanvaarbare alternatieven?

Of organen van chimeren een echt alternatief vormen voor transplantatie bij mensen, ligt niet voor de hand. Deze transplantatiedoelstelling is op vandaag niet gehaald en niets wijst erop dat chimeren ooit van voldoende kwaliteit zullen zijn en goed kunnen functioneren in een menselijk lichaam. Daarbij moeten ook sociale en culturele drempels worden genomen: patiënten moeten bereid worden gevonden om een dierenorgaan te ontvangen.

Al jaren bestaan er verschillende alternatieven, die op een eenvoudige en veilige manier het organetekort helpen lenigen. Ten eerste is er de **orgaandonatie van mens tot mens**, die **medisch gezien** het meest aangewezen is door de uitstekende soortcompatibiliteit tussen donor en ontvanger. **Sociaal** is ze een belangrijke drijfveer voor menselijke solidariteit. Deze donatie is **volledig verenigbaar met de menselijke waardigheid**, voor zowel de donor als de ontvanger. De donor is zich bewust van het lijden van de ontvanger en van zijn bijdrage om het te lenigen.⁵² Zeker als de donor er tijdens zijn leven mee instemt, is donatie **een vrij, onbaatzuchtig en vooral edelmoedig** gebaar. Het is een **zelfgave** (waarin de hele persoon betrokken is) die participeert aan het sociale leven. Dit alles is bij chimeren uiteraard ondenkbaar. Het overheidsbeleid dient daarop in te spelen door dit donorschap aan te moedigen als antwoord op het organetekort.⁵³

Een ander alternatief dat al geruime tijd ingang vindt, is aanmaak van **synthetische organen of protheses**. Deze uit kunststof en metaal gemaakte kunstorganen (bijv. uitwendige blaasprotheses) zijn in volle ontwikkeling. Ze worden tegenwoordig aangemaakt met 3D printing, een snelle en tegelijk goedkope optie.⁵⁴ Zo zijn er al protheses ontwikkeld voor delen van het hart, de nieren, de lever, de blaas en het bloedvatenstelsel. Daarnaast zijn draagbare dialyse- en zuurstofapparaten ontwikkeld die bij gebrek aan specifieke donoren aan patiënten toch een voldoende beademing bieden die hen in staat stelt comfortabeler te leven. Protheses hebben hun prijs, maar hun ethische invalshoek verschilt fundamenteel van die van het fokken van dieren die als '*objecten*' worden aanzien waarvan de vitale organen naar believen kunnen worden '*gebruikt*'.

Aangezien er volwaardige alternatieven beschikbaar zijn, is het maar de vraag of de aanmaak van chimeren echt bedoeld is als oplossing voor het donorentekort. Sommige onderzoekers focussen op het chimerisch vermogen van mens en dier. Hoever mogen we hen laten avonturieren om hun honger naar experimenten te stillen? En bestaat het gevaar niet dat ze bereid zijn de natuurlijke grenzen te verleggen en hun eigen wensdromen te verwezenlijken door een ver doorgedreven chimerisatie tussen mens en dier?

⁵² Alain De Broca, *Comment penser l'homme*, ed. de l'Atelier, Parijs, 2009

⁵³ IEB-dossier [Is een orgaandonatie na euthanasie ethisch verantwoord?](#) van 03/10/2020

⁵⁴ Wikipediatrefwoord [3D bioprinting](#) van 01/11/2022

d. Zijn dier-mens chimereën verzoenbaar met de menselijke waardigheid?

Het gebruik van chimereën voor xenotransplantatiedoeleinden moet ons tot denken aanzetten over de gevaren van het inbrengen van dierlijke organen in mensen. Het gevaar de mens in zijn diepste persoonlijkheid te raken is reëel.⁵⁵ In tegenstelling tot wat een louter utilitaristische visie suggereert, overstijgt de mens het idee van een mechaniek met vervangbare onderdelen.

Naast de aanmaak van organen in dieren, plaatsen verdergaande experimenten met chimereën de vraag van de menselijke waardigheid in volle daglicht. We mogen die vraag naar de definitie en de grenzen van het mens-zijn niet beantwoorden door alleen maar te kijken naar de structuren van het menselijk genoom. Zelfs als hij ermee instemt, is het geen mens geoorloofd zijn intrinsiek menselijke waardigheid aan te tasten.⁵⁶ Deze brengt morele verplichtingen mee waarover hij niet willekeurig kan beschikken; zijn lichaam kan nooit handelswaar zijn, noch geheel noch gedeeltelijk en het is überhaupt niet toelaatbaar zich van het leven te beroven.

Hoewel de *deep ecology-stroming* de grens tussen mens en dier eerder bagatelliseert, is 'de mens geen verbeterde apensoort'; 'hij is iets anders geworden, een andere soort'.⁵⁷ Het onderscheid tussen mens en dier is een **universele, tot op vandaag nooit ontkende antropologische invariant**: de mens heeft een specificiteit die zich niet beperkt tot zijn fysieke en psychische eigenschappen. Volgens de Frans filosoof Pascal Ide mag het anders-zijn van mens en dier nooit worden benoemd als een verschil tussen twee **diersoorten**.⁵⁸

Het inbrengen van dierlijke cellen in menselijk embryo's wordt momenteel nog nagenoeg unaniem afgewezen. Als we de gulden regel in acht nemen dat 'voorkomen beter is dan genezen', mogen we de vragen over deze experimenten niet langer ontlopen: ze behoeven een preventief en proactief antwoord.

e. Bestaat er een reëel gevaar voor soortvermenging?

Wanneer worden chimereën ethisch een probleem? Vanaf het moment dat het aantal menselijke cellen dat van dierlijke cellen overtreft? Zodra die dieren menselijke eigenschappen ontwikkelen of ze 'vermenselijken'? Hoe ver kunnen we gaan in de mens-dier mix?

De aanmaak van chimereën is in principe niet problematisch als het statuut van wat eruit voort kan komen ontstaat is van elke halfslachtigheid. Vooral in een vroeg stadium zijn chimereën 'wezens' waarvan de morele status onzeker is en waarvan we niet weten wanneer ze de menswaardigheidsdrempel hebben bereikt. Zo dit het geval zou zijn, zou het immoreel zijn deze dier-mensen te instrumentaliseren of te vernietigen. De morele verwarring hier is groot en het is evident dat 'de we-

⁵⁵ Elio Sgreccia, Elio, in hoofdstuk 'Le cas de la xenotransplantation' van zijn *Manuel de bioéthique* (aangehaald in voetnoot 20)

⁵⁶ Bertrand Mathieu, *La Bioéthique*, ed. Dalloz, coll. *Connaissance du droit*, 2009, blz. 41.

⁵⁷ Aldus de Franse paleontoloog en antropoloog André Leroi-Gourhan in *Le geste et la parole, Technique et langage*, Parijs, Albin Michel, 1965, blz. 165

⁵⁸ Pascal Ide, *L'homme et l'animal, une altérité corporelle significative* (aangehaald in voetnoot 51)

tenschap duidelijke ethische grenzen nodig heeft wil ze het vertrouwen behouden en een duidelijke morele grens moet trekken tussen wat menselijk is en wat niet.⁵⁹

De Franse bioloog Pierre Savatier omschrijft **drie rode lijnen** die niet overschreden mogen worden: 'menselijke cellen mogen nooit bijdragen tot de vorming van een dierlijk **brein**, van dierlijke **gameten** of van een **menselijk uiterlijk**'.⁶⁰

1. de gevaren dat dieren een menselijk uiterlijk krijgen

Menselijke trekken of een menselijk uiterlijk kunnen op een bedrieglijke of dubbelzinnige manier de grens tussen mens en dier doen vervagen; ze beperken zich namelijk niet tot het uiterlijke alleen. De taal is zeker een specifiek (menselijk) attribuut, doch '*instinctmatig*' kunnen ook andere identitaire kenmerken die behoren tot wat men de '*intuïtieve ontologische classificatie*' noemt, ons in de war brengen.⁶¹ Wanneer men menselijke cellen inbrengt in dierlijke embryo's, kan de aanwezigheid van uiterlijke menselijke trekken de mens-diergrens doen vervagen en twijfel zaaien over de specifieke aard van het menselijke ras.

Uiteraard is die uiterlijke schijn beperkt en met redelijkheid te beoordelen. Want een **meerderheid aan menselijke cellen in een dierenlichaam** zal niet noodzakelijk aan dit dier een menselijk uitzicht geven. De uitgroei tot bijna menselijke chimeren moet in elk geval vermeden worden, want dan zouden we ze ten onrechte voor een dier kunnen houden.

Volgens Elio Sgreccia mogen de inherente dierlijke of menselijke kwaliteiten van chimeren het buitengewone karakter dat de mens van de andere schepselen onderscheidt, niet veranderen noch ermee in tegenspraak zijn.⁶² Er is geen probleem zolang dierlijke cellen worden toegevoegd aan hun vitale organen (*bvb. nier of lever*) voor **louter functionele toepassingen** die niet specifiek zijn voor de menselijke soort. Het wordt problematisch als die cellen delen van het lichaam zouden gaan controleren of een zekere intelligentie gaan ontwikkelen. Dit gevaar ligt voor de hand bij organen met **zenuwcellen** als bouwstenen, zoals de hersenen (100 miljard neuronen), het darmstelsel (500 miljoen) of het hart (40.000).⁶³

2. het gebruik van menselijke gameten

Kunnen we experimenten aanraden waarbij de menselijke cellen zich over het gehele lichaam verspreiden? De inbreng, zonder verdere voorzorgsmaatregelen, van menselijke geslachtscellen in een dierlijk embryo is bijzonder problematisch omdat dit zou kunnen leiden tot de vorming van uitslui-

⁵⁹ Aldus David Albert Jones, Directeur van het Anscombe Bioethics Center te Oxford, in de uitzending van radio France Culture van 12/05/2021: [Chimères homme-animal: la fin d'une frontière?](#) La méthode scientifique de Nicolas Martin.

⁶⁰ Pierre Savatier verbonden aan het INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale) in hetzelfde radioprogramma [Chimères homme-animal : la fin d'une frontière?](#) (aangehaald in voetnoot 59)

⁶¹ Matthew H. Haber & Bryan Benham, [Reframing the Ethical Issues in Part-Human Animal Research: The Unbearable Ontology of Inexorable Moral Confusion](#), The American Journal of Bioethics (AJOB), vol. 12, Issue 9, 2012, blz. 17-25

⁶² Elio Sgreccia, *Manuel de bioéthique* (aangehaald in voetnoot 20) hoofdstuk 'Le chimérisme génétique', uitg. Mame EDIFA, 2004

⁶³ Wikipedia trefwoord [Zenuwcel](#) geraadpleegd op 31/10/2022

tend menselijke gameten die zich kunnen voortplanten. Het vooruitzicht van een bedrieglijke en onbepaalde dierlijke afstamming van een mens is een risico dat niemand wil nemen. Dan valt sterilisatie beslist aan te raden.

3. het bewustzijnsgevaar

Bij migratie van menselijke cellen naar dierlijke hersenen in ontwikkeling kunnen bij dieren gedrags- en mentale stoornissen optreden, omdat het zenuwstelsel nog niet volledig is gevormd.⁶⁴ Toch raden sommige wetenschappers voor de behandeling van neurodegeneratieve ziekten, zoals Alzheimer of Parkinson, nu al chimeren aan die menselijke zenuwcellen bevatten.⁶⁵

In het chimerenlichaam zetten de cellen zich over het gehele lichaam op ongelijke manier af en de researchers zijn vaak niet in staat de verspreiding van de menselijke cellen tijdens het chimerisatieproces onder controle te houden.⁶⁶ Daarom adviseert Estrella Nunez de rode lijn van 14 dagen voor het in leven houden van embryonale chimeren (zijnde de termijn die overeenkomt met de vorming van het centrale zenuwstelsel) niet te overschrijden.

Momenteel karakteriseren zich de menselijke cellen in chimeren door een beperkt vermogen om in concurrentie aan te gaan met de andere cellen. Sommige onderzoekers bestempelen een ethische toetsing als '*niet voorbarig, maar toch ongegrond*', omdat de zenuwcellen zichzelf zouden vernietigen als ze naar de hersenen migreren.⁶⁷ Toch kunnen we ons afvragen of, op hersenniveau en gelet op hun complexiteit en aantallen, menselijke cellen niet competitiever zijn dan dierlijke. Om dit gevaar te counteren raden onderzoekers '*knip- en plakwerk*' aan: zij zouden de '*neurale deling*' kunnen uitschakelen, zelfdodingscellen activeren of het MIXL1-gen activeren dat cellen dwingt eerder vetmassa rond de organen aan te maken.

⁶⁴ Aldus besluit de Amerikaanse National Academy of Sciences in 2021: [The Emerging Field of Human Neural Organoids, Transplants, and Chimeras: Science, Ethics, and Governance](#)

⁶⁵ Sebastian Porsdam Mann, Rosa Sun & Göran Hermerén, [A framework for the ethical assessment of chimeric animal research involving human neural tissue](#), in BMC Medical Ethics, 20(1): 10; 25/01/2019

⁶⁶ Juste Aznar, *Problèmes éthiques dans la production de chimères humaines et singes dans les enquêtes d'Izpisua*, 2021, Observatoire de bioéthique à l'Institut des sciences de la vie à l'Université catholique de Valence

⁶⁷ Estrella Nunez (samenwerkend bioloog in het Chinese project, vice-rector van de Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM), in: Sebastian Porsdam Mann, Rosa Sun & Göran Hermerén: [A framework for the ethical assessment](#) (aangehaald in voetnoot 65): in dit artikel wordt de basis gelegd voor het omkaderen van het gebruik van zenuwcellen van chimeren dat, volgens deze onderzoekers, in de nabij toekomst onmisbaar zal zijn.

Besluit

De ethische problemen bij experimenten met chimeren stellen zich niet zozeer bij het bepalen van de therapeutische doelstellingen (zoals het betere begrip van bepaalde ziekten, een verbetering van de behandelingen of de aanmaak van organen...), wel bij hun implementatie en bij de mogelijke risico's.

Op vandaag omkaderen te weinig landen experimenten met chimeren omkaderen. De genomen maatregelen zijn onvoldoende nauwkeurig en bovendien niet op elkaar afgestemd, waardoor **onderzoeksprojecten mogelijk uitwijken naar landen met een toleranter kader**. En een onvoldoende duidelijk researchkader, zal de teams ertoe aanzetten hun eigen, heel relatieve, grenzen te bepalen.

Zelfs als het orgaantekort hun belangrijkste drijfveer blijkt te zijn voor het experimenteren met chimeren, bestaan er vele vernuftiger en vooral **menswaardiger alternatieven** die dit tekort ruimschoots compenseren, meer bepaald het aanmoedigen van de altruïstische orgaandonatie en het ontwerpen van synthetische organen en van prothesen. Het biomedisch 3D-printen, alhoewel momenteel nog relatief weinig toegepast, is zeer beloftevol. En ook betere wervingsacties bij mogelijke familiale donoren zullen de tekorten zeker helpen lenigen.

De hoop dat experimenten met chimeren zullen leiden tot een beter begrip van bepaalde menselijke ziekten of van het menselijk embryonale leven, met respect voor dit leven natuurlijk, vereist zonder uitstel dat een evenwicht wordt gevonden tussen de risico's en de voordelen zowel op het ethische als op het vlak van de volksgezondheid, en een verbod op het mengen van bepaalde cellen die de menselijke identiteit bepalen.