

5 miljard mensen:
allemaal anders, allemaal familie



Museum

Gids

5

Uitgevers : Ninian Hubert van Blijenburgh en Rosine Orban •
Redactionele bijdragen : Daniel Cahen, Georges Lenglet en Patrick Semal • **Tikwerk** : Jan Claerbout •
Opmaak : Marcella Haemelinck •
Tekeningen : Raphaëlle Gygi, Harry Van Paesschen en Juan Zaragoza •
Grafieken : Patrick Semal •
Omslag : Marylise Leclercq (tekeningen) en Joelle Neut (opmaak) • **Nederlandse vertaling** : Jan Claerbout en Ann Venmans •

Uitgave van het

**Koninklijk Belgisch Instituut
voor Natuurwetenschappen**
Vautierstraat 29 B-1040 BRUSSEL

BRUSSEL 1993
Wettelijk depot : D/1993/0339/4

5 miljard mensen : allemaal anders, allemaal familie

5 MILJARD MENSEN : ALLEMAAL ANDERS , ALLEMAAL FAMILIE

Onder de Hoge Bescherming van Zijne Majesteit de Koning

Erecomité

Zijne Excellentie Alain PIERRET, Ambassadeur van Frankrijk in België

Jacques FABRIES, Directeur van het Muséum National d'Histoire Naturelle (Parijs)

Magda DE GALAN, Minister van Volksgezondheid, Leefmilieu en Sociale Integratie

Jean-Maurice DEHOUSSE, Minister van Wetenschapsbeleid en van de Nationale
Wetenschappelijke en Culturele Instellingen

Paula D'HONDT-VAN OPDENBOSCH, Minister van Staat

Elio DI RUPO, Ministre de l'Education de la Communauté française

Robert GARCIA, Senator, Voorzitter van de Commissie Onderwijs en Wetenschappen

Michel LEBRUN, Ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique de la
Communauté française

Philippe MAYSTADT, Minister van Financiën

Charles PICQUÉ, Minister-President van de Executieve van het
Brusselse Hoofdstedelijk Gewest

Louis TOBBACK, Minister van Binnenlandse Zaken en Ambtenarenzaken

Luc VAN DEN BOSSCHE, Vlaams Minister van Onderwijs en Ambtenarenzaken

Abbé Armand BEAUDUIN, Algemeen directeur van het Secrétariat National de
l'Enseignement Catholique

Ridder Alfred BOURSEAUX, Voorzitter van de Koning Boudewijnstichting

Leopold CASSIMAN, Directeur-generaal van de Regie der Gebouwen

Ferdinand CHAFFART, Voorzitter van het Directiecomité van de Generale Bank

Pierre COSSEMENT, Voorzitter van Amnesty International Belgique Francophone asbl

† Graaf Eric de VILLEGAS de CLERCAMP, Voorzitter van de Vrienden van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen vzw

Eddy DE WAELE, Directeur-generaal van het Onderwijssecretariaat van de Steden en Gemeenten van de Vlaamse Gemeenschap vzw

Kanunnik André DE WOLF, Directeur-generaal van het Nationaal Secretariaat van het Katholiek Onderwijs vzw

Jean HALLET, Voorzitter van de Raad van Bestuur van het Centrum voor gelijkheid van kansen en voor racismebestrijding

André KRUPA, Vast Afgevaardigde, Voorzitter van de Conseil des pouvoirs organisateurs de l'enseignement officiel neutre subventionné asbl

Pierre MACQ, Voorzitter van de Conseil Inter-universitaire francophone

Jean MAGY, Secretaris-generaal van het Ministère de l'Éducation, de la Recherche et de la Formation de la Communauté française

Nadia MERCHERS, Ondervoorzitter van de Raad van Bestuur van het Centrum voor gelijkheid van kansen en voor racismebestrijding

Fernand POOT, Hoofd Externe Betrekkingen, Generale Bank

Peter STEENHAUT, Voorzitter van de Autonome Raad voor het Gemeenschapsonderwijs

Wim Taelman, Voorzitter van Amnesty International Vlaanderen vzw

Kris Thielemans, Voorzitter van Focus Research

Dirk THYS van den Audenaerde, Directeur van het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika

Guido VERDEYEN, Directeur-generaal van de Vlaamse Uitgeversmaatschappij

Walter VERHEYEN, Voorzitter van de Wetenschappelijke Raad van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen

Bruno VINIKAS, Doctor in de Wetenschappen, voormalig adjunct Koninklijk Commissaris voor het Migrantenbeleid

Anne VLEMINCKX, Directeur Communicatie, Generale Bank

WETENSCHAPPELIJK COMITÉ

Voorzitter : André LANGANEY, hoogleraar, directeur van het Laboratoire d'anthropologie biologique (Musée de l'Homme, Parijs)

Ereleden : Elisabeth DEFRISE-GUSSENHOVEN, professor emeritus aan de Vrije Universiteit Brussel en François TWIESELMANN, ere-afdelingshoofd aan het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen en professor emeritus aan de Université Libre de Bruxelles

Commissarissen van de tentoonstelling : Rosine ORBAN en Patrick SEMAL (Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen), Ninian HUBERT van BLIJENBURGH (Musée de l'Homme, Parijs)

Leden : Gérard COBUT (Educatieve Dienst, KBIN), Pierre DEVILLERS (afdelingshoofd, KBIN), Jan GOVAERE (wnd. departementshoofd, KBIN), André LEGUEBE (eredepartementshoofd, KBIN), Georges LENGLET (assistent, KBIN), Alain QUINTART (departementshoofd, KBIN), Alicia SANCHEZ-MAZAS (maître d'enseignement et de recherche aan de Universiteit van Genève), Walter STAVELOZ (Nationaal secretaris Focus Research), Charles SUSANNE (professor aan de Vrije Universiteit Brussel), Hugo VANDENDRIES (Educatieve Dienst, KBIN), Jackie VAN GOETHEM (departementshoofd, KBIN), Ann VENMANS (Educatieve Dienst, KBIN)

Met bijzondere dank aan : Marc ANDRIEN (Erasmusziekenhuis), Roseline BEUDELS (KBIN), Robert DEVAUX (BTC Brussel, Het Belgische Rode Kruis), Rita DE VOS (KU Leuven), Christine DUPONT (Focus Research), Philippe GAUSSET (BTC Brussel, Het Belgische Rode Kruis), Roland HAUSPIE (VUB), Micheline KIRSCH (VUB), Stéphane LOURYAN (Voorzitter van de Société royale belge d'Anthropologie et de Préhistoire), Jean MULNARD (ULB), Alberto PIAZZA (Universiteit Turijn), Paulette VAN GANSEN (ULB), Huguette VAN GELUWE, Martine VERCAUTEREN (ULB), Stana VRYDAGH (KBIN), Suzanne WELLES (Amnesty International), Philippe WILLENZ (KBIN), Floris WUYTS et zijn collega's van Focus Research.

REALISATIE VAN DE TENTOONSTELLING

Algemene coördinatie : Daniel CAHEN, Jan GOVAERE en Alain QUINTART

Concept en coördinatie van de vormgeving : Claire BODSON

Tekstopmaak : Joelle NEUT

Artistieke vormgeving : Miet CAMPS, Guido CEULEMANS, Carole DEKEIJSER, Vicky DELFOSSE, Pascale GOLINVAUX, Claire GOOVAERTS, Vinciane LOWIE, Marylise LECLERCQ, Lies OP DE BEECK, Harry VAN PAESSCHEN, Anne WAUTERS, Geneviève YANNART en Juan ZARAGOZA

Informatica : Jan GOVAERE, Patrick SEMAL en Ludo HOSTE

Infografie : Greet BOEY

Fotografie : Isabelle BACHY en Thierry HUBIN

Rasterelektronenmicroscoop : Julien CILLIS

Technische uitwerking : Francis BURINKEFER, Pierre CORNAND, Christophe GUSTIN, Michel MERCIER en Freddy VAN DE MEULEBROECKE

Elektronika : Jacques VANDERBORGHT en Hugo DE POTTER

Schrijnwerk : Raymond CLAEYS, Willy DE WIN, Eric EVRAERT, Michel PLANCHON en Johnny STUYCK

Elektriciteit : Jan VERNELEN en Maurice DENIS

Educatieve dienst : Jan CLAERBOUT, Gérard COBUT, Hilde STUYCK, Hugo VANDENDRIES, Ann VENMANS en Claude WELCOMME

Communicatie : Bureau voor Communicatie et Informatie van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen

Nederlandse vertaling : Jan CLAERBOUT en Ann VENMANS

Organisatie : Walter DE CONINCK, Anouk DUBOIS, Jean-Marie LEGAY, Jan TAVERNIER en Guy VAN DER VEKEN

Affiche en publiciteit : Jean-Paul GOUDE en Anne GERKENS

Externe medewerking : AMNESTY INTERNATIONAL, AUTHENTIC, Bibliotheek Nationaal Natuurhistorisch Museum (Leiden), C & A, Thierry COHEN, Thierry DEBUSSCHERE, agence DIAF, J.-L. DUBIN, Raphaëlle GYGI, INDUSTRIAL POETICS, LEGO, Patrick MICHEL, PROMUSEION, agence TAPE A L'OEIL

VAN DE DINOSAURIERS TOT DE MENS

Zowel in de evolutie van het leven op aarde als op de kalender van de tentoonstellingen van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen komt na de dinosauriërs de mens aan de beurt. Na het opzienbarende succes van «Dinosaurs & Co» valt nog nauwelijks een tentoonstellingsthema te bedenken dat de populariteit kan benaderen van de verdwenen reuzen uit het Mesozoïcum, tenzij misschien «iets over onszelf».

Wetenschappers en marketingspecialisten (dinosauriërs doen immers verkopen!) stellen zich vragen over het waarom van de wereldwijde «dinomania», zonder tot zeer overtuigende antwoorden te komen. Ook al heeft dit modeverschijnsel een ongebreidelde commerciële exploitatie op gang gebracht, dan heeft het toch de verdienste dat het bijdraagt tot een snelle verspreiding van ontdekkingen in dit domein en dat een zeer jong publiek zich aangetrokken voelt tot het wetenschappelijk onderzoek.

Het is verrassend vast te stellen dat het brede publiek in gedachten onze huidige wereld associeert met deze van de dinosauriërs, en hun positie aan de top van het dierenrijk eertijds vergelijkt met de steeds grotere invloed die wij uitoefenen op de biosfeer. Ongetwijfeld legt het publiek een verband tussen het verdwijnen van de dinosauriërs en mogelijke catastrofes die ons te wachten staan, die ons angst inboezemen doch waarvoor wijzelf verantwoordelijk zijn. De dinosauriërs heersten over de aarde, maar verdwenen op het einde van het Krijt waardoor de ontwikkeling van de zoogdieren werd versneld, wat geleid heeft tot het ontstaan van de mens, dit weliswaar na een interregnum van meer dan zestig miljoen jaar.

Antropocentrisme leidt vaak tot verkeerde conclusies. Het gaat uiteraard niet op een «gelijkheidsteken» te zetten tussen het rijk der dinosauriërs, dat meer dan honderdzestig miljoen jaar heeft geduurd, en dat van de mens, dat minder dan 3 miljoen jaar telt. Daarenboven kunnen, vanuit zoologisch oogpunt, de thans bekende dinosauriërs onderverdeeld worden in drie verschillende orden, vijfenveertig families, driehonderdennegen genera en meer dan zeshonderd aparte soorten (en elk jaar worden er nog steeds nieuwe ontdekt). De meer dan vijf miljard mensen daarentegen, die momenteel de aarde bevolken, behoren allen, zonder uitzondering, tot één enkele biologische soort: *Homo sapiens*, en dit sinds ten minste honderdduizend jaar.

De evolutie van de dinosauriërs werd in de loop van een ongelooflijk lange periode gekenmerkt door het ontstaan van zeer talrijke soorten, elkaangepast aan één van de vele beschikbare ecologische niches op aarde. Klimaatwijzigingen of andere factoren hebben soorten doen verdwijnen, maar in een verloop van miljoenen jaren zijn er andere ontstaan met nieuwe aanpassingen. Het menselijk geslacht heeft een dergelijke vertakking niet gekend. Integendeel, het lijkt erop dat er nooit meer dan één soort mensen tegelijk heeft bestaan. *Homo erectus* en *Homo sapiens* zijn chrono-soorten, d.w.z. opeenvolgende stappen in een voortdurende evolutie in de tijd; het zijn geen biologisch verschillende soorten die naast elkaar leefden. Vanuit dit standpunt is de ontmoeting van groepen mensen, die tot een verschillend biologisch ontwikkelingsniveau behoorden, zoals b.v. beschreven in romans of films als «De strijd om het vuur», een ongerijmdheid, althans volgens de huidige stand van het wetenschappelijk onderzoek.

Het evolutieve succes van de dinosauriërs berustte op een zeer grote verscheidenheid van specifieke aanpassingen. Het succes van de mens, een unieke soort die zich buitengewoon goed kan aanpassen, heeft zich vertaald in een zeer grote culturele verscheidenheid. Biologisch of cultureel, het kenmerk van de evolutie is wel degelijk verscheidenheid.

De wereld raakt stilaan overtuigd van het belang van de biodiversiteit en van de dwingende noodzaak deze betere bestuderen en te beschermen. De Conferentie van Rio (1992) is hiervan één van de uitdrukkingen. Moge in dit perspectief de tentoonstelling «5 miljard mensen: allemaal anders, allemaal familie» haar steentje bijdragen tot een betere bewustwording van de menselijke eenheid én verscheidenheid, de bijzonderste waarborg voor het vrijwaren van ons aanpassingsvermogen en dus... van onze overlevingskansen als soort.

5 miljard mensen : allemaal anders, allemaal familie

Deze tentoonstelling werd in 1992 door Ninian Hubert van Blijenburgh voor het eerst opgesteld in het «Musée de l'Homme» in Parijs. Het inhoudelijke aspect steunt op de nieuwste bevindingen en op het onder leiding van Professor André Langaney in Parijs en aan de Universiteit van Genève gevoerde onderzoek.

De tentoonstelling in het K.B.I.N., onder leiding van twee wetenschappers, Rosine Orban en Patrick Semal, en met de medewerking van Ninian Hubert van Blijenburgh, herneemt en verdiept het merendeel der thema's die in Parijs werden behandeld. Ze snijdt er ook nieuwe aan om in te spelen op zeer actuele controversen. De vormgeving van de tentoonstelling werd vanuit didactisch en interactief oogpunt geheel herzien, met als voornaamste doel de betrokkenheid van het publiek te verhogen. Dit werd in hoofdzaak verwezenlijkt door personeel van het Instituut en door personeel uit het Derde Arbeidscircuit dat door het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest ter beschikking werd gesteld van de «Vrienden van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen» v.z.w.

Het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen en Focus Research werken in dit project met elkaar samen, zoals zij dit ook gedaan hebben voor «Dinosaurs & C°» en «Dino mail». Focus Research staat in voor de wetenschappelijke animaties, onder vorm van «Biopost», die de voorbereiding en de follow-up van het bezoek aan de tentoonstelling moet waarborgen, in het bijzonder naar de scholen toe. Tevens zal Focus Research bijdragen tot een bredere verspreiding van de tentoonstellingsthema's.

«5 miljard mensen : allemaal anders, allemaal familie» staat onder de Hoge Bescherming van Zijne Majesteit de Koning.

Het hele project geniet de steun van de Koning Boudewijnstichting en van de Nationale Loterij.

De Minister van Wetenschapsbeleid, de Minister-President van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, en de Regie der Gebouwen steunen onze actie waaraan trouwens ook Amnesty International zijn medewerking verleent.

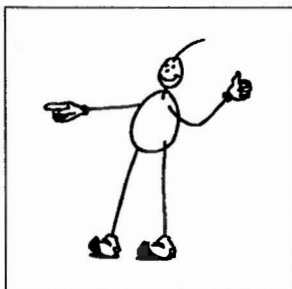
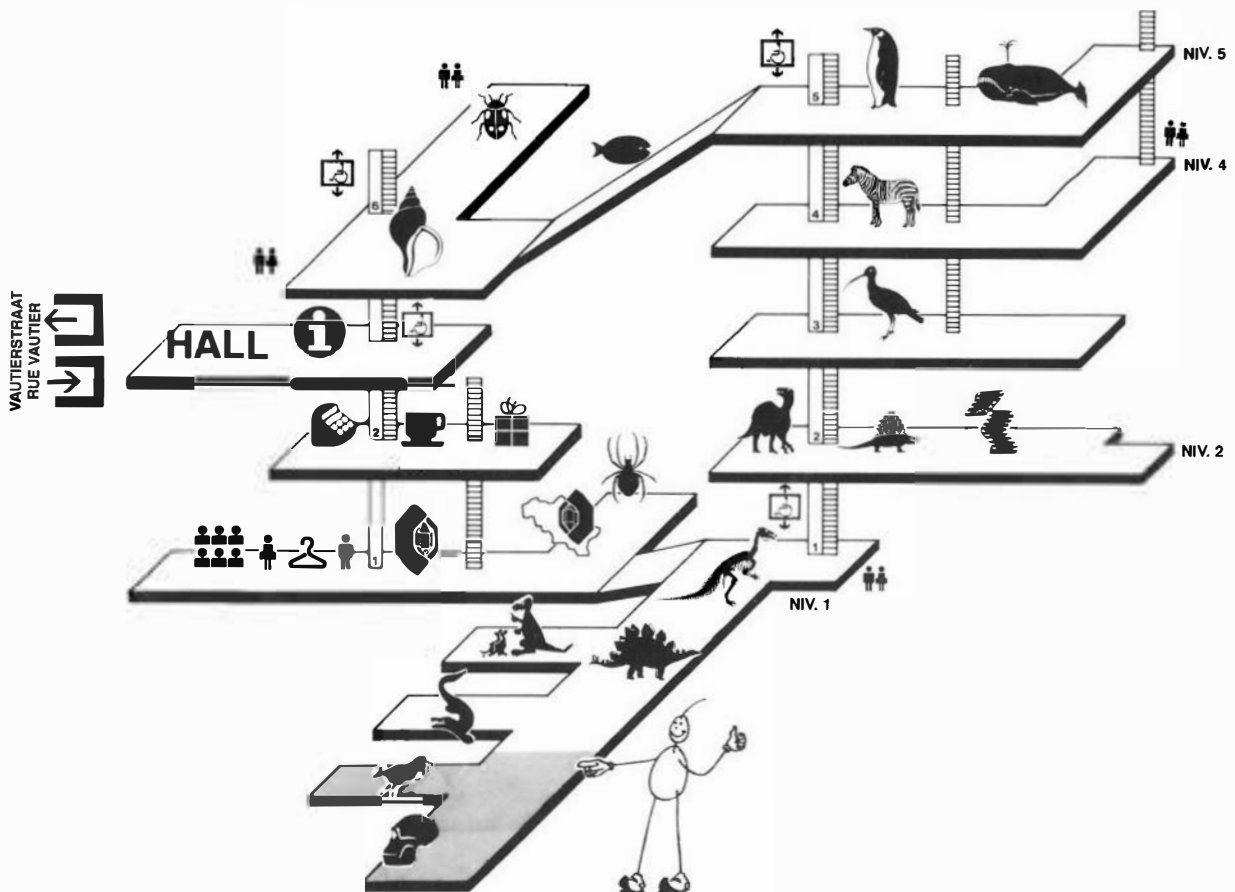
De Generale Bank is sponsor van de tentoonstelling. De kranten «De Standaard» en «Le Soir» verlenen een belangrijke redactionele en promotionele steun.

De firma's C & A, Lego en Promuseion hebben materiële steun gegeven voor de verwezenlijking van de tentoonstelling.

Het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen dankt van harte al diegenen die, direct of indirect, door hun hulp, hun steun of hun raadgevingen hebben bijgedragen tot het welslagen van dit ambitieuze project. Ten slotte feliciteer ik zeer hartelijk het personeel van het Instituut dateens te meer het bewijs heeft geleverd van zijn capaciteiten, zijn enthousiasme, zijn toewijding en zijn know-how.

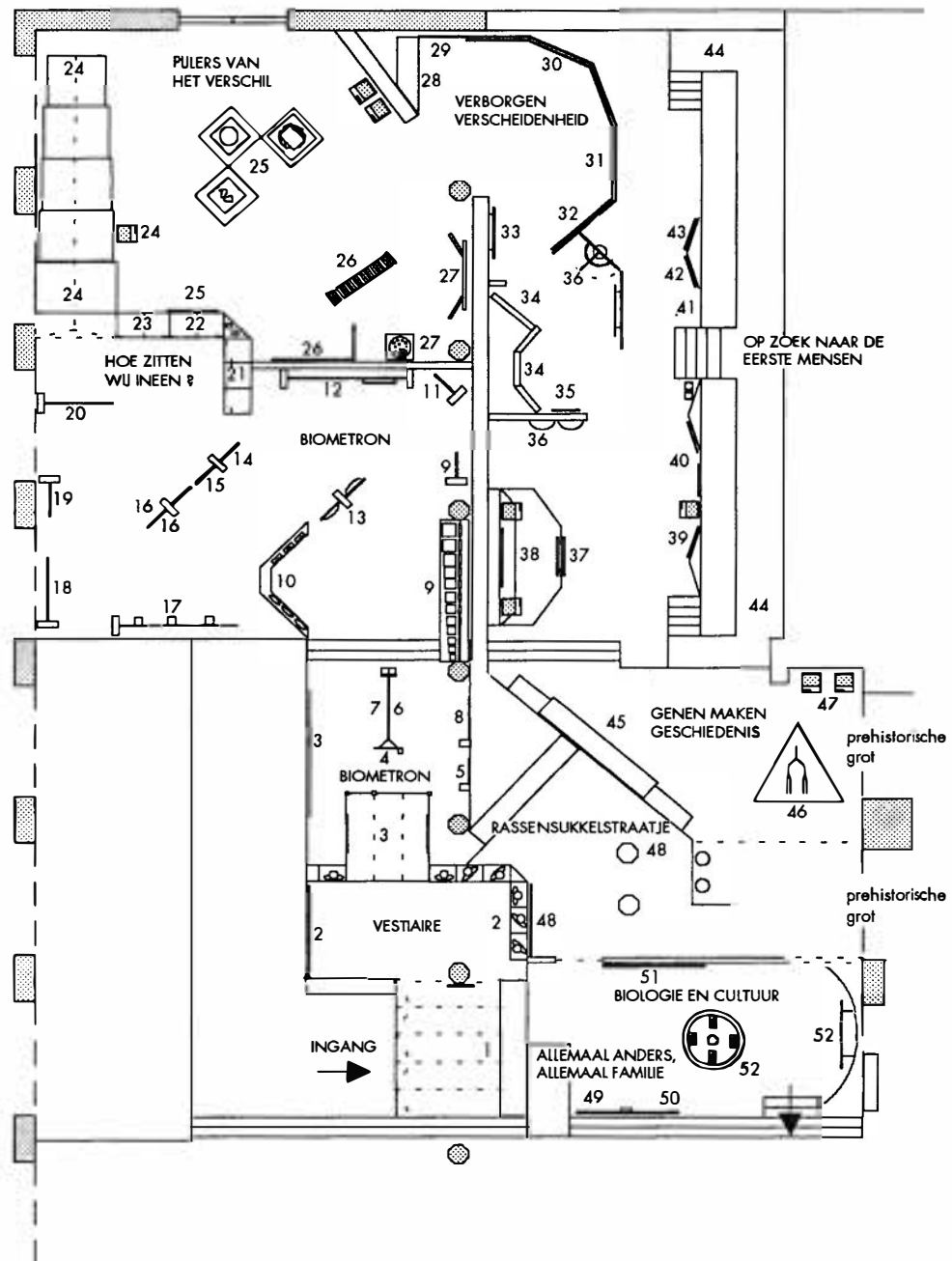
Daniel CAHEN
Directeur van het Koninklijk Belgisch
Instituut voor Natuurwetenschappen
(vertaling : W. De Coninck)

WEGWIJS IN HET MUSEUM



De tentoonstelling «5 miljard mensen : allemaal anders, allemaal familie» vindt u op niveau 1 ; halfweg de zaal van de iguanodons ziet u de ingang van de tentoonstelling.

PLATTEGROND VAN DE TENTOONSTELLING



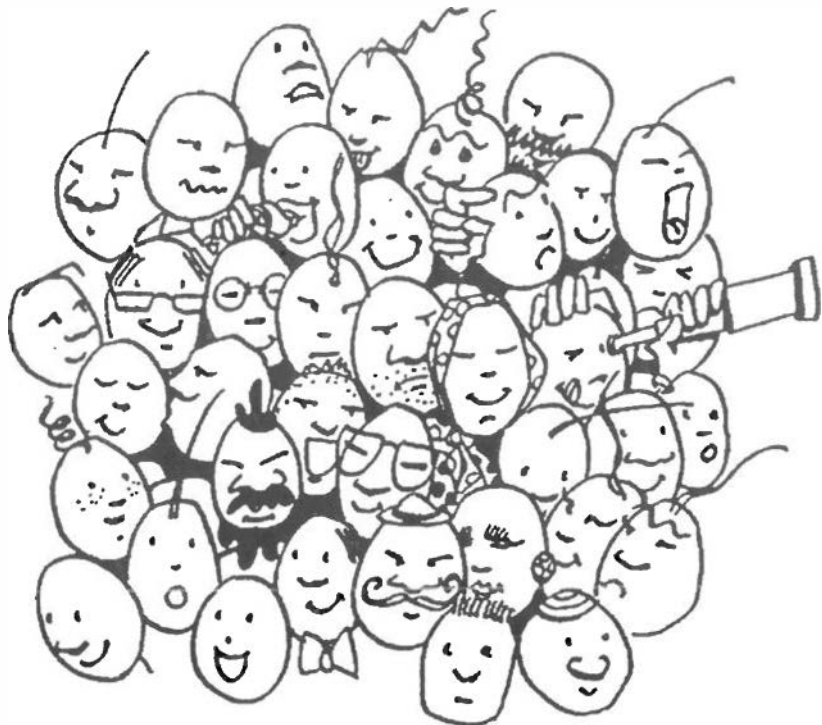
Onderaan op elke bladzijde staat het paneelnummer.

1 tot 52

Vandaag leven er meer dan 5 miljard mensen op aarde.
In het jaar 2000 zullen we met meer dan
6.000.000.000 zijn.

Deze museumgids vertelt u hoe de huidige
wetenschap de verschillen en gelijkenissen tussen die
5 miljard mensen bekijkt.
Het hoe en waarom van al die gelijkenissen en verschillen
wordt gaandeweg duidelijk : we zijn

ALLEMAAL ANDERS, ALLEMAAL FAMILIE



tekening: Raphaëlle Gygi

INLEIDING



CULTURELE VERSCHILLEN GEVEN WE IN DE VESTIAIRE AF !



In ALLEMAAL
ANDERS,
ALLEMAAL
FAMILIE
wordt alleen
naar
natuurlijke
lichamelijke
verschillen
gekeken.

foto : Musée de l'Homme
Parijs

We worden allemaal met onze eigen lichaamskenmerken geboren.

Wij verwerven die in hoofdzaak bij de bevruchting, wanneer we genetische bagage van onze beide ouders meekrijgen.

Door kledij, kapsels, make-up en tatoeage maken we de verschillen tussen ons nog opvallender.

Maar de culturele eigenheid, met taal, godsdienst, wetenschappelijke en technische kennis, morele, wijsgerige en ideologische waarden ligt niet bij de geboorte vast. Tijdens ons leven nemen we dit alles in ons op, leren het aan en aanvaarden (of verwerpen) het; door opvoeding en via leerprocessen wordt cultuur van mens tot mens doorgegeven.

VESTIAIRE

HET ZICHTBAAR VERSCHIL TUSSEN MENSEN

Er bestaat een indrukwekkende verscheidenheid in uitzicht tussen de vijf miljard mensen. Er zijn maar weinig zoogdiersoorten die zo van uitzicht verschillen als de mens.

Wat zijn de verschillen ?

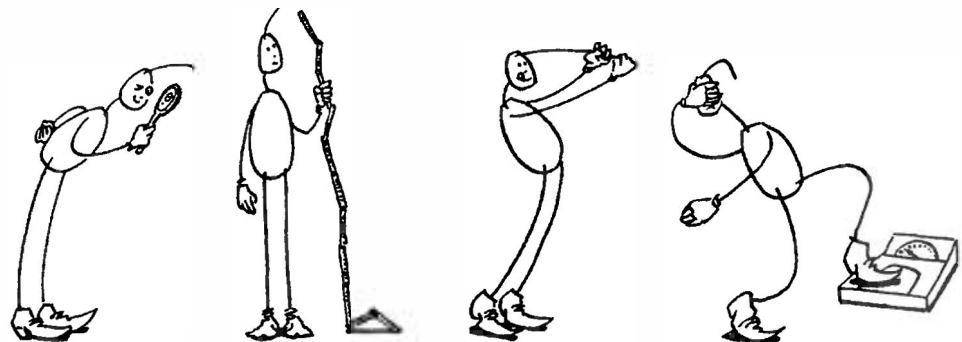
Waarin verschillen de mensen en waarin gelijken ze op elkaar ?

Hoe worden die verschillen en gelijkenissen bepaald ?

Hoe belangrijk zijn ze ?

Hebben die verschillen altijd bestaan ? Hoe en wanneer zijn ze ontstaan ?

Is het mogelijk om mensen volgens huidskleur, grootte, haarvorm en -kleur, gelaatsvorm en lichaamsbouw in te delen ?



tekening: Raphaëlle Gygi

Kunnen we het over «mensenrassen» hebben ?

De vragen die de lichamelijke verschillen tussen mensen oproepen, kunnen we alleen beantwoorden door goed naar onszelf en naar anderen te kijken. In het Biometron komen onze opvallendste lichaamskenmerken aan bod :

- huidskleur
- grootte
- vorm en kleur van het hoofdhaar
- kleur van de ogen
- vingerafdrukken
- ... en nog heel wat andere.

BIOMETRON

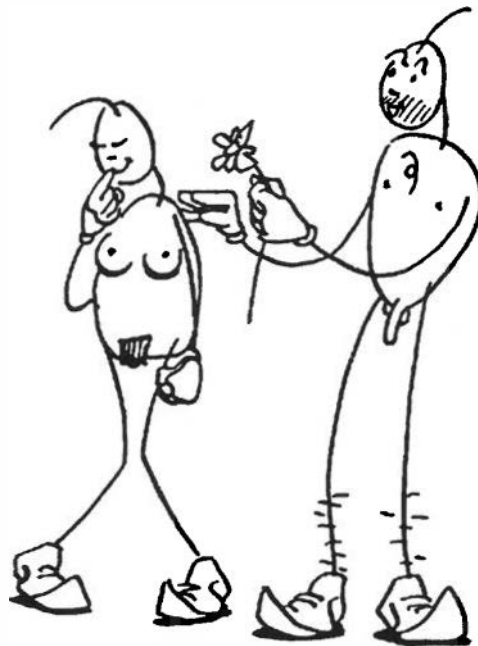
3

In het Biometron vergelijkt u zich met andere mensen. Zo kan u inschatten hoe groot de variatie in de lichaamskenmerken binnen éénzelfde groep mensen én over de hele wereld is.

MENSEN VERSCHILLEN DOOR HUN GESLACHTSKENMERKEN

Nergens zijn de verschillen tussen mensen groter dan tussen... mannen en vrouwen!

Mannen en vrouwen hebben niet alleen een ander geslacht, maar ook secundaire geslachtskenmerken zijn verschillend. In de puberteit komen die tot uiting: de borsten, lichaamsbeharing, snor en baard, schedel- en bekkenvorm, spierontwikkeling en vetverdeling.



tekening: Raphaëlle Gygi

BIOMETRON

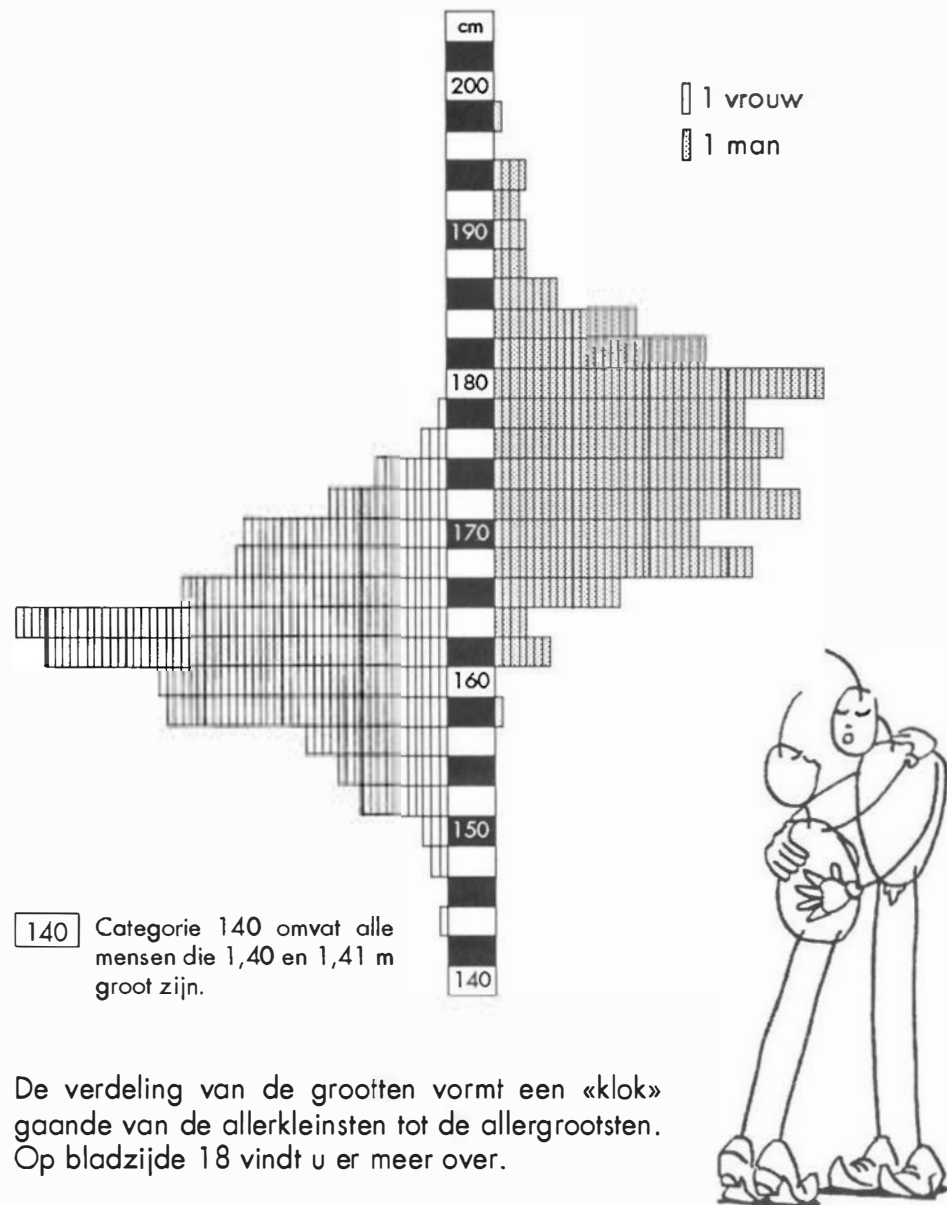


VROUWEN EN MANNEN VERSCHILLEN IN GROOTTE

Binnen een bevolkingsgroep zijn de vrouwen gemiddeld 7 tot 14 cm kleiner dan de mannen.

Dit verschil is een seksueel onderscheid !

Spreiding van de
lichaamsgrootte bij 340
Brusselaars en 331
Brusselaars (Laboratoire
d'Anthropologie et de
Génétique humaine, ULB)



De verdeling van de grootten vormt een «klok» gaande van de allerkleinsten tot de allergrootsten. Op bladzijde 18 vindt u er meer over.

Hoeveel vrouwen in de groep behoren tot categorie 1,48 m, tot categorie 1,64 m (het gemiddelde) en tot categorie 1,76 m ?

Antwoord : 2, 54 en 3

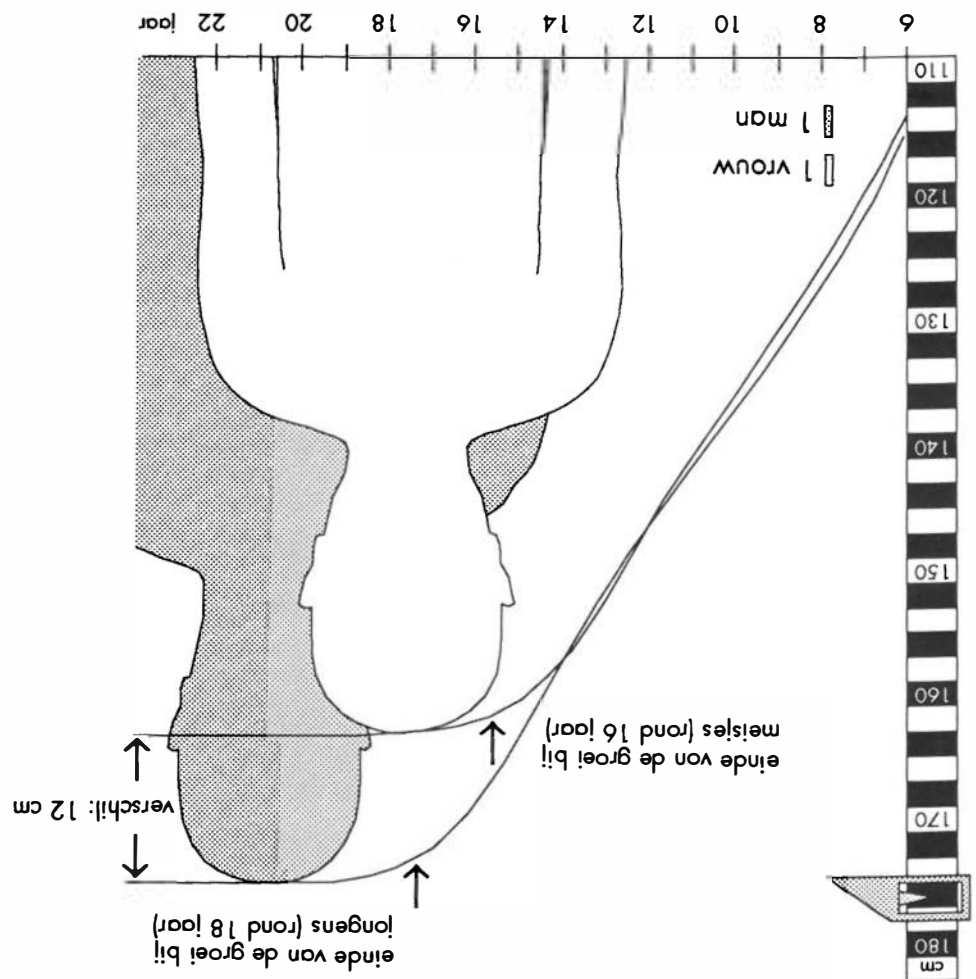
?

BIOMETRON

5

WAAROM ZIJN VROUWEN KLEINER DAN MANNEN ?

Omdat ze gemiddeld twee jaar vroeger ophouden met groeien !



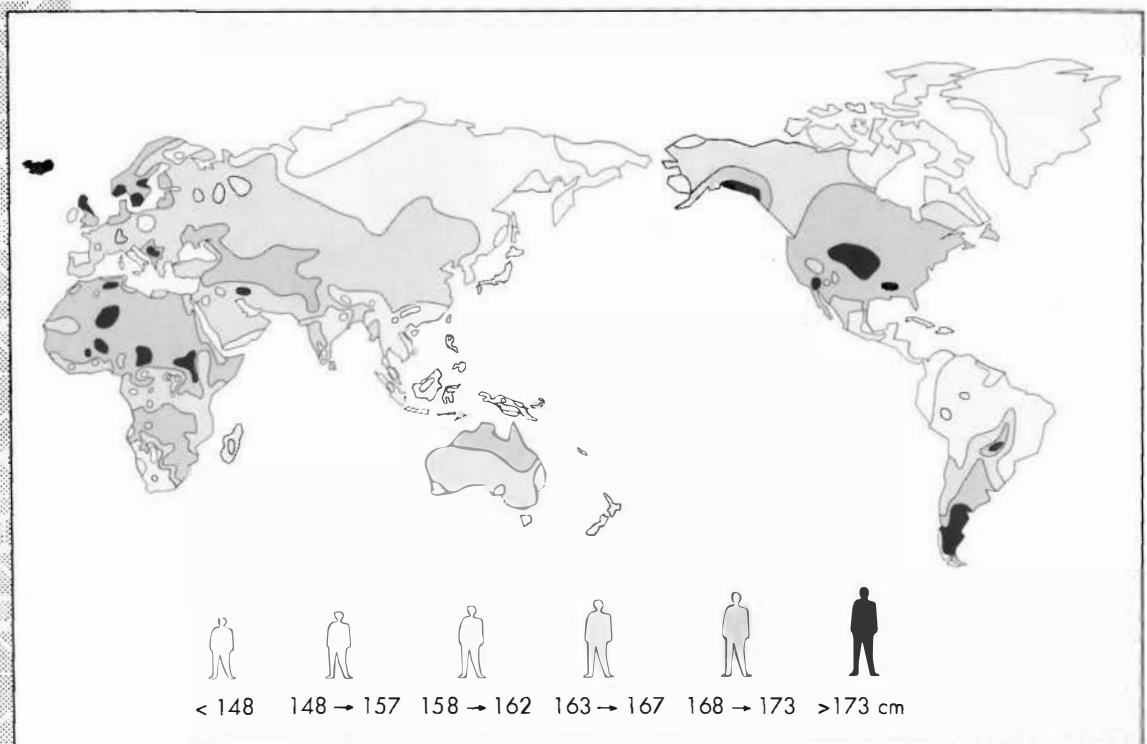
Hoe komt dat ?

Antwoord : Omdat meisjes en jongens genetisch verschillen. Alle onderscheid is te wijten aan de aanwezigheid van het Y-chromosoom bij jongens. U leert meer over de chromosomen op bladzijde 50.

MENSEN VERSCHILLEN IN GROOTTE

De gemiddelde lichaamsgrootte van verschillende populaties loopt sterk uiteen.

Op elk werelddeel leven bevolkingsgroepen met vooral kleine, vooral middelgrote en vooral grote mensen.



Document Universiteit
Genève (LGB) en Musée de
l'Homme

BIOMETRON

EVOLUTIE VAN DE GEMIDDELDE GROOTTE

De gemiddelde lichaamsgrootte van een bevolking verandert van generatie tot generatie.

Dit verschijnsel wordt «seculaire evolutie» genoemd.

In een aantal Europese landen, in de Verenigde Staten en in Japan zijn de kinderen van nu vaak groter dan hun ouders.



tekening : Raphaële Gygi

Deze toename van de gemiddelde lichaamsgrootte is waarschijnlijk te wijten aan een verandering in levenswijze (vooral aan een andere voeding). Ze komt voor in landen die onlangs van een op landbouw gerichte plattelandscultuur naar een geïndustrialiseerde stadsbeschaving overgestapt zijn.

Hoeveel zijn de Belgen de laatste eeuw gemiddeld gegroeid ?

Antwoord : Ongeveer 9 centimeter !
 Inderdaad bedroeg in 1880 de gemiddelde grootte van de Belgische dienstplichtigen 1,66 m; in 1980 was dat reeds iets meer dan 1,75 m.

?

BIOMETRON

8

HET GEMIDDELDE VAN EEN LICHAAMSKENMERK

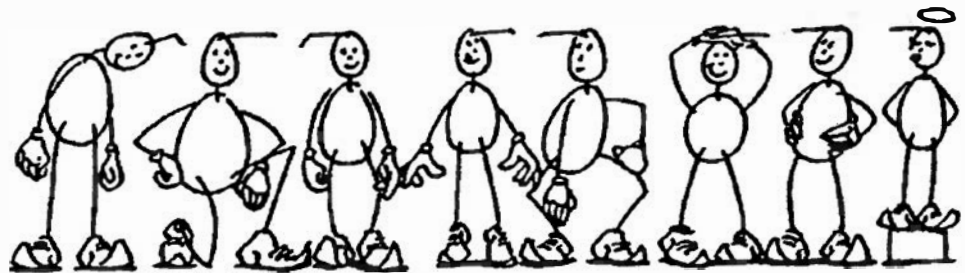
Van elk meetbaar lichaamskenmerk is het mogelijk het gemiddelde binnen een gegeven populatie te berekenen.

Hiervoor wordt bij alle individuen van die populatie een meting verricht. De resultaten hiervan worden opgeteld. De som, gedeeld door het aantal meetwaarden, is het gemiddelde.

Natacha, Malika, Françoise, Sarah en Ingrid zijn respectievelijk 1,77 m, 1,62 m, 1,66 m, 1,61 m en 1,59 m groot. Wat is hun gemiddelde grootte?

Antwoord : 1,65 m

Een gemiddelde is geen norm; het geeft slechts een algemene tendens aan.



Als we de meetresultaten grafisch weergeven, dan verkrijgen we een klokvormige curve : rond het gemiddelde (de top van de klok) is het het drukst ! Hoe kleiner individuen zijn, hoe minder ze voorkomen (links van de klok). Hoe groter ze zijn, hoe zeldzamer ze eveneens worden (rechts van de klok).



hele kleintjes
zijn zeldzaam

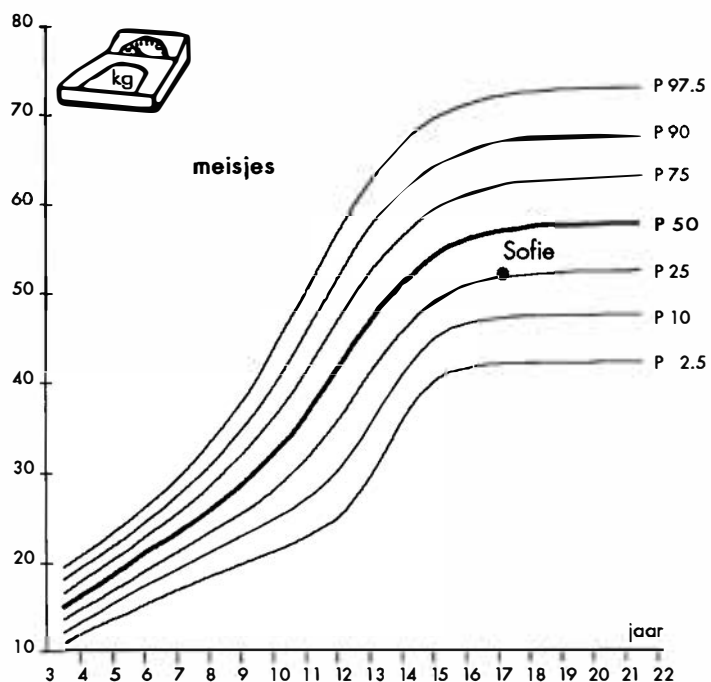
van de «middelmaat»
zijn er heel veel

hele groten zijn
zeldzaam

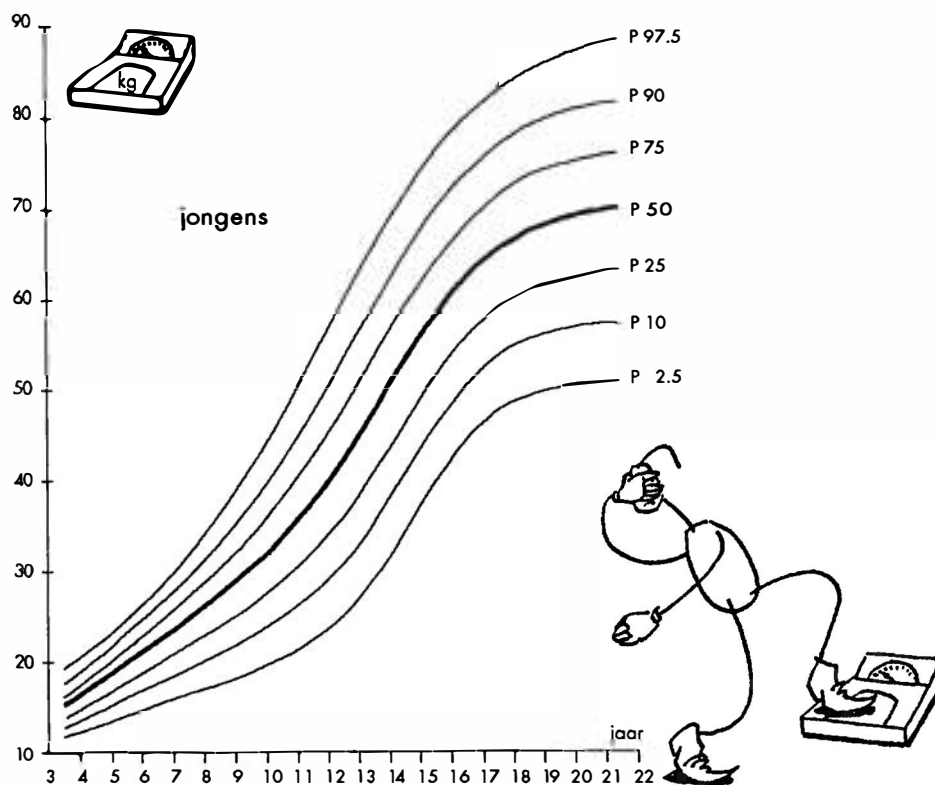
tekeningen : P. Semal
en R. Gygi

BIOMETRON

HOEVEEL WEEGT U ?



Sofie is 17 jaar oud, ze weegt 52 kg.
25 % van de Brusselse vrouwen uit haar leeftijdsgroep weegt minder dan zij,
75 % weegt meer ! Sofie bevindt zich op percentiel 25 (P25).



Percentielcurven
(Laboratoire
d'Anthropologie et de
Génétique humaine, ULB)

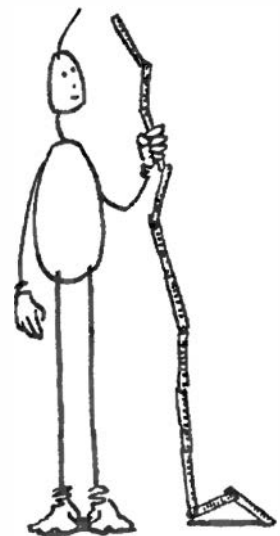
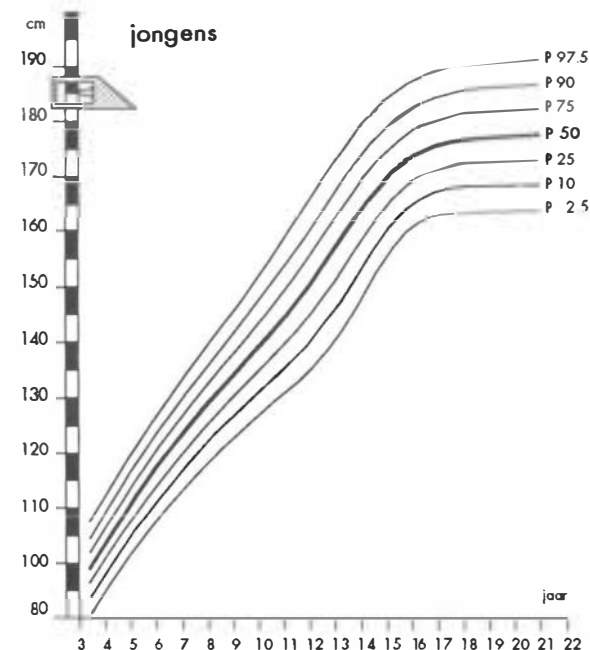
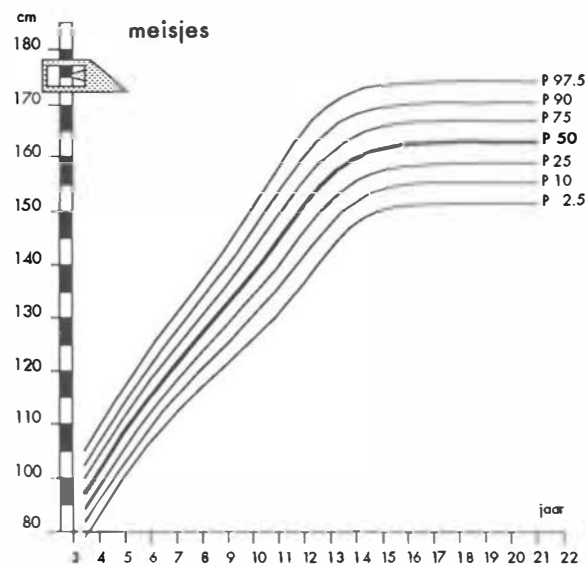
BIO METRON

HOE GROOT BENT U ?

De grootte van een individu is niet constant. Ze verandert tijdens de groei, maar ook nog bij volwassen mensen, want na vijftig jaar gaan ze krimpen.

Wie is 's morgens groter dan 's avonds ?

Antwoord : Iedereen ! De grootte verandert in de loop van de dag. Doordat onze tussenwervelschijven na een tijdje inzakken, zijn we 's avonds kleiner (vook 1,5 cm) dan 's morgens.



Percentie Curven
(Laboratoire d'Anthropologie et de Génétique humaine, ULB)

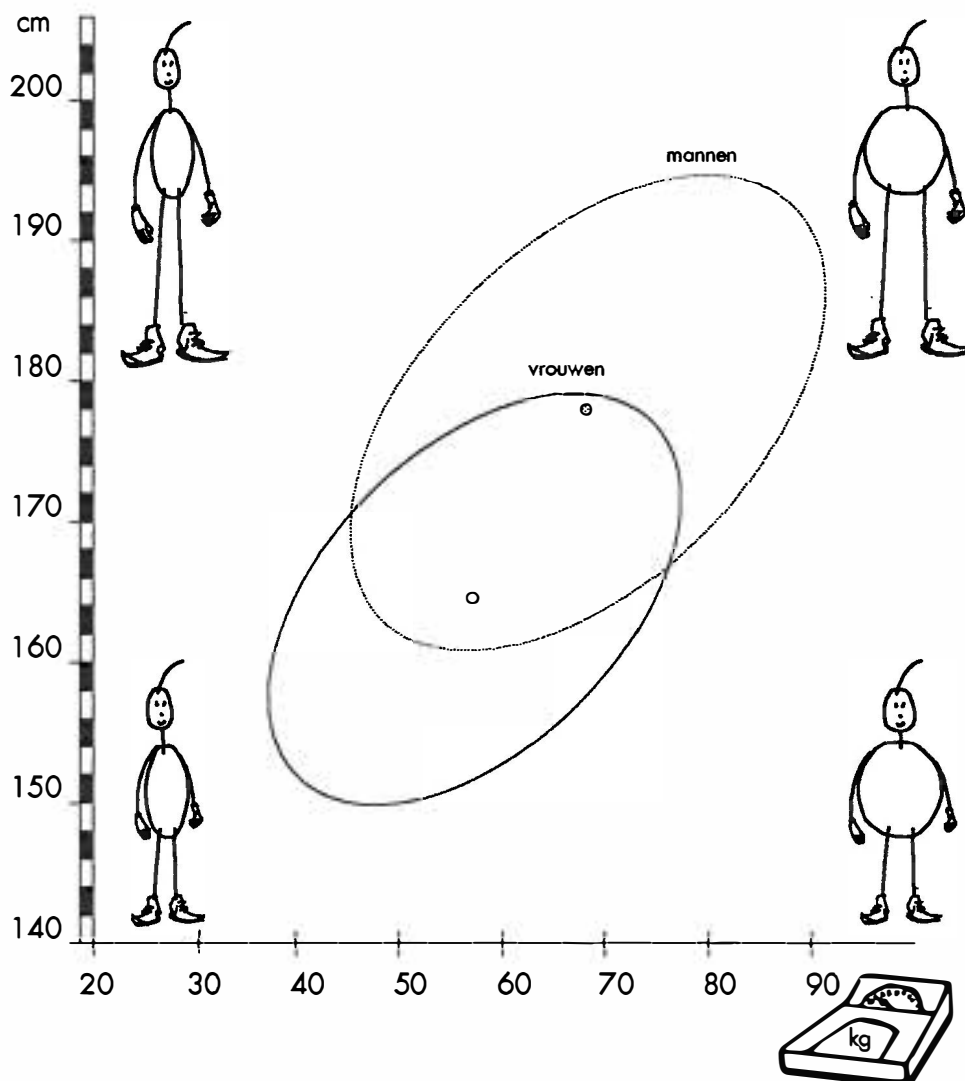
BIOMETRON

MENSEN VERSCHILLEN DOOR HUN GESTALTE

Het gewicht van een individu betekent op zich niet veel. Van belang is zijn dikte of corpulentie, dit is de verhouding tussen grootte en gewicht.

De algemene regel is : hoe groter, hoe zwaarder, maar dit geldt niet altijd. De dikte van een mens hangt af van zijn gestalte, maar ook van eetgewoonten en lichaamsbeweging.

Dikte kan ook cultureel bepaald zijn. Nauwelijks een eeuw geleden was «gezet zijn» in Europa een teken van waardigheid, terwijl nu iedereen wil lijnen.



Gegevens van het Laboratoire d'Anthropologie et de Génétique humaine (ULB)

Verhouding tussen gewicht en grootte bij volwassen Brusselaars

Eén ellips omvat 95 % van de vrouwen, de andere omvat 95 % van de mannen. In het midden van elke ellips bevindt zich de gemiddelde man of vrouw; aan de uitersten vinden we de «kleine mageren» en de «grote dikken».

BIOMETRON

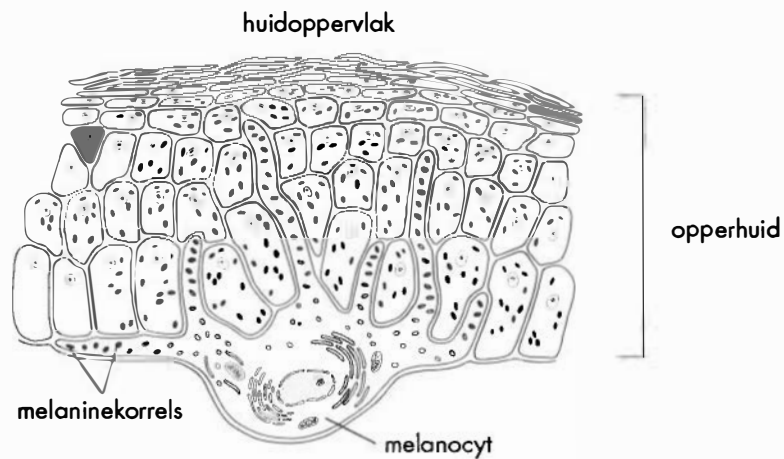
MENSEN VERSCHILLEN DOOR HUN HUIDSKLEUR

De huid krijgt zijn kleur door een bruine stof die we «melanine» noemen.

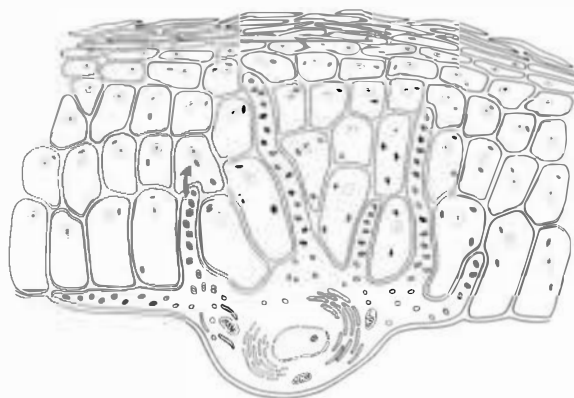
Er zit geen geel of rood bestanddeel in de huid. Een eventuele rozige of blauwachtige tint is afkomstig van de schijn van onderliggende bloedvaten.

De kleurintensiteit hangt alleen af van de hoeveelheid melanine, die in speciale huidcellen gevormd wordt.

Doorsnede van een donkere huid



Gespecialiseerde cellen (melanocyten) maken melanine aan. Zij liggen onderin de opperhuid. De melaninekorrels worden naar andere opperhuidcellen vervoerd waar ze samenhopen.



Doorsnede van een lichte huid

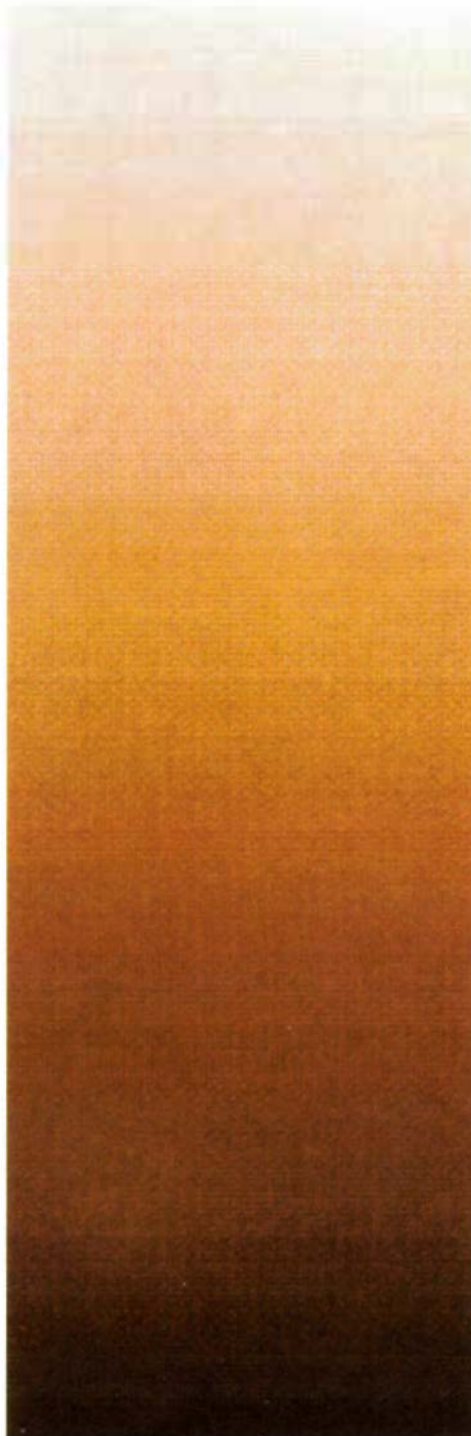
tekeningen:
H. Van Poesschen

BIOMETRON

MENSEN ZIJN OP ZIJN MINST EEN BEETJE «DONKER»

Mensen zijn niet «zwart», «geel» of «blank». Er bestaan allerlei schakeringen die het hele gamma tussen uiterst bleek en uiterst donker doorlopen.

Er zijn Aziaten die net zo blank zijn als een «blanke», Indo-Europeanen die zo zwart zijn als een «zwarte» en Afrikanen die zo bleek zijn als een «gele».



China
(cliché McKenzie/DIAF)



Mali
(cliché Boubert/DIAF)



Polynesië
(cliché Kerebel/DIAF)

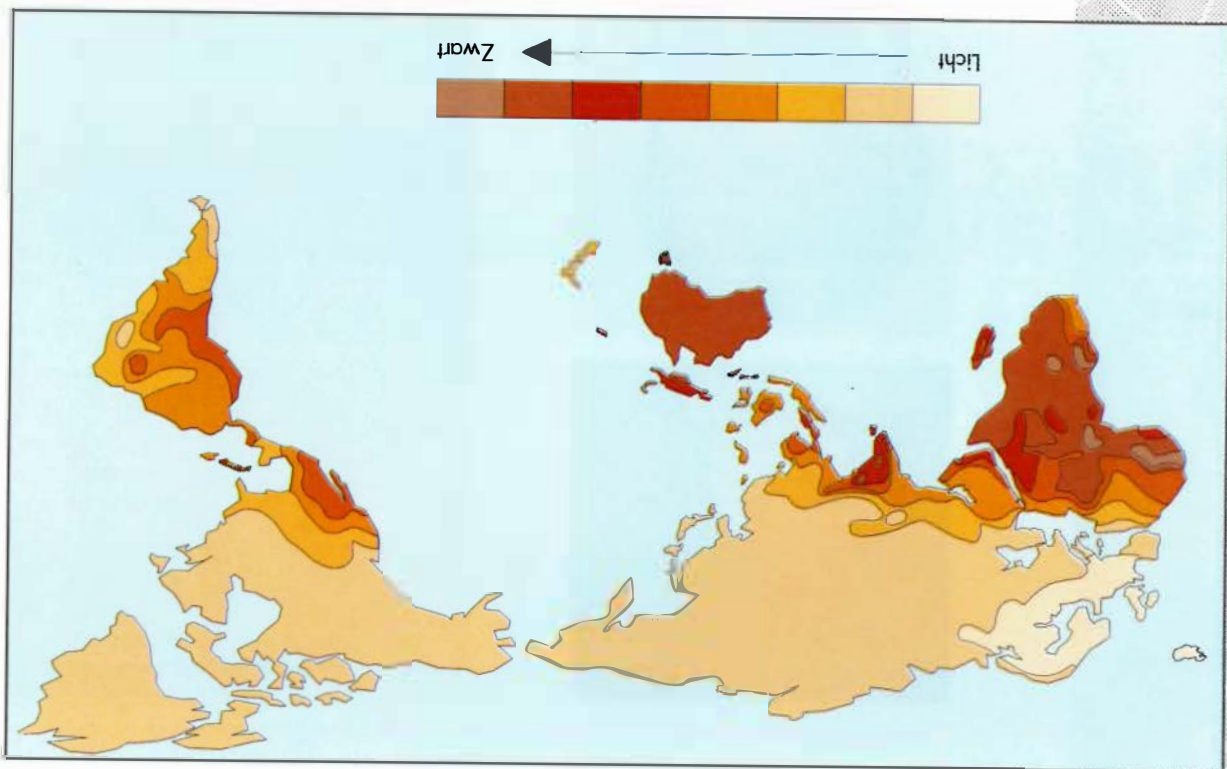


Pakistan
(cliché Gabanou/DIAF)

BIOMETRON



MENSEN ZIJN OP ZIJN MINST EEN BEETJE «DONKER»



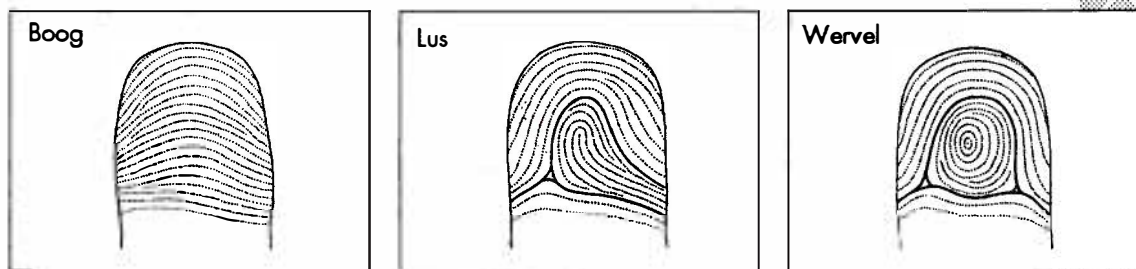
Waarom zijn er zoveel verschillende huidskleuren?

Antwoord: Het is een aanpassing aan het klimaat. Op blz. 78 leest u er meer over.

MENSEN VERSCHILLEN DOOR HUN VINGERAFDRUKKEN

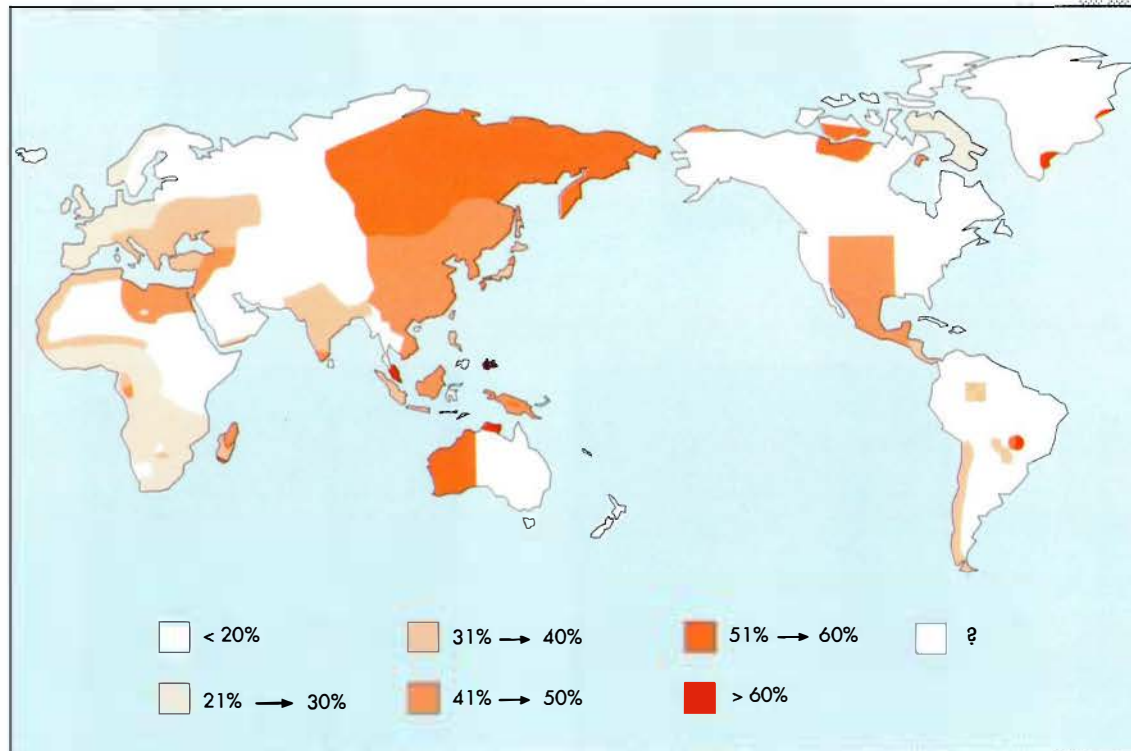
Vingers, tenen, handpalmen en voetzolen vertonen groeven en richels.

Op de vingertoppen staan lijntekeningen of «dermatoglieden» die we ruwweg in drie types kunnen indelen. Een individu kan alle drie de types hebben.



(uit Cummins en Midlo)

Die drie types komen niet overal in de zelfde verhoudingen voor.



Percentuele verspreiding van de wervelpatronen (naar M.-C. Chamla)

BIOMETRON

Vingerafdrukken zijn uniek.

Reeds op het einde van de negentiende eeuw werd vastgesteld dat een mens zijn leven lang dezelfde huidlijstenpatronen op zijn hand heeft en dat zelfs oppervlakkige verwondingen er geen invloed op hebben. Elk individu heeft zijn eigen vingerafdrukken.

Zoals bij andere lichaamskenmerken wordt het patroon van de tekeningen op de vingers door biologische mechanismen bepaald. Ouders brengen dit kenmerk op hun kinderen over, maar tot nog toe is het onmogelijk uit te leggen hoe.

En hoe zit dat met de vingerafdrukken van tweelingen ?

Antwoord : Eenjarige tweelingen hebben haast dezelfde vingerafdrukken. Dit toont aan dat dit kenmerk heel sterk genetisch bepaald wordt.



(uit Cummins en Midlo)

clichés KBIN



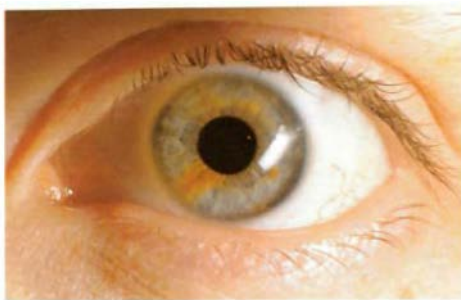
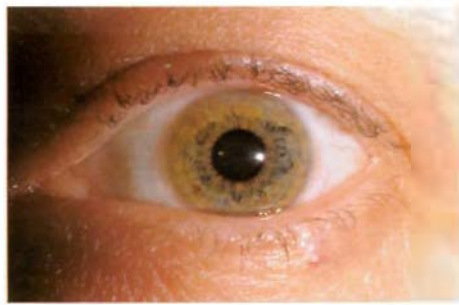
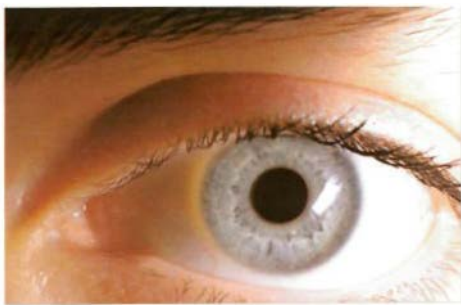
BIOMETRON

MENSEN VERSCHILLEN DOOR DE KLEUR VAN HUN OGEN

Ogen zijn niet zomaar blauw, bruin of groen.

Tussen de helderblauwste en de donkerbruinste ogen zijn alle tussenliggende tinten mogelijk.

De kleur van de ogen wordt vooral door de hoeveelheid melanine bepaald. Dit pigment staat ook in voor de kleur van haar en huid. Heldere (blauwe, groene of lichtgrijze) ogen zijn het gevolg van diffractie of lichtbreking in het regenboogvlies.



foto's : J. Bachy en
T. Hubin/KBIN

Kan iemand twee verschillend gekleurde ogen hebben ?

Antwoord: Ja, maar we weten niet hoe het komt dat iemand met ogen van verschillende kleur geboren wordt.

?

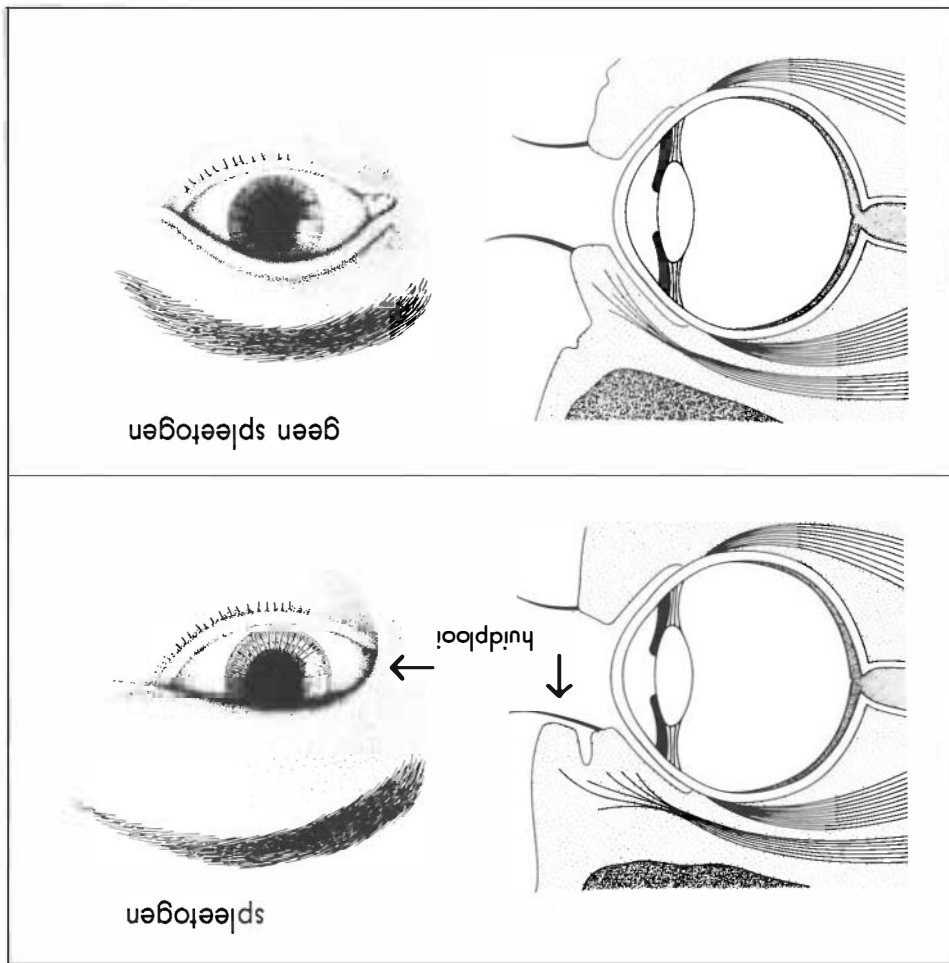
BIOMETRON



15

MENSEN VERSCHILLEN DOOR DE VORM VAN HUN OGEN

«Spleetogen» ontstaan door de vorming van een huidplooi boven en soms onder het oog. Hoe groter die plooi is hoe smaller de oogspleet wordt. Spleetogen komen vooral bij Aziatische en Indische bevolkingsgroepen voor. Bij Mongolen en Eskimo's is dit heel opvallend. Er zijn ook mensen met spleetogen bij enkele bevolkingsgroepen in Oost-Europa, Afrika en het Midden-Oosten.



Waarom hebben de ene mensen spleetogen en de andere niet?

Antwoord : Omdat ze dit kenmerk van één of van beide ouders geërfd hebben. Maar er bestaat geen verklaring voor de geografische spreiding van de verschillende oogvormen. We zien gewoon dat autochtone bevolkingsgroepen met zowel veel als met weinig spleetogen overal ter wereld voorkomen.

MENSEN VERSCHILLEN DOOR DE KLEUR VAN HUN HAAR

De kleur van het haar varieert van heel licht tot heel donker. Het **melanine** dat de huid kleurt, zorgt ook voor de bruinkleuring van het haar. Of de haren lichter of donkerder zijn, hangt af van de hoeveelheid van die stof.



Australië
(cliché Villemínót)

Voor ros haar zorgt een bijzondere stof : het pigment **pheomelanine**.



Noorwegen
(cliché Pratt-Priest/DIAF)

Hoeveel haartjes staan er op ons hoofd ?

Antwoord : Gemiddeld een 100.000, maar dit getal hangt enorm af van het geslacht van de persoon, zijn haarkleur en zijn haardikte. Blonde haren zijn meestal dunner en talrijker dan brune; vrouwen hebben wat meer hoofdhaaren dan mannen, ook wanneer die laatste niet aan kaalheid ten prooi zijn gevallen.



BIOMETRON



MENSEN VERSCHILLEN DOOR DE VORM VAN HUN HAREN

Of haar steil, golvend, gekruld of gekroesd is, hangt af van de vorm en de grootte van de doorsnede van elk haartje. Haren met een ronde doorsnede zijn glad en die met een min of meer afgeplatte doorsnede tonen de neiging tot krullen.

tekeningen uit
Martin en Saller

dik en steil



soepel en dun



licht golvend



golvend



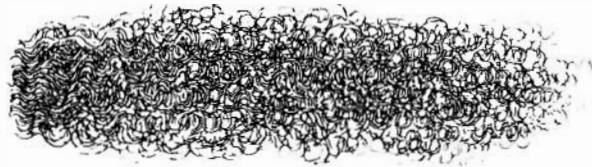
sterk golvend



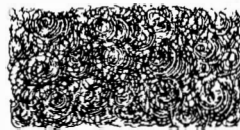
pijpekrullen



krullend



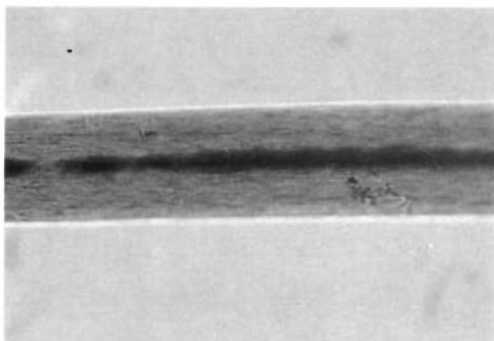
gekroesd



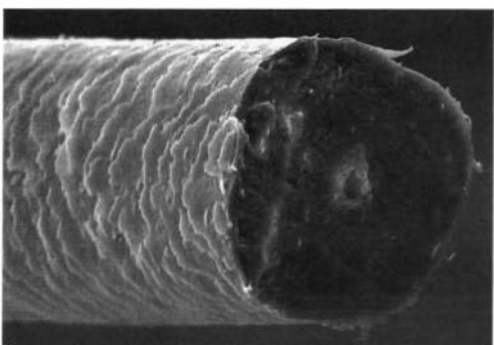
fijngekroesd



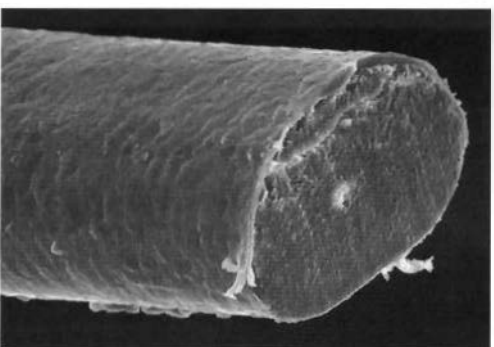
BIOMETRON



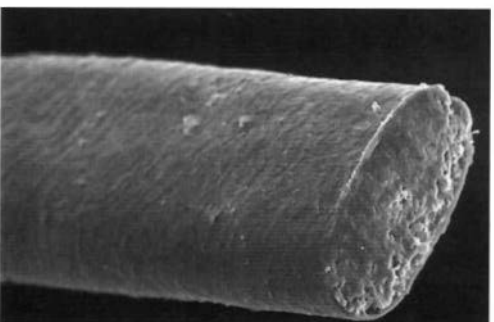
Blonde haren bevatten veel lucht, wat waarschijnlijk de oorzaak is van hun bijzondere kleur (optische microscoop)



steil haartje
overdwarse doorsnede;
elektronenmicroscopische foto
(2100 x)



golvend haartje
overdwarse doorsnede;
elektronenmicroscopische foto
(1500 x)



kroeshaartje
overdwarse doorsnede;
elektronenmicroscopische foto
(1200 x)

optische microscoop :
document Universiteit
Genève (LGB)

elektronenmicroscoop :
documenten P. Willenz/
KBIN

BIOMETRON

MENSEN VERSCHILLEN DOOR HUN GEZICHT

Vaak heeft iemand van Europese afkomst de indruk dat Afrikanen en Aziaten veel sterker op elkaar lijken dan de mensen waar hij gewoonlijk mee omgaat.

Een Aziat of een Afrikaan heeft vaak precies dezelfde indruk over mensen uit andere streken.

Dit komt gewoon doordat we veel meer belang hechten aan de huidskleur dan aan de gelaatstreken.

Toch komen er overal ontelbaar veel verschillende gezichten voor. Hoe zou het anders mogelijk zijn om iemand te herkennen?



tekening : Raphaëlle Gygi

?

Ontelbaar veel gezichten

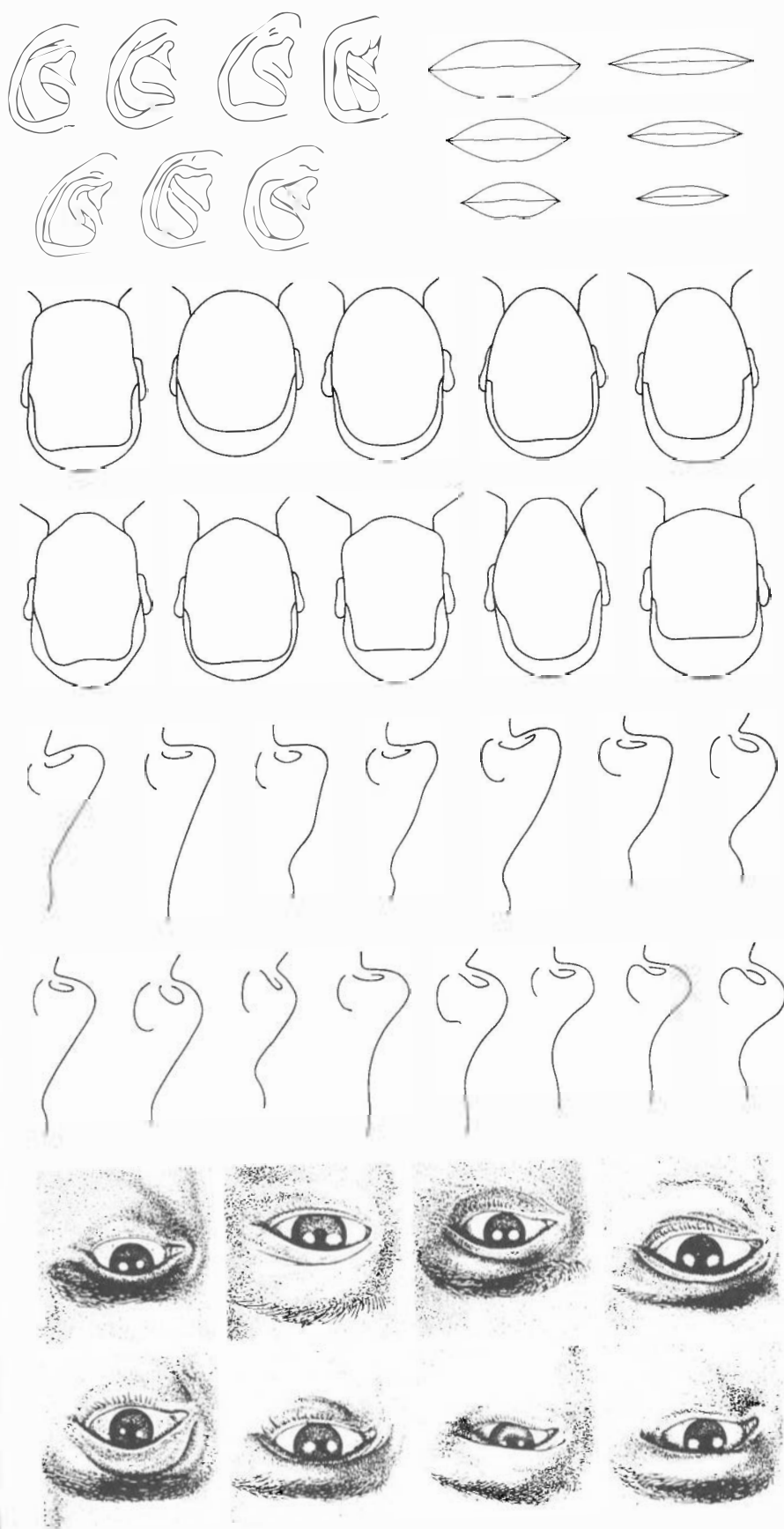
Hoeveel verschillende gezichten kan u maken met deze 8 oogvormen, 15 neuzen, 10 gelaatsvormen, 6 monden en 7 paar oren?

Antwoord : $8 \times 15 \times 10 \times 6 \times 7 = 50.400$ verschillende gezichten!

En als u daar nog 37 snorren, 18 baarden, 46 kinnen en 85 haardossen bijneemt, dan kan u 131.244.624.000 gezichten samenstellen; dit is meer dan 20 maal meer dan alle mensen ter wereld.

Met relatief weinig vormen kunnen we een nagenoeg oneindig aantal gezichten maken.

BIOMETRON

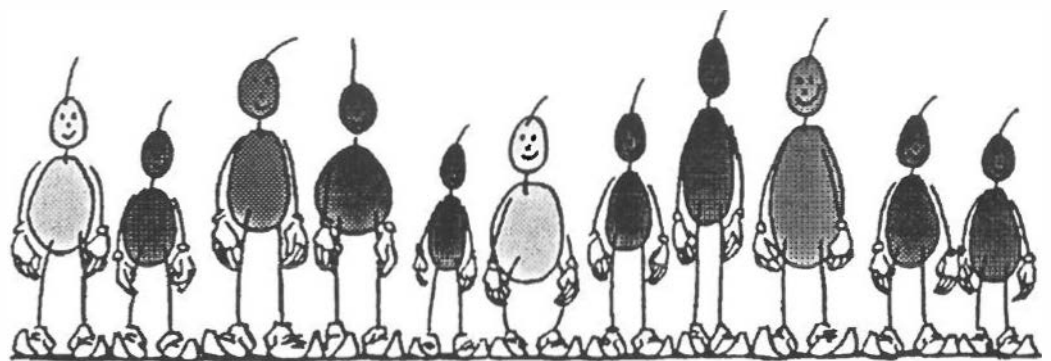
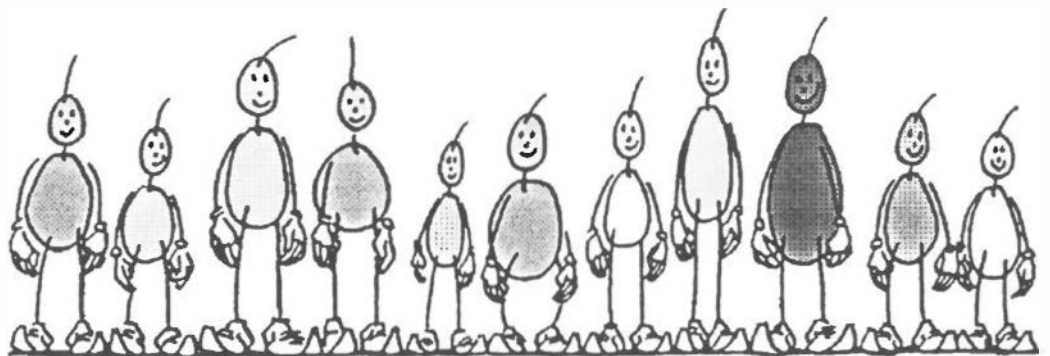


DE VERSCHIEDENHEID IN LICHAAMSKENMERKEN

Binnen één bevolkingsgroep kunnen alle lichaamskenmerken erg uiteenlopen. Anderzijds kunnen individuen uit afzonderlijke populaties één zelfde lichaamskenmerk vertonen :

- een individu dat tot een groep van «groten» behoort, kan maar even groot zijn als een «grote» uit een groep van «kleinen».
- een individu dat tot een groep van «bleken» behoort, kan dezelfde huidskleur hebben als een «bleke» uit een groep van «donkeren».

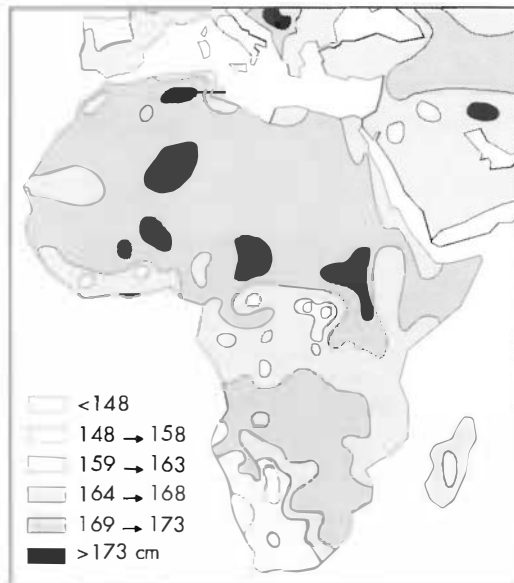
Lichaamskenmerken op zich zijn niet eigen aan één bevolkingsgroep, maar gaan geleidelijk van de ene in de andere over.



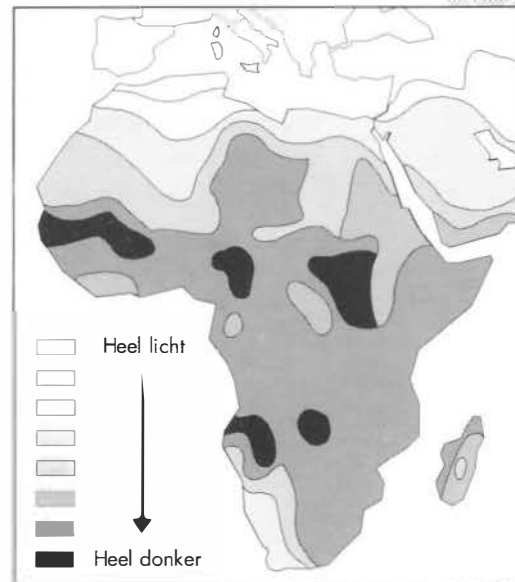
tekeningen :
Raphaëlle Gygi

LICHAAMSKENMERKEN IN DE WERELD

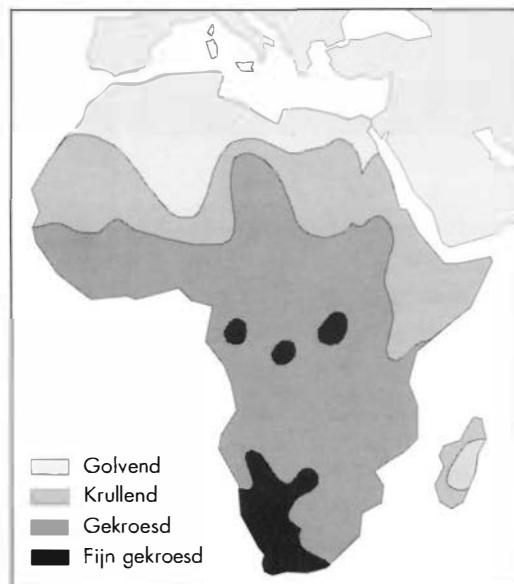
Elk lichaamskenmerk kent een andere verspreiding, wat u op de afzonderlijke wereldkaarten ziet. Die verspreidingen stemmen niet overeen.



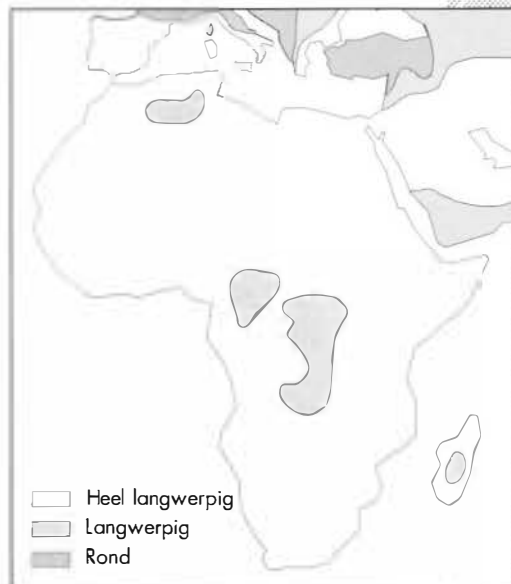
Grootte



Huidskleur



Haarvorm



Vorm van het hoofd

Documenten Universiteit
Genève (LGB) en Musée de
l'Homme

Hoe meer lichaamskenmerken we in kaart brengen, hoe duidelijker het wordt dat de mensheid niet in volstrekt aparte «categorieën» indeelbaar is.

BIOMETRON

ALLE MENSEN ZIJN ANDERS

Als we de verscheidenheid niet in zijn geheel bekijken, dan kan de indruk ontstaan dat er maar enkele mensentypes - of rassen - bestaan...

Maar al die lichaamskenmerken kunnen binnen een populatie heel sterk uiteenlopen en tussen bevolkingsgroepen bestaat vaak een geleidelijke overgang.

Als we alle mensen op alle kenmerken ineens konden onderzoeken, dan zouden we vaststellen dat de mensheid onmogelijk in vakjes onderverdeeld kan worden.



foto : G. Batz en
Koning Boudewijnstichting

In 1784 kwam de filosoof en natuuronderzoeker Herder reeds tot dit besluit: «Er bestaan geen vier of vijf mensenrassen... Het begrip ras duidt op een verschil in oorsprong, wat bij de mens niet bestaat... Lichaamstypes worden wederzijds beïnvloed en zijn een gevolg van erfelijke kenmerken... uiteindelijk zijn ze niets meer dan de schaduw van een groot beeld dat zich over alle leeftijden en alle vastelanden uitstrekt.»

Kennis kent echter haar grenzen :

Het lijkt geen twijfel dat lichaamskenmerken erfelijk zijn. Maar de biologische mechanismen die ervoor zorgen dat ze tot uiting komen, zijn haast onbekend, net zoals de talrijke genen die deze mechanismen regelen. In tegenstelling tot wat vaak gedacht wordt, is zelfs de bepaling van de oogkleur nog steeds een ondoorgrond raadsel : twee blauwogige ouders kunnen een kind met bruine ogen krijgen !

ONDERHUIDS : DE EENVORMIGHEID VAN HET MENSELIJK LICHAAM

Mensen zijn zonder uitzondering volgens het zelfde plan en met dezelfde elementen gebouwd. Hun organen kunnen iets van vorm of volume verschillen, maar die kleine variaties veranderen niets aan hun functie. De enige organen die mannen en vrouwen absoluut van elkaar onderscheiden, zijn de geslachtsorganen.



Uit Vesolius, 1543

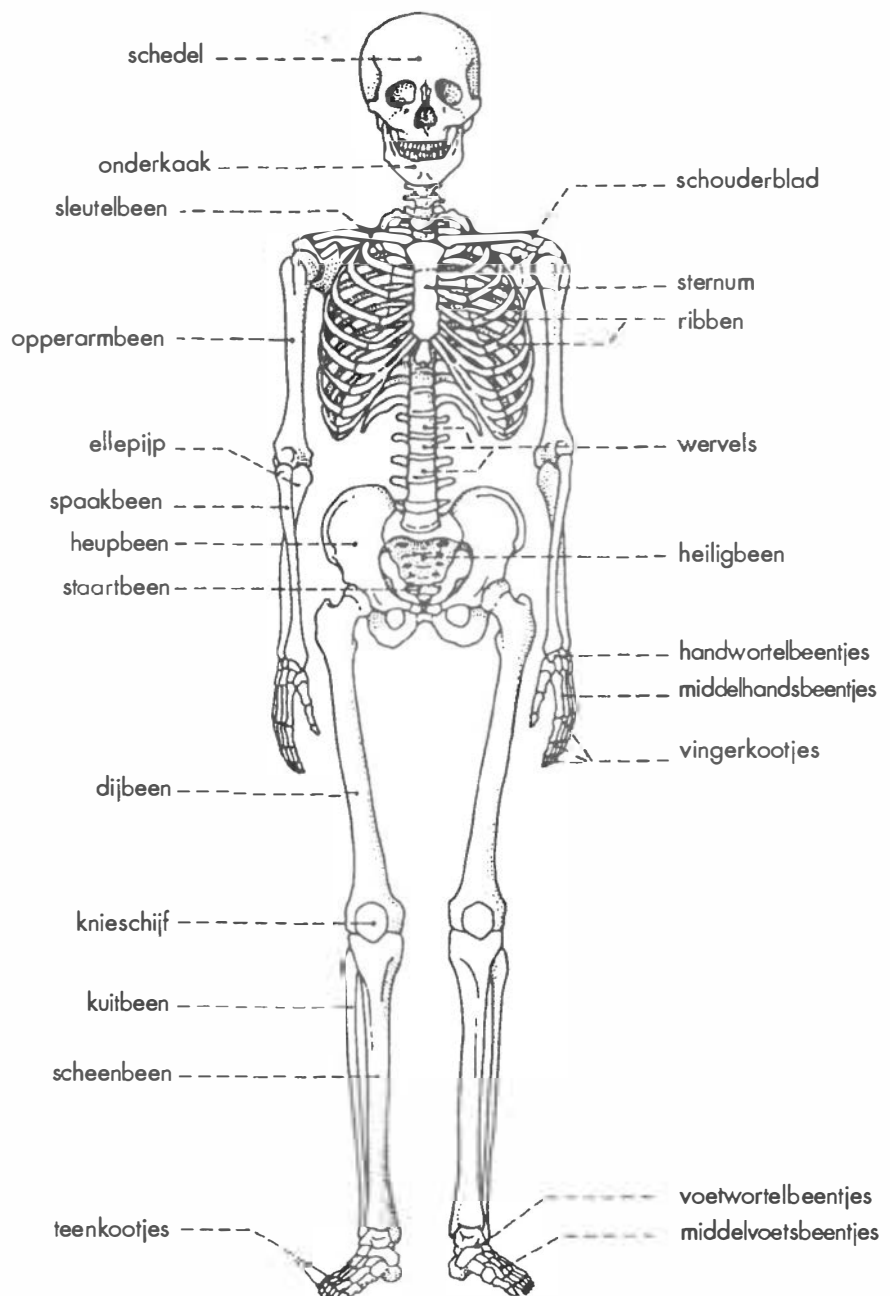
HOE
ZITTEN WE
INEEN ?



21

HET GERAAMTE

Zonder huid en andere organen lijkt niets zoveel op een mensengeraamte als een ander mensengeraamte. Zonder informatie over de herkomst is het moeilijk om zeker te weten of het een man of een vrouw betreft. De reconstructie van het uiterlijk is nog twijfelachtiger en het is helemaal onmogelijk om de huidskleur terug te vinden. Van fossiele mensen zal de huidskleur nooit achterhaald worden. Het geraamte van een volwassen mens, van welk geslacht ook, bestaat altijd uit 206 beenderen.



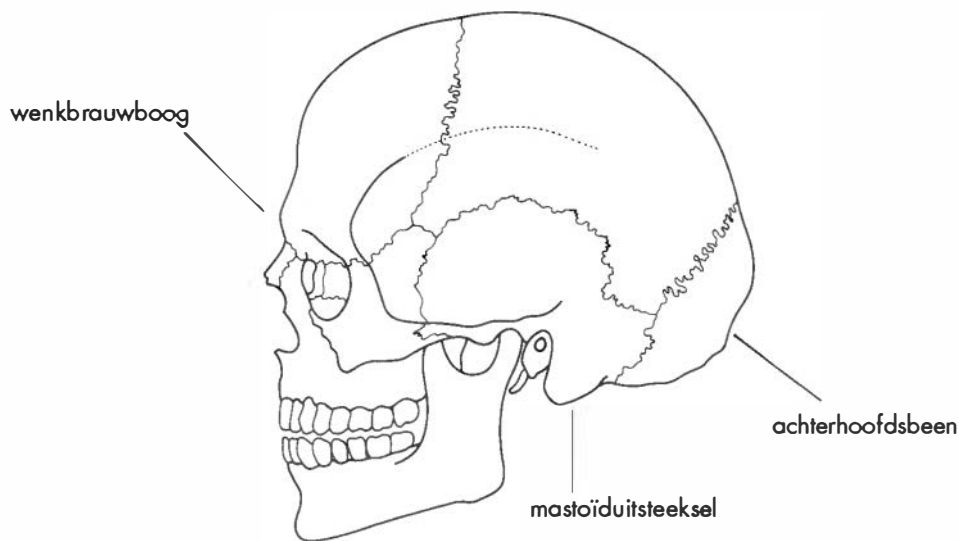
uit : A. Thoma

HOE
ZITTEN WE
INEEN ?

DE SCHEDELVORM

Sinds mensenheugenis rusten miljarden menschedels in de aardbodem: toch lijken geen twee schedels op elkaar.

Zelfs mannen- en vrouwschedels zijn niet eens ondubbelzinnig te onderscheiden.



tekening : H. Van Paesschen

Een «typische» mannenschedel is groot met boven de vooruitstekende wenkbrauwbogen een hellend voorhoofd. De mastoïditeitsteeksel van het slaapbeen zijn dik; op het achterhoofdsbeen staan beenderachtige structuren, waaraan de nekspieren vastzitten en die sommigen «rekenknobbels» noemen.

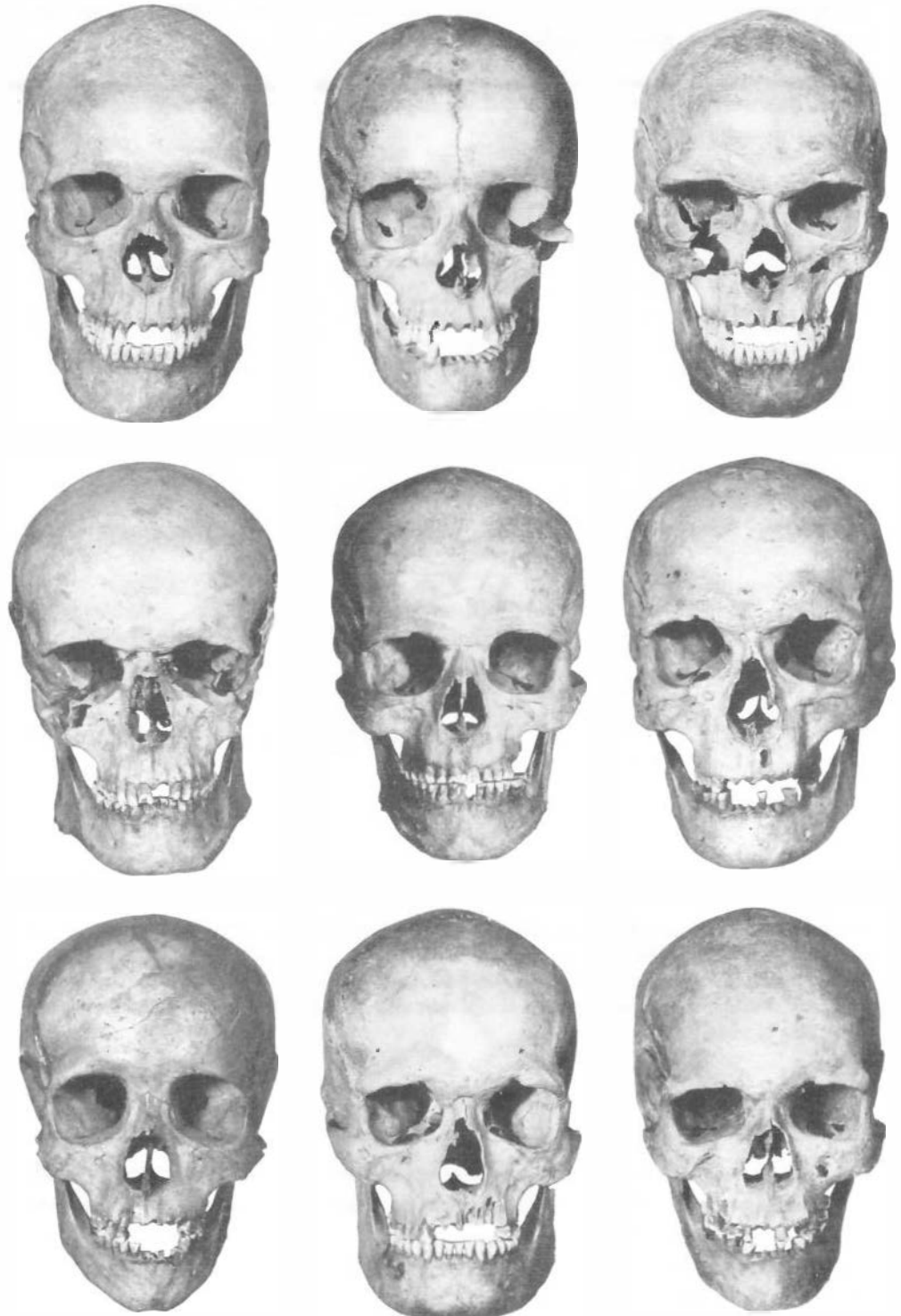
Een «typische» vrouwschedel is klein met een recht voorhoofd, de wenkbrauwbogen zijn vaag; de mastoïditeitsteeksel van het slaapbeen zijn onbeduidend; het achterhoofdsbeen vormt een gladde boog.

Er bestaan inderdaad «typische» mannenschedels en «typische» vrouwschedels, maar eigenlijk komen die niet vaak voor. De meeste vrouwen en mannen hebben een schedel met zowel vrouwelijke als mannelijke kenmerken: er bestaan mannen met een klein hoofd en vrouwen met «rekenknobbels»...

HOE
ZITTEN WE
INEEN ?

Deze schedels werden allemaal op dezelfde begraafplaats gevonden. Ze tonen de rijkdom aan schedelvormen aan.

uit Bröste et al.



HOE
ZITTEN WE
INEEN ?

HET MENSELIJK LICHAAM : EEN ONDERNEMING VAN FORMAAT.

tekst : G. Lenglet

De mens is een complex organisme. U kan hem best vergelijken met een reusachtig mobiel verwerkingsbedrijf van organisch materiaal.

De onderneming maakt ongeveer 3 miljoen verschillende produkten aan, waaronder zo'n 100.000 macromoleculen. Er werken 60 biljoen arbeiders (12.000 maal de wereldbevolking) : de cellen. Iedere cel heeft haar eigen duidelijk omschreven taak en kan alleen overleven door met haar makkers samen te werken.

Nu en dan breekt er een staking uit (als we ziek zijn), maar meestal kan de onderneming toch een positieve balans voorleggen. Na enige tijd, maar zelden na meer dan 100 jaar, moet de fabriek haar deuren sluiten. Ze is niet meer rendabel en de werkingskosten liggen te hoog.

SPEL : «Het juiste woord op de juiste plaats». Vervang de getallen tussen haakjes door de woorden in de rand. Oplossingen op blz. 46.

Het gebouw.

We beginnen onze rondleiding door de verschillende afdelingen van dit bedrijf met een inleiding over het gebouw dat het huisvest.

De buitenmuur (1) is veerkrachtig, waardoor het gebouw wat kan uitbreiden, maar onder bepaalde omstandigheden ook kan krimpen (dieet, veroudering...).

Elke cm² van die muur bestaat uit 3 miljoen levende bakstenen (2). Een honderdtal brandblussers (3) voorkomen oververhitting. In de spouw liggen 1 meter waterleiding (4), bijna evenveel stroomdraad (5) en ook tientallen drukmelders (6), die zelfs de kleinste verandering aan de wand waarnemen. Vanuit die spouw steken tevens een tiental lange soepele pijpen (7) door de muur naar buiten. Die pijpen zijn niet allemaal even groot en even lang; ze vormen de resten van een oud warmte-isolatiesysteem. Moderne bedrijven maken nog weinig gebruik van dit isolatieprocédé. Toch houden de restanten van deze installatie de buitenmuren waterdicht (8).

Het flexibele gebint (9) dat het bouwwerk rechthoudt, bestaat uit 206 onderdelen (10).

De bewegingen en verplaatsingen van de onderneming worden verzekerd door ploegen van uiteenlopende grootte, waarin de vaak gespannen werksfeer heel veel energie vergt van de sterk gespecialiseerde arbeiders (11). 680 van deze ploegen (12) vallen onder het rechtstreeks gezag van de directie, terwijl andere ploegen haast zelfstandig kunnen werken (13).

Organigram

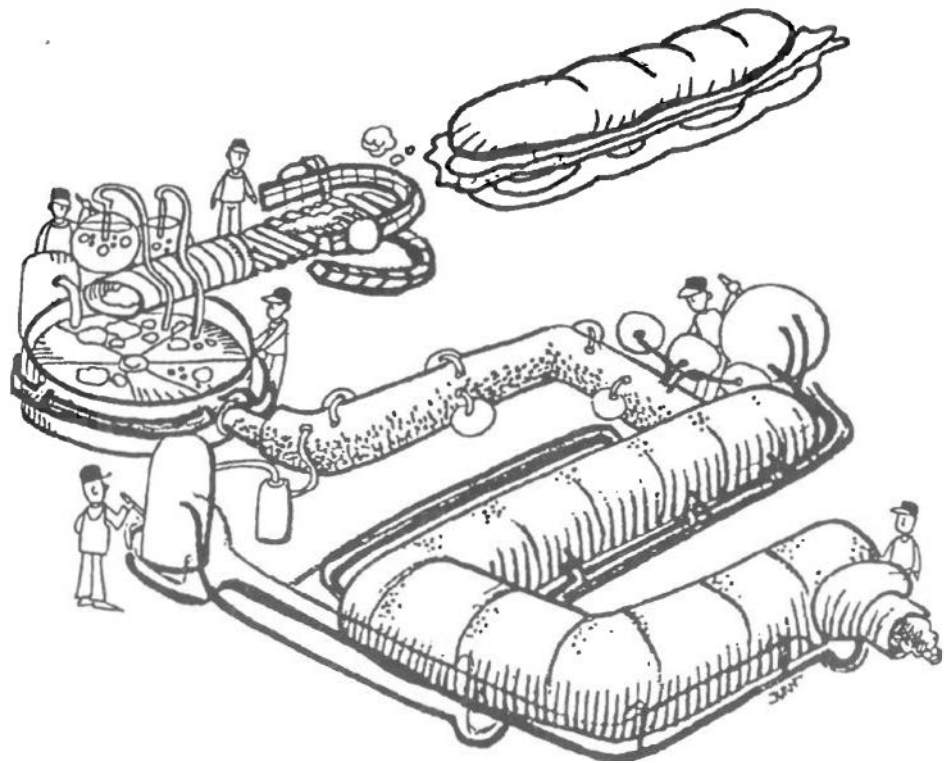
Buiten het algemeen bestuur zijn de belangrijkste twee afdelingen van de onderneming respectievelijk de productie-eenheid en de onderhoudsdienst. De productie bestaat hoofdzakelijk uit het omvormen van grondstoffen tot

beenderen
bloedvaten
geraamte
gestreepte skeletspieren
gladde spieren en hartspeer
haren
huid
oppervluidcellen
huidzintuigen
spiercellen
talgklieren
zenuwen
zweetklieren

HOE
ZITTEN WE
INEEN ?



De herverwerkings- afdeling



tekening : J.J. Zaragoza

Tijdens ons leven werken wij 40 ton voedsel naar binnen. Om dit te verteren moeten wij 40.000 liter speeksel aanmaken, 75.000 liter maagsappen, 50.000 liter alvleeskliersappen, 20.000 liter gal en 10.000 liter darmsappen.

HOE
ZITTEN WE
INEEN ?

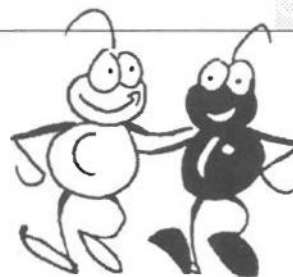


energierijke verbindingen en warmte. Het onderhoud voorziet in de vervanging van te oude werknemers. Hun lot is weinig benijdenswaard : ze krijgen geen pensioen, maar vliegen meteen buiten. De levensverwachting van de arbeiders hangt af van de afdeling waarin ze werken en de functie die ze uitoefenen (zie verder : personeelsverloop).

De «**brandstofafdeling**» (14) heeft een dubbele taak : enerzijds voert ze de brandstof (15) aan die nodig is opdat arbeiders van andere afdelingen de grondstoffen zouden kunnen verwerken en energie leveren, anderzijds voert ze het bij scheikundige reacties ontstane giftig gas (16) af. Via dikke buizen (17) wordt de buitenlucht naar twee centrales (18) gevoerd. Die twee bestaan elk uit ongeveer 500 miljoen kamertjes (19) die samen een oppervlakte van 200 m² beslaan (de buitenmuur (20) neemt slechts 1,6 tot 2 m² in). In die kamertjes staan bepaalde arbeiders in voor de gasuitwisseling tussen hun afdeling en de «vervoersafdeling», andere werknemers (21) moeten de afdeling onberispelijk rein houden door alle stof en vreemde lichamen uit de weg te ruimen.

De «**vervoersafdeling**» (22) verzorgt de verbindingen tussen de verschillende afdelingen. Ze voert brandstof uit de centrales aan; ze geeft de richtlijnen van de personeelsdienst en de boodschappen van de diverse dienstsecretariaten door (23); ze haalt grondstoffen uit de «herverwerkingsafdeling»; zij voert afvalstoffen af naar de «schoonmaakdiensten» (24) waar ze verwijderd worden. Sommige van de werknemers in die afdeling zijn heel mobiel : 25 biljoen boden (25), 41 miljard veiligheidsagenten (26) [NB : daarnaast lopen er nog een biljoen politieagenten rond (27)] en enkele biljoenen herstellende (28) in de eigen «hersteldienst».

Een man heeft 5,5 l bloed en een vrouw 3,5 l. In 1 mm³ bloed zitten 5 miljoen rode bloedcellen, 8000 witte bloedcellen en 200.000 bloedplaatjes. Per seconde vernietigt ons organisme 2,3 miljoen rode bloedcellen. Dit komt overeen met 200 miljard per dag, maar tegelijkertijd worden er evenveel aangemaakt.



ademhalingsstelsel
alveolaire macrofagen
bloed en bloedsomloop
bloeding
bloedplaatjes
hemoglobine
hormonen
huid
koolstofdioxide
koolstofdioxide
longblaasjes
longen
longen, nieren en lever
luchtpijptakken
lymfevatenstelsel
rode bloedcellen
stolling
virussen, enz.
witte bloedcellen
ziekten
zuurstof

tekening : J.J. Zaragoza

Om makkelijker te kunnen werken beschikt de afdeling over een eigen vervoersnet : 900 km buizen van allerlei dikte, waar overal eenrichtingsverkeer heerst. De boodschappers moeten brandstoffen rondbrengen en giftig gas afvoeren (29). Zij zijn hiervoor goed uitgerust : hun lijf zit vol met een bijzonder eiwit (30) dat zuurstof op kan slaan. De veiligheidsdienst heeft de opdracht indringers (31) onschadelijk te maken en elke poging tot sabotage (32) te verijdelen. De herstellende moeten barsten in het vervoersnet dichten (33) om te vermijden dat de boden hierlangs ontsnappen (34).

HOE
ZITTEN WE
INEEN ?



Tot de taken van de «**herverwerkingsafdeling**» (35) behoren de levering van voorgroei en onderhoud onmisbare grondstoffen (eiwitten, koolhydraten, vetten...) en de aanleg van energiereserves. Deze afdeling is net een lange lopende band, waarlangs de in het bedrijf binnenkomende complexe verbindingen tot eenvoudige, voor de onderneming bruikbare, stoffen worden uiteengehaald.

De brokken grondstof worden eerst in een kamer (36) vergruisd, waarna ze door een lange buis (37) in een tweede kamer (38) terechtkomen. Daar worden ze door miljarden spuitgasten, vanuit 35 miljoen sproeikoppen (klieren), sappig bestookt. Een miljard van deze arbeiders produceren waterstofchloride, een bijtend zuur dat zelfs plaatstaal kan aantasten. Een verblijf van 1 tot 5 uur in deze tweede kamer maakt de stoffen vloeibaar; ze schuiven verder door een ellenlange tunnel (39). Daar halen arbeiders (40) de bouwstoffen van de band en vertrouwen ze toe aan de «**vervoersafdeling**». Elke bandwerker beschikt over een 30.000 vingertjes (microvilli) die het werk verlichten.

Merk op dat bij de afbraak van de complexe substanties ook zwartwerk gebeurt (41). In het laatste deel van die tunnel (42) worden ongebruikte stoffen samengeperst: het water wordt er uitgehaald. Dan worden ze naar buiten gestuwd, samen met honderdduizenden zwartwerkers en de stoffelijke resten van gestorven arbeiders.

Beheer van de onderneming

Tot onze spijt kunnen we niet alle afdelingen beschrijven, maar toch kunnen we niet om het beheer van het bedrijf heen. Talrijke afdelingen kunnen het dagelijks werk gedeeltelijk autonoom aan, maar zij blijven steeds afhankelijk van de beslissingen van de «**personeelsdienst**» en de «**algemene directie**».

Op middellange termijn zet de «**personeelsdienst**» (43) alle werkrachten op tijd en stond aan het werk. Dit gebeurt door dienstnota's (44); zijn er hiervan te veel of zijn ze onduidelijk, dan treden er in de betrokken afdelingen vaak ernstige storingen (45) op, die moeilijk op te heffen zijn. Bij de «**algemene directie**» (46) werkt heel wat hooggeschoold personeel (een biljoen bedienden, waaronder honderd miljard kaderleden (47). Die staan in voor korte termijnbeheer, vlugge beslissingen, opslaan van talrijke gegevens die voor het overleven en de bloei van de onderneming noodzakelijk zijn...

De communicatie met de afdelingen gebeurt via een netwerk met honderdduizend km stroomkabel (48). Per minuut sturen informanten (49) miljoenen boodschappen naar de directie om haar op de hoogte te stellen van veranderingen in de buitenwereld.

Bepaalde kaderleden zijn rechtstreeks verbonden (50) met 25.000 collega's en arbeiders.

Personeelsverloop

Zoals in elke onderneming worden nu en dan personeelsleden vervangen. We wijzen erop dat in dit bedrijf personeel niet van de ene naar de andere afdeling kan overgeplaatst worden.

Omdat het werk op de ene afdeling veel harder is dan op de andere, leven de arbeiders bij lange niet even lang: 3 dagen (51), 10 dagen (52), 125

bacteriën
darmcellen
dikke darm
dunne darm
endocrien stelsel
hormonen
huid- en darmcellen
maag
mond
netvliescellen
neuronen
slokdarm
spijsverteringsstelsel
zenuwen
zenuwstelsel
zenuwverbindingen
ziekte
zintuigen

HOE
ZITTEN WE
INEEN ?



dagen (53) tot zelfs 500 dagen (54). Elke minuut sterven er 100 miljoen werknemers. Een deel van hun stoffelijke resten wordt door de hygiënische dienst (55) verwijderd, maar gelukkig worden de belangrijkste bestanddelen gerecupereerd en herbruikt. De vervanging van overleden arbeiders gebeurt automatisch, wat betekent dat per minuut $2 \cdot 10^{22}$ atomen in de weer zijn om de plaats van de gestorven collega's in te nemen.

Om de 18 maanden wordt zo het totale personeel minstens één maal vervangen. Dit geldt niet voor het personeel van de algemene directie en van de pompinstallatie (56) : die zijn vastbenoemd en onvervangbaar; ze blijven op hun plaats zolang het bedrijf bestaat. Een baantje bij de directie is dus erg in trek. Toch is dit niet voor iedereen zo rooskleurig : per minuut worden 70 kaderleden ontslagen, dit wil zeggen dat de onderneming per dag 100.000 kaderleden verliest en dit tot op het einde van haar bestaan.

Het oprichten van dochterondernemingen

Er bestaan twee soorten bedrijven : het verschil berust in de afdeling «public relations» (57). In de ene wordt alleen vrouwelijk personeel (XX-cellen) in deze afdeling tewerkgesteld, in de andere alleen mannelijk personeel (XY-cellen). In het eerste geval verrichten de vrij weinige bedienden er zittend werk (58), terwijl in de onderneming van het tweede type de ambities van de talrijke vertegenwoordigers (59) buiten het bedrijf liggen.

Twee ondernemingen van verschillend type kunnen voor een heel korte periode een joint-venture aangaan, waarbij ze hun kapitaal bijeenbrengen om samen een nieuw bedrijf op te richten; ze worden dan partners geheten.

Die tijdelijke vereniging wordt door een uitgebreid onderzoek voorafgegaan, waarbij 500 miljoen vertegenwoordigers een contract met de aanwezige bediende proberen vast te krijgen. Slechts één vertegenwoordiger (zelden twee) slaagt in die opdracht. Wat een verspillings aan personeel !

De ondertekening van een contract (60) is een gelukstreffer. Er is een maximale opbrengst met een minimale inbreng : 2 personeelsleden, van elke partner één. In 9 maanden tijd bouwen deze twee bedienden een jong bedrijf uit, waar reeds biljoenen nieuwe arbeiders werken. Toch zal het nog enkele jaren duren voordat het nieuwe bedrijf over voldoende onafhankelijkheid en draagkracht zal beschikken.

De dierentuin



Elke onderneming houdt er een eigen dieren- en plantentuin op na. Daar leven ongeveer 10^{15} (duizend biljoen) levende wezens, dit is 20 maal meer dan het aantal werknemers van het bedrijf zelf. Ze leven op of in het bedrijf en kunnen nuttig (symbionten),

bevruchting
eicellen
geslachtsorganen
hart
levercellen
macrofagen
rode bloedcellen
zaadcellen

tekening : J.J. Zaragoza

HOE
ZITTEN WE
INEEN ?



neutraal (commensalen) of schadelijk (parasieten) zijn.

Er zijn 50.000 soorten geteld die in die «pretparken» kunnen leven. Daaronder vinden we bacteriën, virussen, eencelligen (amoeben, sporediertjes, zweepdiertjes), platwormen (leverbotten, schistosomen, lintwormen), ronde wormen (draadwormen, aarswormen, spoelwormen, trichinen, mijnwormen), insecten (vlooien, luizen), spinachtigen (mijten), schimmels...

Ze kunnen tussen 20 nanometer en verschillende meters (lintworm) groot zijn.

Na deze vluchtige rondleiding kunnen we besluiten dat het bedrijf «mens» voorbeeldig is. De omzet is zo groot dat bijna 99 % van de 10^{27} atomen waaruit het bestaat in de loop van één jaar van molecule of cel verandert. Op dit ogenblik zijn er ongeveer 5 miljard dochterondernemingen, die allemaal uniek zijn. Er zijn talloze variaties mogelijk op het algemene bouwplan, maar die beletten niet dat elk van die ondernemingen met een andere onderneming de handen in elkaar kan slaan om een nieuw bedrijf op te richten. Het is van geen belang van welk deel van de aarde die partners afstammen, maar ze moeten wel over een verschillend type van «public relations-afdeling» beschikken. Als gevolg hiervan hebben die vennootschappen veel betere aanpassingsmogelijkheden dan andere grootschalige biologische bedrijven. Uit dit gezichtspunt is het bedrijf «mens» inderdaad een grote multinational in het dierenrijk.

Dank aan Benoit Bunico 3,
de inspiratiebron
voor deze tekst

OPLOSSINGEN VAN HET SPEL

1 : huid, 2 : opperhuidcellen, 3 : zweetklieren, 4 : bloedvaten, 5 : zenuwen, 6 : huidzintuigen van Meissner en van Vater-Paccini, 7 : haren, 8 : talgklieren, 9 : geraamte, 10 : beenderen, 11 : spiercellen, 12 : gestreepte skeletspieren, 13 : gladde spieren en hartspier, 14 : ademhalingsstelsel, 15 : zuurstof, 16 : koolstofdioxide, 17 : luchtpijptakken, 18 : longen, 19 : longblaasjes, 20 : huid, 21 : alveolaire macrofagen, 22 : bloed en bloedsomloop, 23 : hormonen, 24 : longen, nieren en lever, 25 : rode bloedcellen, 26 : witte bloedcellen, 27 : lymfevatenstelsel, 28 : bloedplaatjes, 29 : koolstofdioxide, 30 : hemoglobine, 31 : virussen, enz., 32 : ziekten, 33 : stolling, 34 : bloeding, 35 : spijsverteringsstelsel, 36 : mond, 37 : slokdarm, 38 : maag, 39 : dunne darm, 40 : darmcellen, 41 : bacteriën, 42 : dikke darm, 43 : endocrien stelsel, 44 : hormonen, 45 : ziekte, 46 : zenuwstelsel, 47 : neuronen, 48 : zenuwen, 49 : zintuigen, 50 : zenuwverbindingen, 51 : huid- en darmcellen, 52 : netvliescellen, 53 : rode bloedcellen, 54 : levercellen, 55 : macrofagen, 56 : hart, 57 : geslachtsorganen, 58 : eicellen, 59 : zaadcellen, 60 : bevruchting.

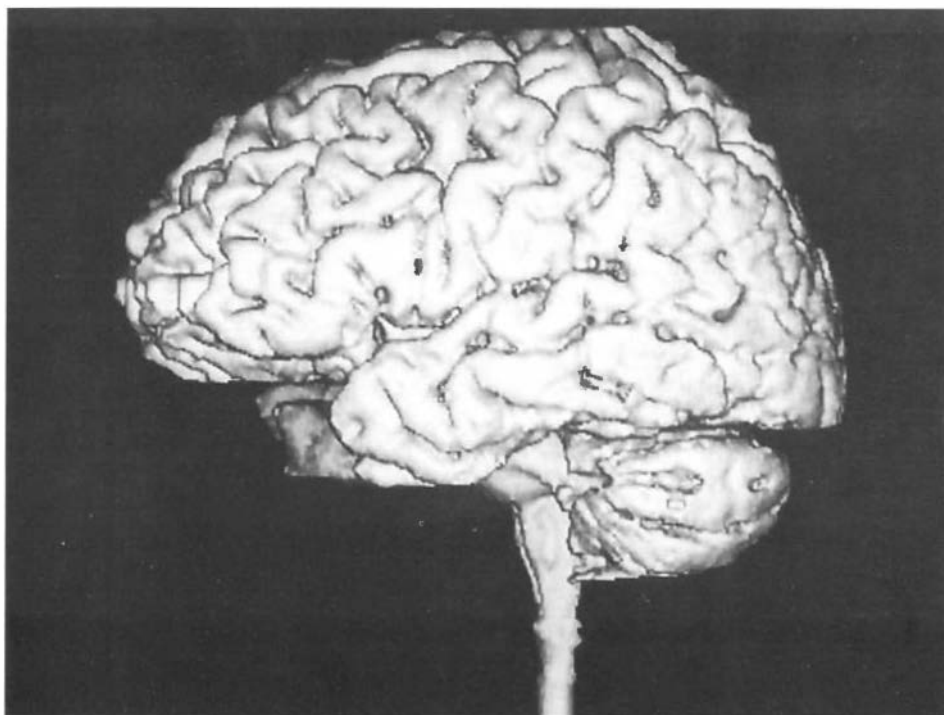
HOE
ZITTEN WE
INEEN ?



TUSSENDORTJE : MENSELIJKE HERSENEN

De hersenen vormen 2 % van het lichaamsgewicht. Per minuut krijgen ze miljoenen boodschappen van de zintuigen toegestuurd.

Menselijke hersenen hebben steeds dezelfde globale structuur. Hun algemene vorm en het aantal hersenkronkels zijn bij alle mensen gelijk.



In vivo waarneming van de hersenen. Deze foto is een reconstructie die steunt op gegevens van kernspinresonantiemetingen (NMR).

Het hersenvolume varieert daarentegen. Meestal hebben grote mensen grote schedels, dus volumineuze hersenen, maar een klein individu kan een grote schedel hebben. Het hersenvolume schommelt tussen 1000 cm³ en 2200 cm³. Mannen zijn gemiddeld groter dan vrouwen en hebben bijgevolg grotere hersenen (gemiddelde bij mannen : 1500 cm³, bij vrouwen : 1400 cm³). In tegenstelling tot wat in ruimer kring gedacht wordt, bestaat er geen verband tussen hersengrootte en intelligentie; de beroemde Franse schrijver Anatole France had een hersenvolume van slechts 1000 cm³.

document V. Belle en
C. Segebarth
(CHU Grenoble en
Erasmusziekenhuis, Brussel)

HOE
ZITTEN WE
INEEN ?

naar Benoît Bunico 3

EEN MENS BESTAAT UIT ATOMEN

Ons lichaam bestaat uit $5 \cdot 10^{13}$ tot $6 \cdot 10^{13}$ cellen. De grootte van die cellen gaat van 7 tot 100 μm ($1 \mu\text{m} = 1$ micrometer of 1 miljoenste van een meter).

Elke cel is een geheel van moleculen die op hun beurt uit talrijke atomen opgebouwd zijn.

Het menselijk lichaam bestaat uit 10^{27} atomen (1 miljard x miljard x miljard). 42 scheikundige elementen zijn in onderscheiden mate aanwezig. Vier elementen (zuurstof, koolstof, waterstof en stikstof) nemen 96 % voor hun rekening, terwijl 36 andere elementen slechts 1 % innemen.

In het lichaam van een mens van ongeveer 70 kg zitten

45,5 kg zuurstof

12,6 kg koolstof

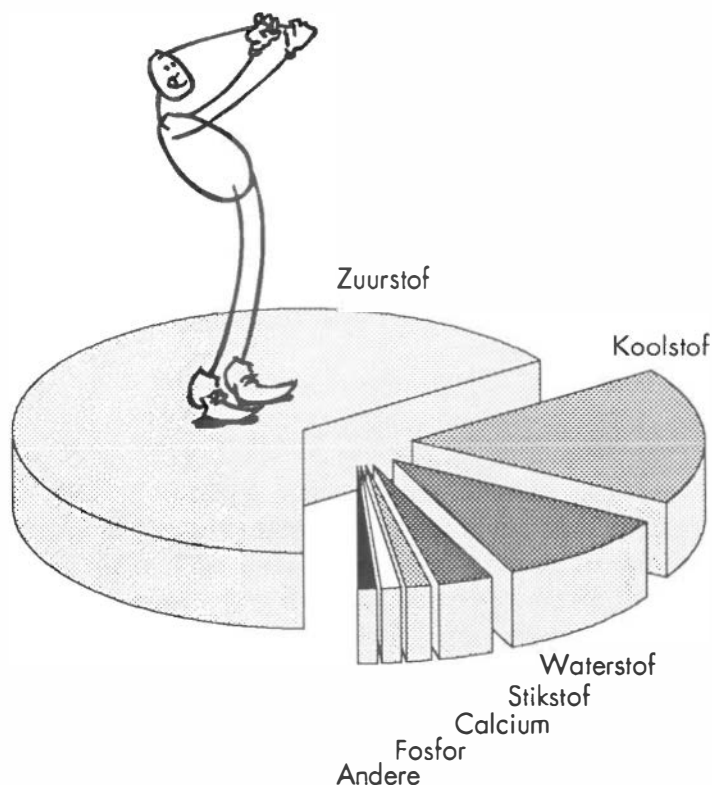
7 kg waterstof

2,1 kg stikstof

1,05 kg calcium

0,7 kg fosfor.

De overblijvende 700 g bevat 36 zeldzamere elementen.



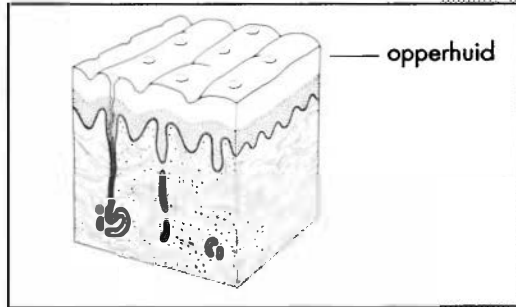
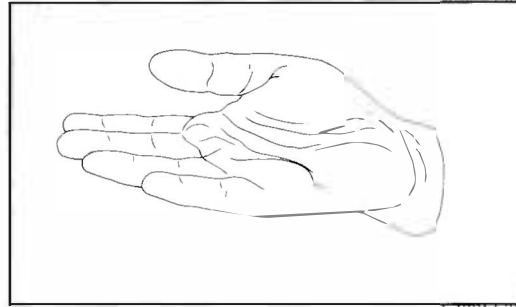
tekeningen: P. Semal
en R. Gygi

HOE
ZITTEN WE
INEEN ?

STEEDS DICHTERBIJ

ORGANEN

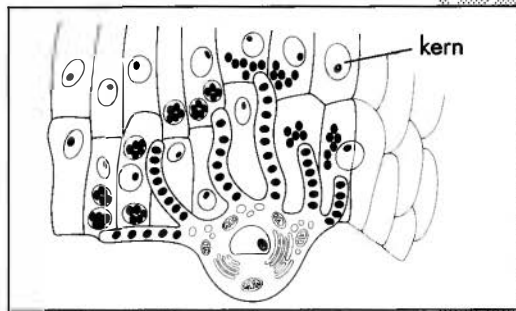
De huid is een orgaan. Zij bestaat uit verschillende lagen (opperhuid, lederhuid...) en vervult talrijke functies : tastzin (voelen), afscheiding (zweten), temperatuurregeling...



doorsnede in de handpalm

CELLEN

Een mens bestaat uit ongeveer 60.000.000.000.000 basiseenheden : de cellen. In de kern van elke cel schuilt het volledig genetisch erfgoed dat een individu op het ogenblik van zijn conceptie van beide ouders meekreeg.

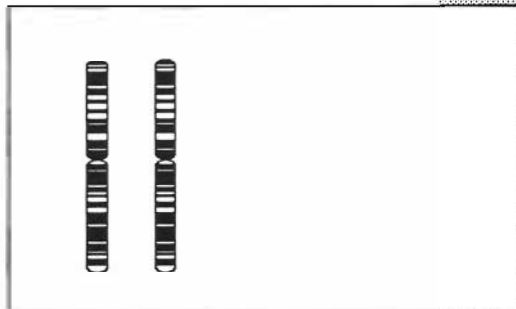


cellen aan de basis van de opperhuid

CHROMOSOMEN

De genetische blauwdruk ligt vast op chromosomen. Individuen van éénzelfde soort hebben evenveel chromosomen.

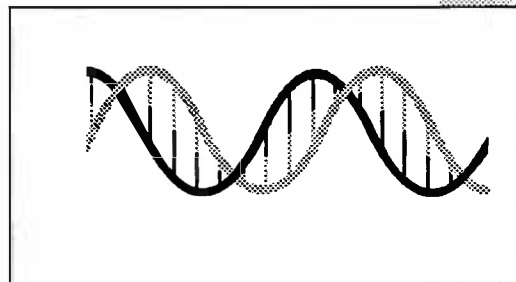
Elke mens heeft 46 : 23 heeft hij van zijn moeder en 23 van zijn vader geërfd. Op grond van de dubbele herkomst van die chromosomen wordt ook gezegd dat een mens 23 chromosomenparen bezit. Een chimpansee heeft 48 chromosomen, een karper heeft er 104, een fruitvlieg 8, tabak en maïs 20.



chromosomen-paar 3

DUBBELE DNA-HELIX

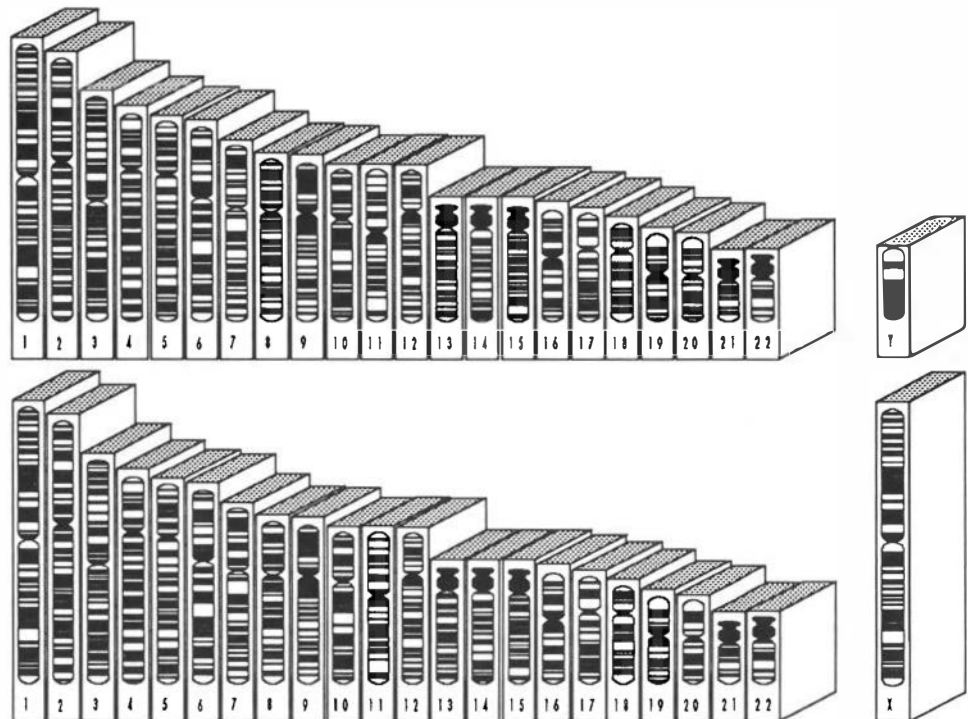
Chromosomen bestaan in hoofdzaak uit lange DNA-moleculen (Desoxyribonucleïnezuur, in het Engels Desoxyribonuclear Acid). Daarop ligt de scheikundige code vast, die de genetische blauwdruk vormt.



dubbele DNA-helix

HOE
ZITTEN WE
INEEN ?

EEN REUSACHTIGE BOEKENTOREN



Het genetisch erfgoed van een individu is als een bibliotheek.

Het genetisch erfgoed van een individu noemen we ook zijn genoom. Elke lichaamscel bevat een blauwdruk van dit genoom.

Een bibliotheek met twee encyclopedieën

We kunnen het genoom vergelijken met een bibliotheek die uit twee encyclopedieën bestaat : één afkomstig van de moeder en één van de vader. Beide encyclopedieën bevatten de nodige erfelijke informatie voor alle menselijke kenmerken van een individu.

De encyclopedie is verdeeld in boekdelen.

Elk boekdeel stemt overeen met een chromosoom. Bij een mens bestaat de encyclopedie uit 23 boekdelen. Elke cel bevat dus 2×23 of, in het totaal, 46 chromosomen. Op een rij zouden die 46 DNA-moleculen in werkelijkheid een ongeveer 2 m lange ketting vormen. Het aantal letters (nucleotiden) in dit genoom wordt op 7 miljard geschat. Slechts een deel van de in code opgeslagen informatie wordt rechtstreeks vertaald in ongeveer 50.000 eiwitten.

Elk boekdeel is onderverdeeld in een veranderlijk aantal rubrieken : genen.

De structuur van de rubrieken is niet bij alle encyclopedieën dezelfde. Van éénzelfde gen kunnen «synoniemen» bestaan. Deze sterk op elkaar gelijkende, niet-identieke structuren zijn de verschillende vormen of allelen van datzelfde gen.

tekst en tekeningen :
P. Semal

Allemaal anders,
allemaal familie.

Alle mensen bezitten
een gelijkaardige
bibliotheek.

Maar zowel de
inhoud als de uiting
van het genoom zijn
veranderlijk, zodat er
geen twee identieke
individuen bestaan
(met uitzondering van
eeneiige tweelingen).

DE PIJLERS
VAN
HET VERSCHIL

26

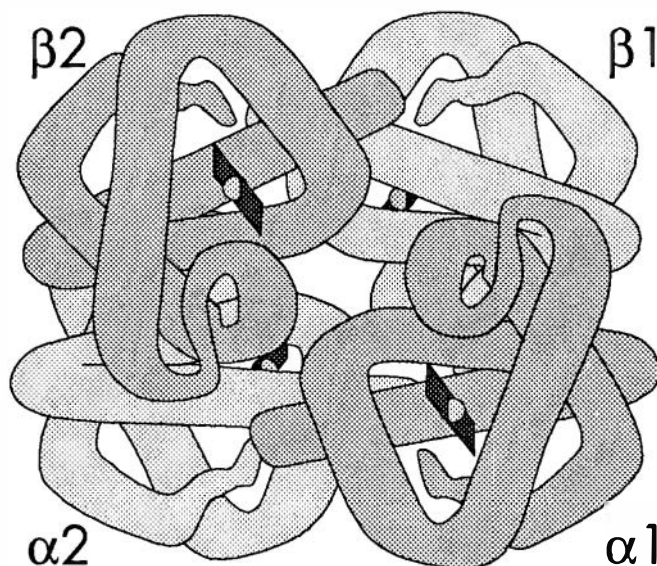
DE INFORMATIE UIT HET GENOOM LEIDT DE EIWITSYNTHESE IN GOEDE BANEN.

Zonder eiwitmoleculen kunnen wezens niet leven. Eiwitten of proteïnen zijn immers bouwstoffen en spelen een hoofdrol in de scheikundige reacties van de stofwisseling.

De basiseenheden van eiwitten heten aminozuren. In de natuur komen er maar een 20-tal belangrijke aminozuren voor. Het aantal aan elkaar gekoppelde aminozuren in een eiwit kan heel sterk uiteenlopen. Zo bevat een insulinemolecule ongeveer 50, maar een collageenmolecule bijna 3000 aminozuren.

De specifieke volgorde van de verschillende aminozuren binnen een eiwit wordt bepaald door een genetische informatiedrager met de naam boodschapper-RNA (messenger RNA of m-RNA). Die boodschapper is een werkkopie, waarvan het origineel zich onder DNA-vorm in de kern van elke cel bevindt.

Het aaneenhechten van aminozuren tot eiwitten is het werk van gespecialiseerde celstructuren (ribosomen). In andere structuren (Golgi-apparaat, endoplasmatisch reticulum) kunnen de eiwitmoleculen nog chemische wijzigingen ondergaan. Tot slot ontstaan functionele eiwitten vaak uit de aaneenschakeling van verscheidene enkelvoudige aminozuurketens (peptiden) en zijn ze vaak aan suikers of vetten gebonden.



tekst en tekening : P.Semal

Ruimtelijke
structuur van een
hemoglobine-
molecule:
een kluwen van
vier amino-
zuurketens

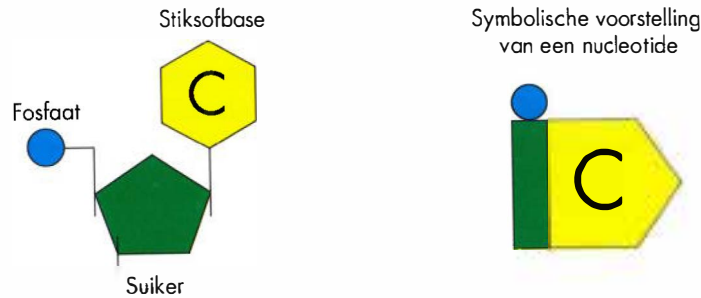
schema uit
Dickerson en Geis

DE PIJLERS
VAN
HET VERSCHIL



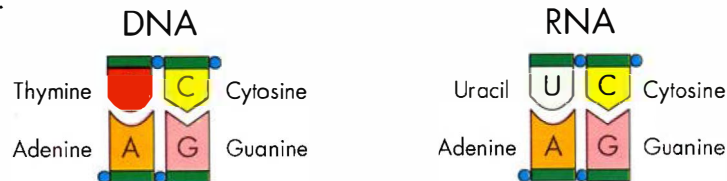
DE GENETISCHE CODE : EEN TAAL

DNA en RNA zijn samengesteld uit opeenvolgende «letters» : nucleotiden. Elk nucleotide bestaat uit een suiker, een fosfaatrest en een veranderlijke organische stikstofbase, die het type nucleotide bepaalt.



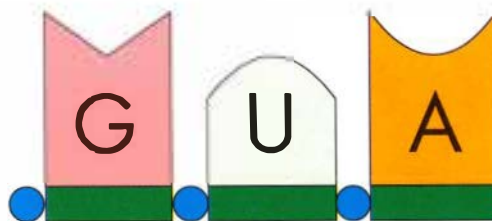
Een alfabet van vier twee aan twee complementaire letters

Er zijn vijf verschillende stikstofbasen. Drie ervan komen zowel bij RNA als DNA voor : adenine (A), guanine (G) en cytosine (C). De andere twee zijn synoniemen : thymine (T) komt voor bij DNA in de plaats van uracil (U) bij RNA.



Lettergrepen van drie letters

Daar er 20 verschillende aminozuren bestaan en in het DNA maar 4 basen voorkomen, kan niet elke base voor één aminozuur coderen. Het genetisch alfabet telt 4 letters, maar het eiwitalfabet heeft er 20 ! Op die grond is elk aminozuur bepaald door een lettergreep van drie nucleotiden. Zo'n lettergreep noemen we triplet of codon.



Voorbeeld : GUA, één van de codons voor «valine» in het boodschapper-RNA

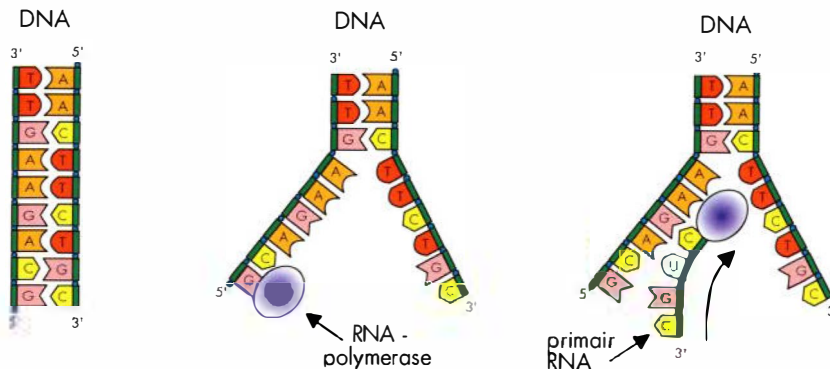
Drie andere tripletten (GUA, GUC, GUG) coderen eveneens voor het aminozuur «valine».

Hoeveel verschillende codons bestaan er ?

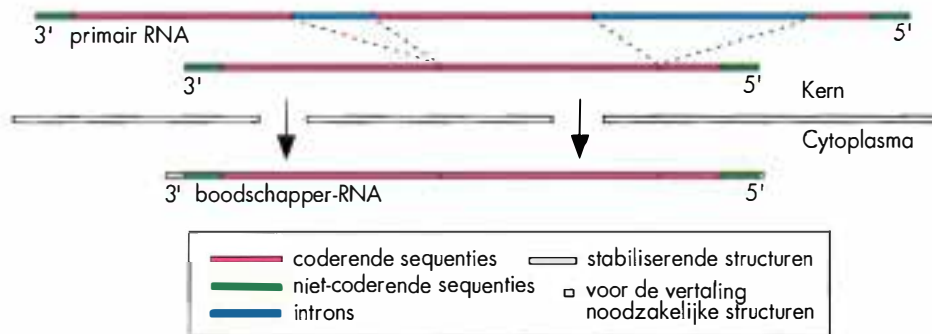
Antwoord : 64. Elk codon bestaat uit drie nucleotiden. In het RNA bestaan er vier verschillende nucleotiden. Het aantal verschillende codons is dus 4^3 of $4 \times 4 \times 4 = 64$ combinaties, waaronder een aantal synoniemen.

Van DNA tot boodschapper-RNA : transcriptie

De structuur van het boodschapper-RNA (messenger-RNA of m-RNA) is eenvoudiger dan die van DNA. DNA bestaat inderdaad uit twee complementaire strengen die een dubbele helix vormen. Eén van die strengen staat model voor de vorming van m-RNA. Een speciaal enzyme, het RNA-polymerase, schrijft de gegevens van een DNA-fragment over (transcriptie) vanaf een START-gebied (promotor) tot aan een STOP-teken.

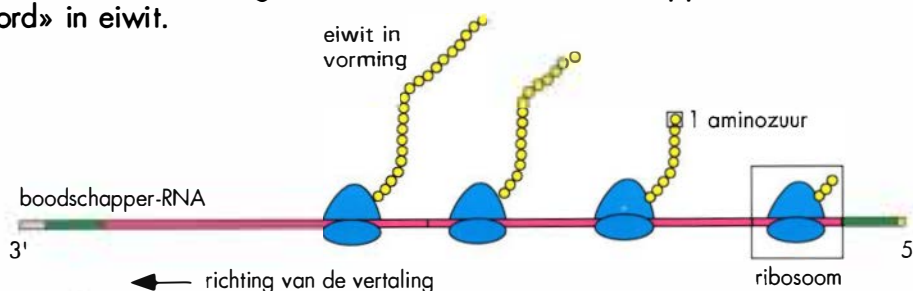


Primair RNA wordt omgevormd tot boodschapper-RNA. Fragmenten in de keten die niet voor aminozuren coderen, worden afgestoten. Op de uiteinden van de boodschapper kunnen andere sequenties die niet coderen blijven bestaan. Dan pas wordt de boodschapper naar het cytoplasma van de cel uitgestuurd. Sequenties die nodig zijn voor de stabilisatie of voor de vertaling van de boodschapper in eiwit worden aangehecht.



Van boodschapper-RNA tot eiwit : translatie

De vertaling van het boodschapper-RNA in eiwit gebeurt door gespecialiseerde cytoplasmastructuren met de naam ribosomen. Een ribosoom valt te vergelijken met een leeskop op een magneetband. Het ribosoom verschuift langzaam en vertaalt de boodschapper «woord voor woord» in eiwit.



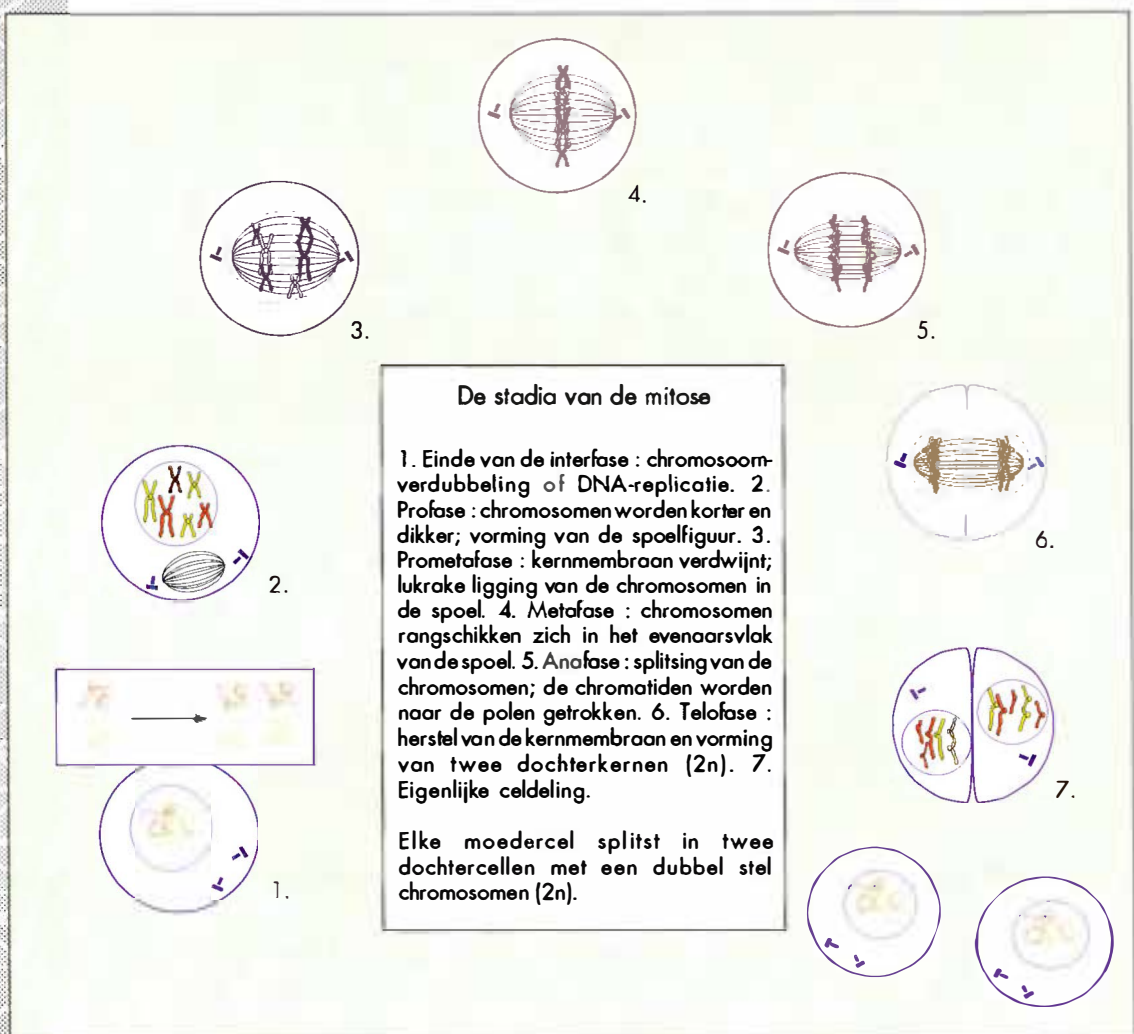
tekst en tekening : P. Semal

DE PIJLERS
VAN
HET VERSCHIL

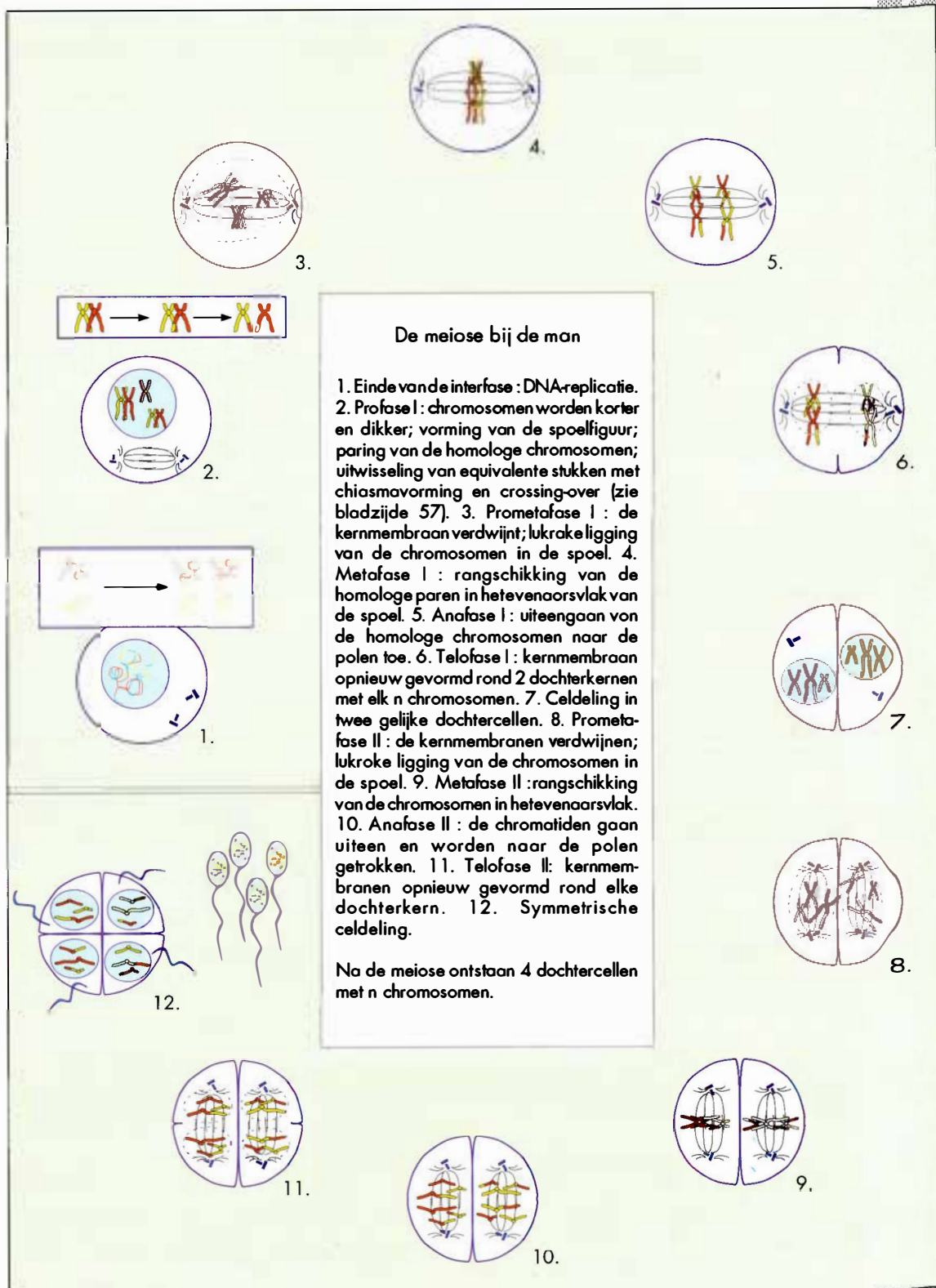
HET GENOOM GAAT OVER VAN GENERATIE OP GENERATIE

Van cel tot cel

De kern van iedere lichaamscel bevat een volledig genoom met 2×23 chromosomen. Een cel kan zich in twee aan haar gelijke dochtercellen splitsen. Door die celdeling (mitose) blijft de genetische informatie over de celgeneraties heen gelijk. Voor ze gaat delen verdubbelt de cel haar genoom en de twee dochtercellen hebben steeds 2×23 chromosomen ($2n$).

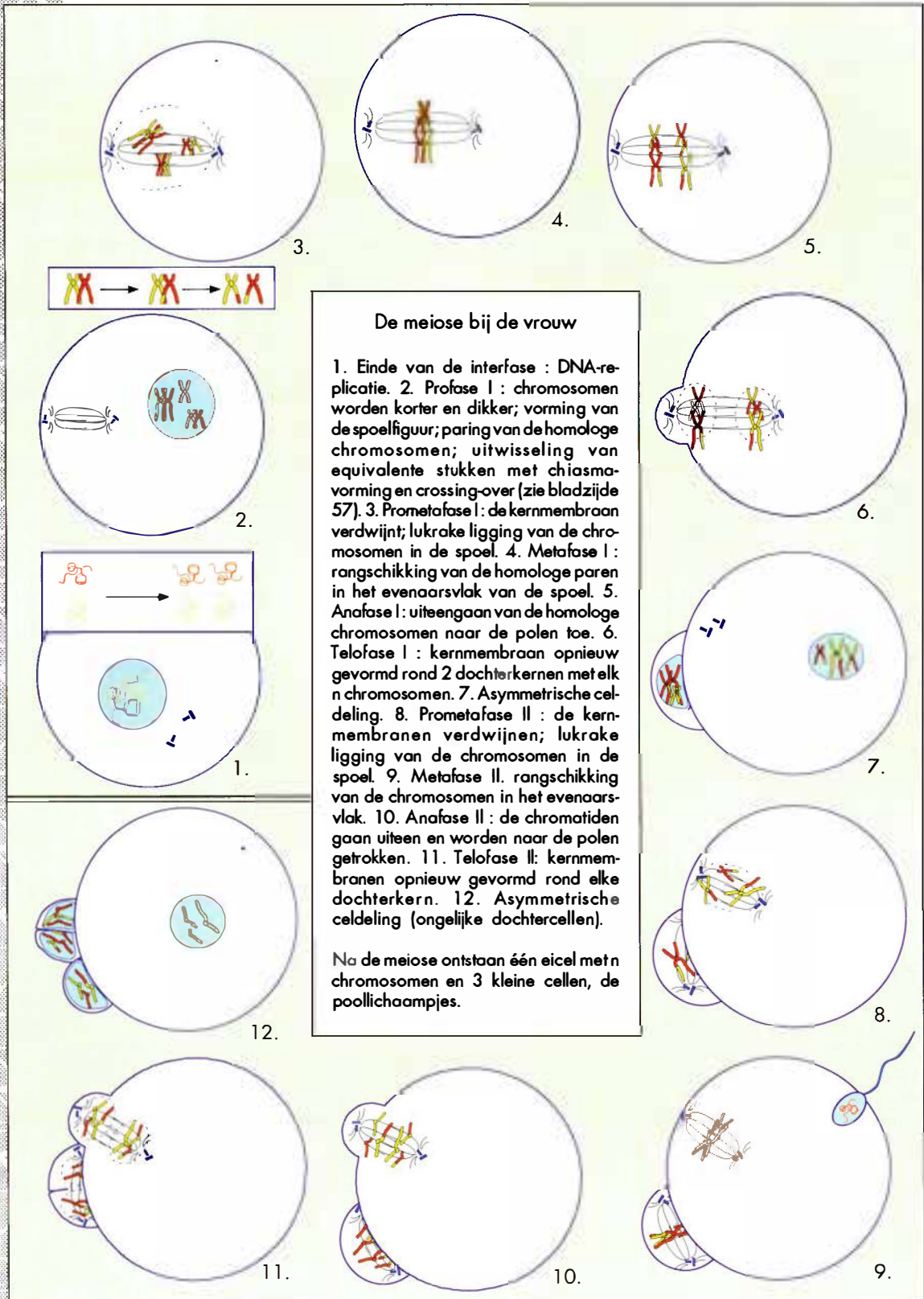


Voortplantingscellen (gameten) bevatten slechts 1×23 chromosomen (n). Dit gehalveerd aantal chromosomen in zaadcellen en eicellen is het resultaat van een bijzondere celdeling : **de meiose**.



De vorming van mannelijke voortplantingscellen start in de puberteit en gaat door tot aan de dood. De vorming van vier zaadcellen of spermatozoïden uit één moedercel of spermatogonie duurt gemiddeld 70 dagen.

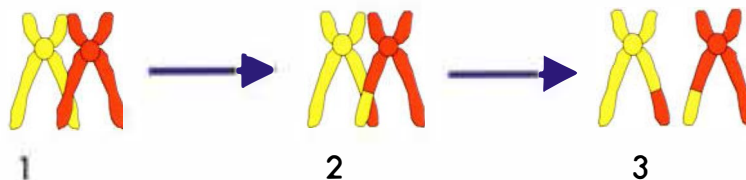
DE PIJLERS
VAN
HET VERSCHIL



De vorming van vrouwelijke voortplantingscellen gebeurt met onderbrekingen. Op het einde van de embryonale ontwikkeling valt het delingsproces stil in de profase I. Van de puberteit tot de menopauze gaat de meiose in die cellen om de 28 dagen verder. In de metafase II volgt een tweede halte. De laatste stadia van de meiose gebeuren pas nadat een zaadcel is binnengedrongen.

Crossing-over : een creatief uitwisselingsmechanisme

De overeenstemmende, van vader en moeder afkomstige, of homologe chromosomen vormen paren tijdens de eerste fase van de meiose (1). Ze gaan kruiselings over elkaar liggen en wisselen even grote fragmenten uit (2). Na de stukuitwisseling zijn de meiosechromosomen gewijzigd (3); ze dragen niet meer noodzakelijk dezelfde allelen als tevoren.



Uitwisseling van even grote fragmenten tussen homologe chromosomen is een veel voorkomend verschijnsel.

HET GENOOM GAAT OVER VAN GENERATIE OP GENERATIE

Van de ouders op de kinderen

Eicel en zaadcel versmelten tot een nieuwe cel met 2×23 chromosomen. Door opeenvolgende mitoses ontstaat hieruit een embryo, met in elke cel 2×23 chromosomen. Die 46 chromosomen vormen het unieke genoom van een nieuwe mens. Een kind erft dus 23 chromosomen van zijn moeder en 23 chromosomen van zijn vader.

Hoeveel verschillende kinderen zijn er bij een bevruchting mogelijk ?

Antwoord : minstens 200 miljoen. Inderdaad is het mogelijk aantal verschillende kinderen gelijk aan het aantal eicellen (meestal 1 vermenigvuldigd met het aantal zaadcellen (meer dan 200.000.000).

Hoeveel verschillende chromosomencombinaties zouden kinderen van hun ouders kunnen meekrijgen ?

Antwoord : Ongetelofelijk veel. Er bestaat een reusachtige genetische loterij bij het aannemen van voortplantingscellen. Tijdens de meiose gaan de gepaarde chromosomen willekeurig en onafhankelijk uiteen. Uit een cel met 2×23 chromosomen kunnen 2^{23} of 8.388.608 verschillende voortplantingscellen met 1×23 chromosomen ontstaan. Het aantal mogelijke chromosomencombinaties met twee ouders is dus $8.388.608 \times 8.388.608 = 70.368.744.177.664$. In werkelijkheid zijn er door crossing-over tussen de homologe chromosomen nog veel meer mogelijkheden.

?

?

DE PIJLERS
VAN
HET VERSCHIL

ONEINDIG VEEL GENENCOMBINATIES

Het genetisch patrimonium van een mens wordt op ongeveer 50.000 genen geschat.

Neem één gen dat onder twee vormen voorkomt : het allel V en het allel v (in werkelijkheid zijn er vaak veel meer varianten). Per gen met twee verschillende allelen kunnen drie paren gevormd worden : hier VV, Vv en vv.

- 21 genen leveren $3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \dots \times 3$ (21 maal) $= 3^{21}$ = meer dan 10 miljard verschillende combinatiemogelijkheden. Dit is tweemaal de hele wereldbevolking.

- 52 genen leveren $3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \dots \times 3$ (52 maal) $= 3^{52}$ = ongeveer 6×10^{24} verschillende combinatiemogelijkheden. Zoveel watermoleculen zijn er in een glas water.

- 170 genen leveren $3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \dots \times 3$ (170 maal) $= 3^{170}$ = meer dan 10^{81} combinatiemogelijkheden.

Er kunnen meer verschillende individuen bestaan dan dat er in het heelal atomen zijn.

Twee individuen zijn nooit genetisch identiek (behalve als het om een eeneiige tweeling gaat).



cliché KBIN

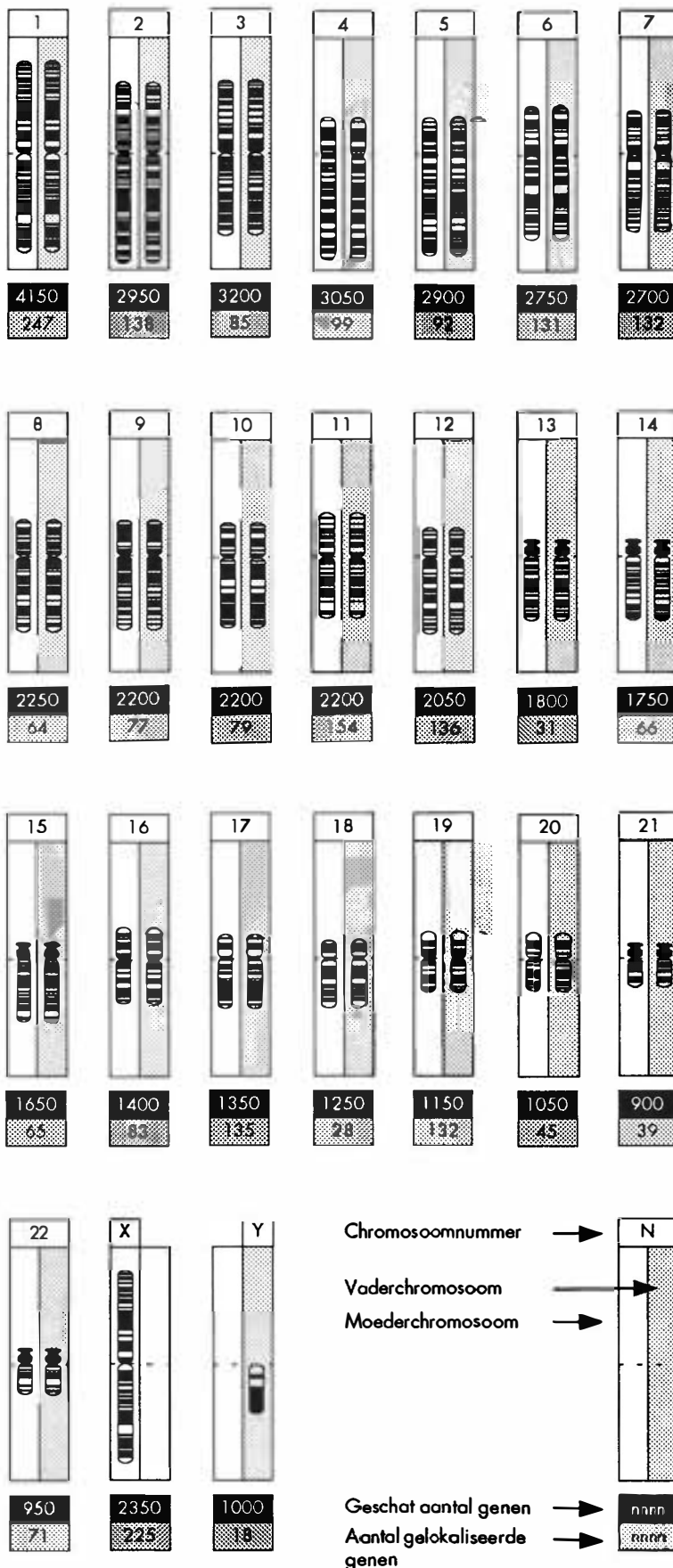
?

DE PIJLERS
VAN
HET VERSCHIL

25

Wat is een gen ?

Een gen is een fragment van een DNA-molecuul (desoxyribonucleïnezuur). Dit DNA bevat een scheikundige boodschap, geschreven in een codetaal met een alfabet dat slechts uit vier letters (A, T, C en G) bestaat. De opeenvolging van de « letters » bepaalt het karakter van elk gen. Omdat in het genetisch erfgoed elk chromosoom dubbel voorkomt, wordt elk kenmerk door een combinatie van minstens twee genen bepaald. De kenmerken op de geslachtschromosomen vormen een geval apart.



Onze 23
chromosomenparen
dragen meer dan
50.000 genen.
We kennen er nu
nauwelijks
3000...

tekening : P. Semal

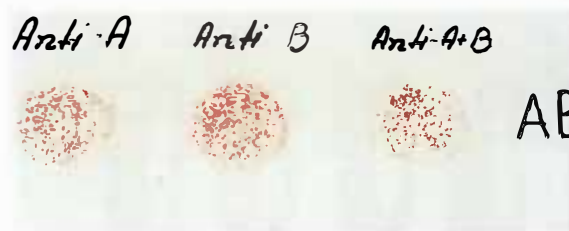
DE PIJLERS
VAN
HET VERSCHIL

VERRADERLIJKE GELIJKENISSEN

Bloed bestaat uit een vloeistof, serum, waarin twee soorten cellen rondzweven : rode bloedlichaampjes en witte bloedcellen.

Mensenbloed ziet er steeds eender uit. Maar laat u niet om de tuin leiden: niet alle bloed is gelijk !

Al of niet compatibel bloed ?



Bloeddruppels die vermengd worden met antistoffen van andere individuen. In de bovenste rij staat bloed dat samengaat. In de onderste rij staat bloed dat niet samengaat en dus klontert.

Bloed dat samengaat is compatibel

In bepaalde gevallen vermengen twee soorten bloed zich zonder problemen.

Bloed dat niet samengaat is incompatibel

In andere gevallen breekt bloed af als het met ander bloed vermengd wordt. De rode bloedcellen klonten samen en sterven af.

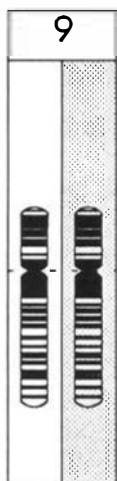
Of het bloed van twee mensen verenigbaar is, hangt af van onzichtbare moleculaire verschillen in het bloed. Die verschillen worden erfelijk bepaald.

clichés Institut Pasteur, Paris

VERBORGEN
VERSCHEIDEN-
HEID

HET ABO-SYSTEEM

De bloedgroep van een mens wordt bepaald door de combinatie van een genenpaar dat op de chromosomen nummer 9 ligt (zie bladzijde 59).

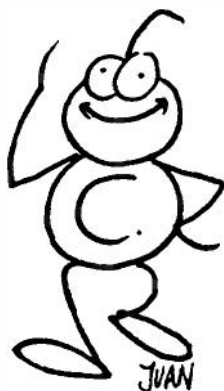


gebied waar het gen van het ABO-systeem zich bevindt.

Van dit gen bestaan drie vormen : de allelen A, B en O.

Er bestaan dus zes combinatiemogelijkheden om met drie verschillende allelen paren te vormen. Maar doordat vorm O neutraal is blijven er slechts vier bloedgroepen over :

AA	}	bloedgroep A
AO		
BB	}	bloedgroep B
BO		
AB		bloedgroep AB
OO		bloedgroep O



volgens J.J. Zaragoza
ziet een rode bloedcel
er zo uit

VERBORGEN
VERSCHEIDEN-
HEID

WIE KAN UW LEVEN REDDEN ?

Bloedgroepen scheikundig

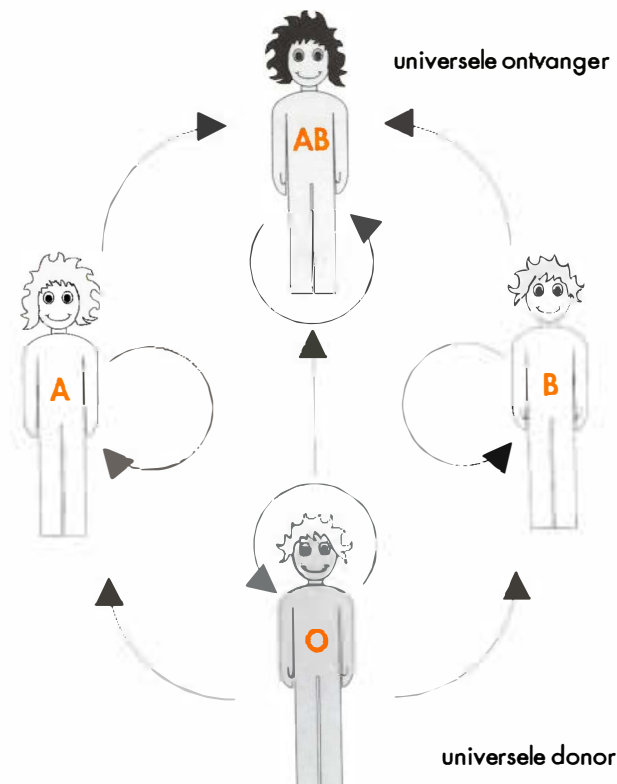
De bloedgroepeigenschappen worden bepaald door een speciale groep eiwitmoleculen die aan de oppervlakte van de rode bloedcellen liggen : de antigenen. Die vertonen lichte variaties, waaraan de verschillen in bloedgroepen te wijten zijn.

In het ABO-systeem bestaan er in hoofdzaak twee antigenen, A en B, die telkens door een ander allel gecodeerd worden. Eén vorm, het allel O, bevat de codering niet en vormt dus geen antigenen. Met die antigenen stemmen andere moleculen overeen : de antistoffen. Die zweven in het bloedserum en kunnen de antigenen herkennen.

Het ABO-systeem heeft iets merkwaardigs : iemand die één antigeen (bijvoorbeeld A) bezit, beschikt automatisch over de antistof die het andere antigeen (B) herkent. Hierop steunen de bloedtransfusieregels, want als rode bloedcellen die bijvoorbeeld antigeen A dragen, in contact komen met bloed van een ontvanger die de overeenstemmende antistof (anti-A) bezit, treedt een noodlottige samenklontering op.

Dit moeten we
absoluut weten
bij een
bloedtransfusie.

tekening : P. Semal



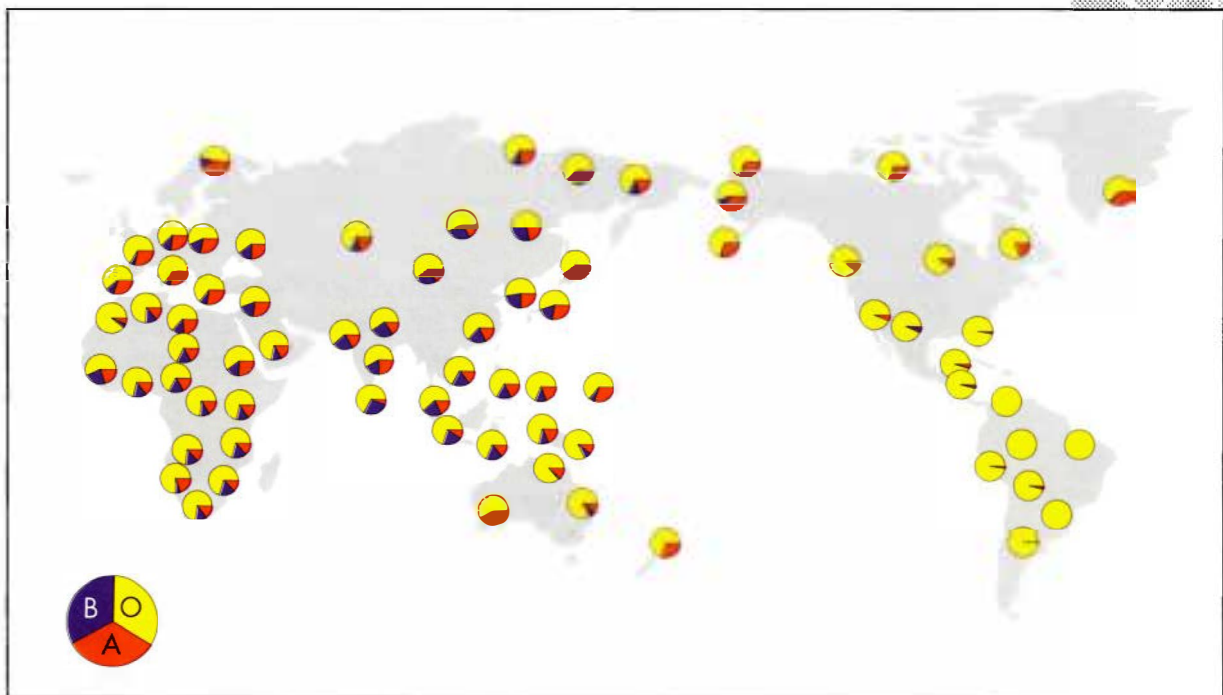
In haast alle streken van de wereld leven mensen die u bloed kunnen geven en dus in geval van nood uw leven kunnen redden. Het kenmerk «bloedgroep» van een individu heeft niets te maken met zijn uiterlijk of zijn etnische of geografische afkomst.

VERBORGEN
VERSCHEIDEN-
HEID

VERSPREIDING VAN DE GENEN A, B EN O OVER DE WERELD

Alle bevolkingsgroepen hebben de zelfde genen, maar niet in dezelfde verhoudingen....

genenpercentage bij de	A	B	O
Fransen	28,5%	5,1%	66,4%
Chinezen	17,4%	19,1%	63,5%
Quechua	1,9%	0,5%	97,6%



Verspreidingskaart met de genenfrequenties van het ABO-systeem in 73 bevolkingsgroepen.

Documenten Universiteit
Genève (LGB) en Musée de
l'Homme

VERBORGEN
VERSCHEIDEN-
HEID



DE RESUSFACTOR

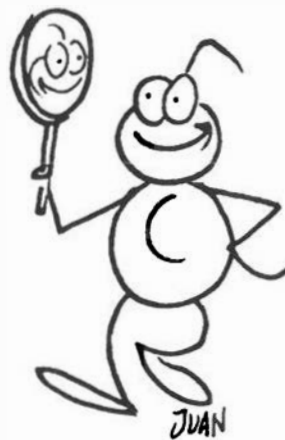
De resusfactor van een individu wordt bepaald door de combinatie van een genenpaar op de chromosomen nummer 1 (zie bladzijde 59).



Van ditgen bestaan vele vormen : de belangrijkste 7 allelen zijn R^0 (of Dce), R^1 (of DCe), R^2 (of DcE), R^2 (of DCE), r (of dce), r' (of dCe) en r'' (dcE). Er zijn 28 manieren om de 7 mogelijke allelen twee aan twee te combineren (zie de berekening op blz. 69).

Individen die **resuspositief** (+) zijn, hebben een combinatie waarin minstens één «hoofdletter R» voorkomt.
Bijvoorbeeld R^0r of R^0R^1 of R^2r' .

Individen die **resusnegatief** (-) zijn, hebben een combinatie die alleen uit twee «kleine r-en» bestaat.
Bijvoorbeeld rr' of $r'r''$.



tekening : J.J. Zaragoza

VERBORGEN
VERSCHEIDEN-
HEID

ONVERENIGBAARHEID VAN HET BLOED VAN DE MOEDER EN DAT VAN HET KIND

Verschillen die gevaarlijk kunnen zijn.

De hemofilie of bloederziekte bij pasgeborenen en de ernstige reacties die zich soms bij herhaalde bloedtransfusies voordoen, zijn het gevolg van de aanwezigheid van antigenen aan de buitenkant van de rode bloedcellen. Die molecules kwamen aan het licht bij onderzoek op resusapen en verschillen van de antigenen uit het ABO-systeem. Hun samenstelling is eveneens genetisch bepaald.

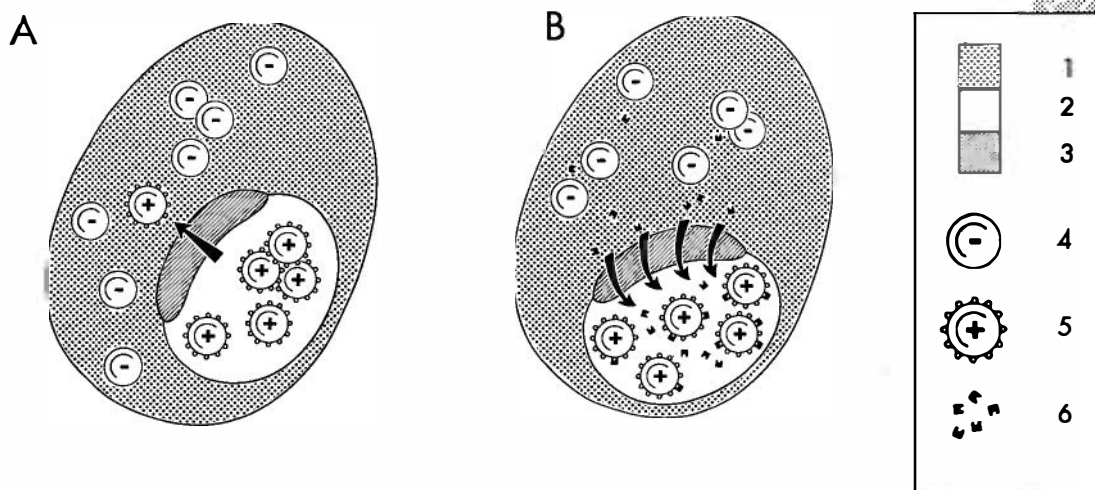
De hemolyse (afbraak van bloed) bij babys treedt op wanneer de resusfactor bij de moeder ontbreekt (zij is resus-), terwijl die bij haar eerste kind wel aanwezig is (resus+).

Bij de geboorte van een eerste kind met resus+ kan een beetje van zijn bloed in de bloedsomloop van zijn moeder belanden (fig. A), waardoor zij antistoffen tegen de resusfactor aanmaakt. Die antistoffen vormen een bedreiging, want zij kunnen in de bloedbaan van een tweede kind met resus+ terechtkomen en daar de rode bloedcellen vernietigen.

Prenataal onderzoek voorspelt deze onverenigbaarheid en een preventieve behandeling van de moeder voorkomt verdere narigheden.



cliché
H. Gyssels/DIAF



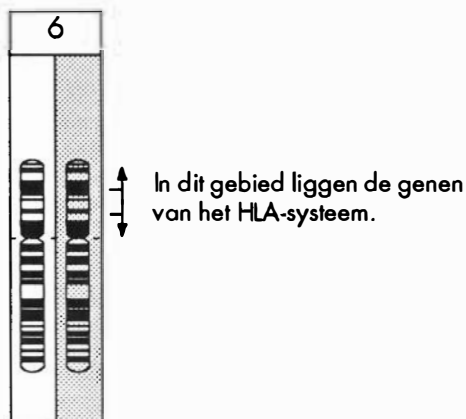
1. Moeder
2. Kind
3. Placenta
4. Rode bloedcel van de moeder (resus-)
5. Rode bloedcel van het kind (resus+)
6. Antistoffen (anti-resus+)

schema naar
Tuchmann-Duplessis

VERBORGEN
VERSCHEIDEN-
HEID

HET HLA-SYSTEEM

De HLA-groep (Human Leucocyte Antigen) van een individu wordt gedeeltelijk bepaald door de combinatie van 3 genenparen van het HLA-systeem. Die bevinden zich op de chromosomen nummer 6 (zie blz. 59).



Van elk gen bestaan talrijke allelen:

HLA-A : een twintigtal allelen

(A1, A2, A3, A11, A23, A24, A25, A26, A29, A30, A31, A32, Aw33, Aw34, Aw36, Aw43, Aw66, Aw68, Aw69, Aw74, ...).

HLA-B : meer dan veertig allelen

(B7, B8, B13, B18, B27, B35, B37, B38, B39, Bw41, Bw42, B44, B45, Bw46, Bw47, Bw48, Bw49, Bw50, B51, Bw52, Bw53, Bw54, Bw55, Bw56, Bw57, Bw58, Bw59, Bw60, Bw61, Bw62, Bw63, Bw64, Bw65, Bw67, Bw71, Bw72, Bw73, Bw75, Bw76, Bw77, ...).

HLA-C : een tiental allelen

(Cw1, Cw2, Cw3, Cw4, Cw5, Cw6, Cw7, Cw8, Cw9, Cw10, Cw11, ...).

Die varianten kunnen op 9,5 miljoen verschillende manieren gecombineerd worden. Daarom is het uiterst moeilijk om twee mensen te vinden die geen familie zijn en toch precies dezelfde HLA-combinatie van die drie genen hebben.



In ons immuunsysteem komen 2 triljoen witte bloedcellen voor. Ze kunnen met uiterste precisie antigenen herkennen. Eenmaal actief maken ze antistoffen aan die de antigeen bevattende cellen vernietigen.

volgens J.J. Zaragoza ziet een witte bloedcel er zo uit.

VERBORGEN
VERSCHEIDEN-
HEID

De HLA-genengroep legt de «chemische identiteit» vast.

Alle cellen uit ons organisme bezitten aan de oppervlakte specifieke scheikundige stoffen die mee «beslissen» of een orgaantransplantatie al of niet lukt. Die noemen we in het Engels Human Leucocyte Antigens (HLA); in het Nederlands spreken we van het hoofdhistocompatibiliteitscomplex. Dit genetische weefselcompatibiliteitscomplex geeft een soort van scheikundige identiteit aan alle cellen van het menselijk lichaam. Bij een orgaantransplantatie tussen twee mensen die precies dezelfde scheikundige identiteit hebben, treden geen afstotingsverschijnselen op. Dit is steeds het geval bij eenenige tweelingen, want die hebben beiden hetzelfde genoom en dus dezelfde antigenen. Het organisme van het individu dat het overgeplante weefsel ontvangt, merkt niet dat dit een «vreemd lichaam» is. Bij twee individuen die een verschillende scheikundige identiteit hebben, schept de transplantatie van organen een geschiktheidsprobleem, want het ontvangende organisme herkent het overgeplante orgaan als een «vreemd wezen» en wil het dan ook afstoten.

Bij orgaantransplantaties moeten we de HLA-groep absoluut kennen.

Uiterlijke gelijkheid doet er niet toe

Zoals bij bloedtransfusies speelt het uiterlijk van donor en ontvanger geen enkele rol bij orgaantransplantaties. Eén van de eerste hartoverplantingen gebeurde in Zuid-Afrika, toen de chirurg Christian Barnard het hart van een kleurling bij een blanke inplante. Dit gebeurde in 1967 : toen reeds was de apartheid tussen harten afgeschaft !

Zeldzame genetische overeenkomsten

Hoewel bij bloedtransfusies makkelijk een geschikte donor te vinden is, is dat helemaal niet het geval om twee mensen - die geen eenenige tweelingen zijn - te vinden met exact dezelfde HLA-groep. Toch is het mogelijk een orgaantransplantatie uit te voeren tussen twee mensen die een voldoende verenigbare HLA-groep hebben. Door een, soms riskante, medische behandeling kunnen afstotingsverschijnselen onderdrukt worden. Een organisatie zoals Eurotransplant zorgt ervoor dat de beschikbare en tevens verenigbare organen tot bij de patiënten gebracht worden.

Overplanting mensenhart in Kaapstad geslaagd

Kaapstad, 3 dec. (Nederl.). — Op een 55-jarige zieke werd zondag door heelkundigen van het ziekenhuis Grote Schuur in Kaapstad het hart overgeplant van een jonge vrouw, die bij een verkeersongeval was gearriveerd. De operatie duurde vijf uren. De

zieke keerde int het bewustzijn terug en, luidens het gezondheidsbericht van het ziekenhuis, was zijn toestand «bevredigend».

De patiënt, die aan een hartmisvorming leed, was een maand geleden in het ziekenhuis opgenomen en de

dokters wachtten al sindsdien op de geschikte gelegenheid om zijn hart door dat van een andere mens te vervangen. Men meende te weten dat dit de eerste geslaagde overplanting van een mensenhart in de geschiedenis van de mensheid was.

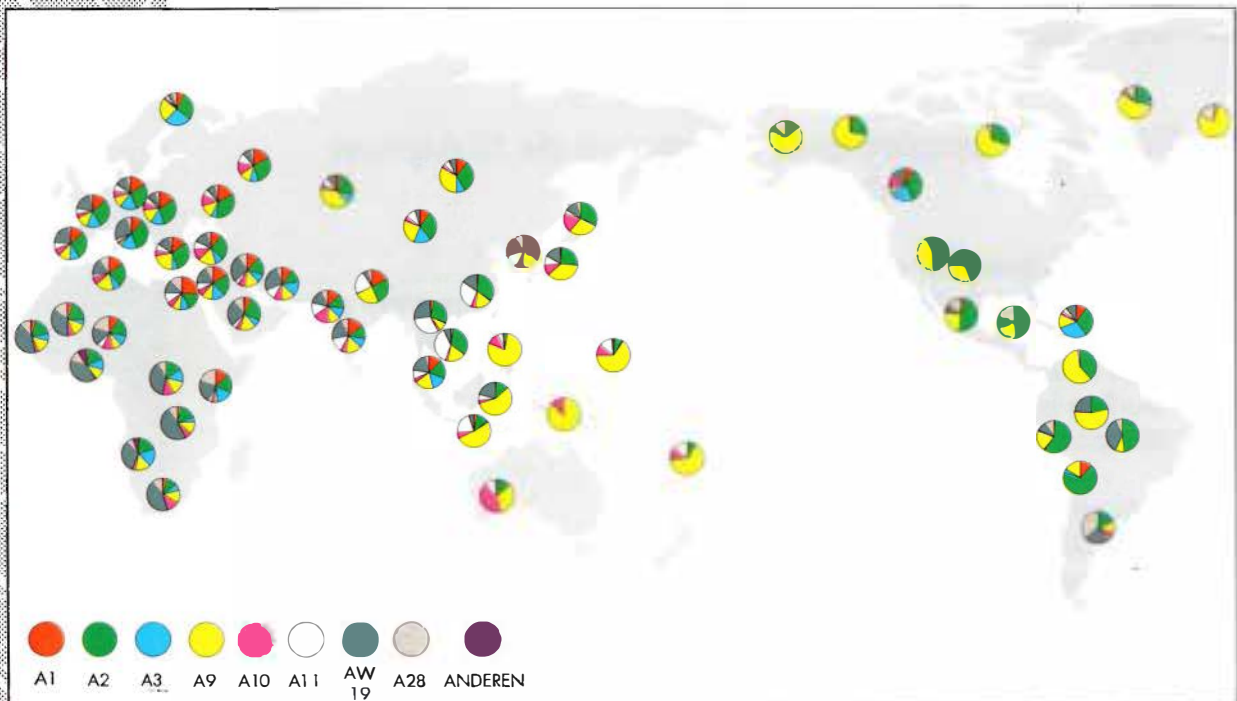
uit : "De Standaard"
van 4 december 1967

VERBORGEN
VERSCHEIDEN-
HEID

GEOGRAFISCHE SPREIDING VAN DE HLA-GENEN OVER DE WERELD

Net als bij het ABO-bloedgroepenstelsel (zie blz. 63) komen ook nagenoeg dezelfde HLA-genen voor in alle bevolkingsgroepen, maar de verhoudingen liggen helemaal anders. Deze vaststelling geldt voor haast alle genetische eigenschappen.

- Daar de genen van generatie tot generatie doorgegeven worden
- en bij ver van elkaar levende bevolkingsgroepen dezelfde genen voorkomen,
- kunnen we besluiten dat op een bepaald ogenblik alle mensen dezelfde voorouders gehad hebben.



Frequentieverdeling van de belangrijkste HLA-A-allelen bij 59 bevolkingsgroepen.

In een aantal bevolkingsgroepen komen bepaalde genetische varianten niet meer voor. Dit komt door de migratiegeschiedenis van hun voorouders en door het toeval.

Genenpercentage bij	A1	A2	A3	A9	A10	A11	Aw19	A23
Fransen	13	28	14	12	4	5	18	3
Zairezen	7	26	4	13	9	2	17	13
Japanners	1	25	1	36	10	9	15	1

MEER DAN 1,5 MILJARD MOGELIJKE COMBINATIES

Hoeveel verschillende combinaties kunnen we maken met 5 genenparen die in totaal 80 verschillende allelen bevatten ?

Antwoord : 1.591.128.000 combinaties.

Waar komt dat getal vandaan ?

Elk individu erft voor elk kenmerk een combinatie van twee allelen, die samen het **genotype** vormen.

Voorbeelden van genotypen :

AB R^0r HLA-A2 HLA-A3, HLA-B7 HLA-B44, HLA-Cw3 HLA-Cw4
OO $r'r''$ HLA-A1 HLA-Aw24, HLA-B8 HLA-B35, HLA-Cw2 HLA-Cw3

Als van een gen n varianten of allelen bestaan, zijn er $n \times (n+1)/2$ genotypen mogelijk.

Onderstaande tabel geeft het aantal mogelijke genotypen voor de hier voorgestelde genetische kenmerken.

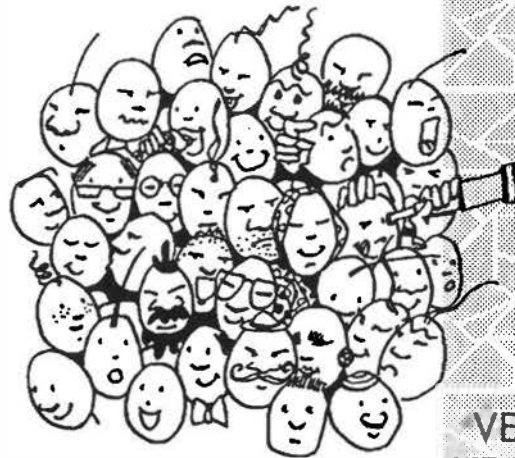
erfelijk kenmerk	aantal allelen	berekening	aantal mogelijke genotypes
ABO-systeem	3	$3 \times (3+1) / 2 =$	6
Resus-systeem	7	$7 \times (7+1) / 2 =$	28
HLA-A	20	$20 \times (20+1) / 2 =$	210
HLA-B	40	$40 \times (40+1) / 2 =$	820
HLA-C	10	$10 \times (10+1) / 2 =$	55

Met die vijf genenstelsels kunnen we ons dus $6 \times 28 \times 210 \times 820 \times 55 = 1.591.128.000$ genotypes voorstellen, dit zijn meer dan anderhalf miljard mogelijke combinaties !

Nu liggen er meer dan 50.000 genenparen op onze chromosomen...

Begin maar niet te rekenen ! Er zijn ontelbaar meer combinatiemogelijkheden dan dat er mensen op aarde leven.

Wij zijn allemaal anders !



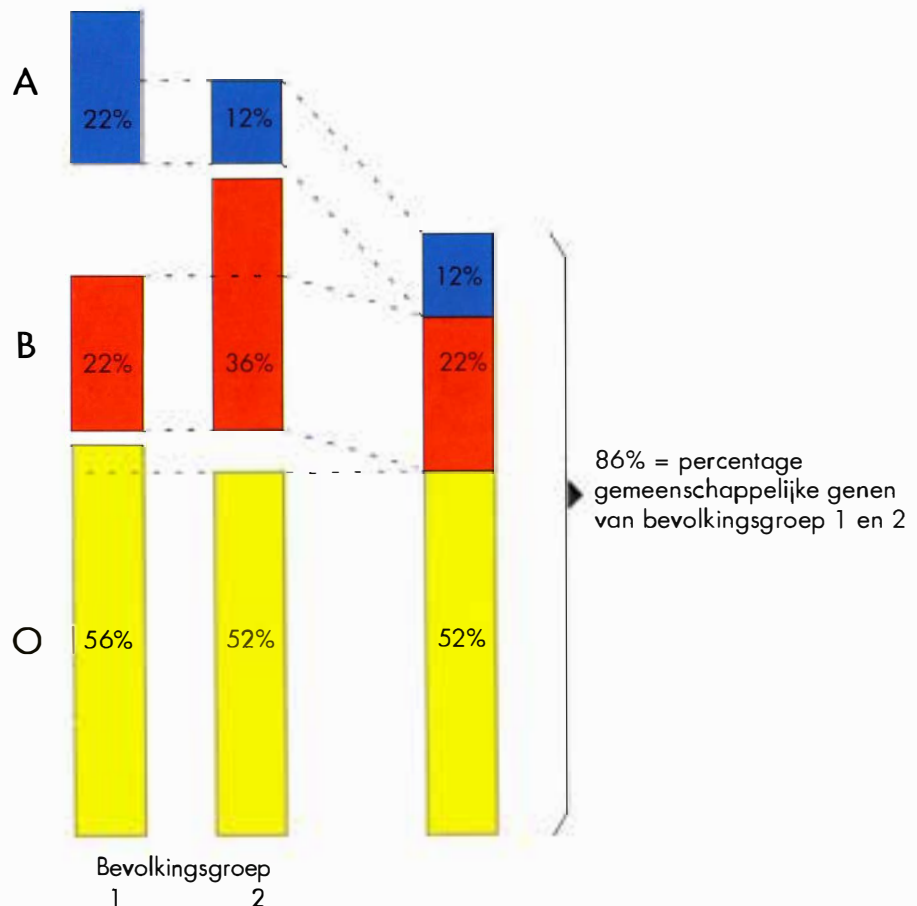
tekening
Raphaëlle Gyfi

VERBORGEN
VERSCHEIDEN-
HEID

FAMILIEBANDEN TUSSEN BEVOLKINGEN en GENETISCHE AFSTANDEN

Het genetisch net is een voorstelling van de genetische afstanden tussen bevolkingen uit de vijf werelddelen. De lengte van de lijn tussen twee populaties is omgekeerd evenredig met het aantal genen dat die groepen gemeenschappelijk hebben.

Hoe wordt de genetische afstand tussen twee bevolkingsgroepen berekend?

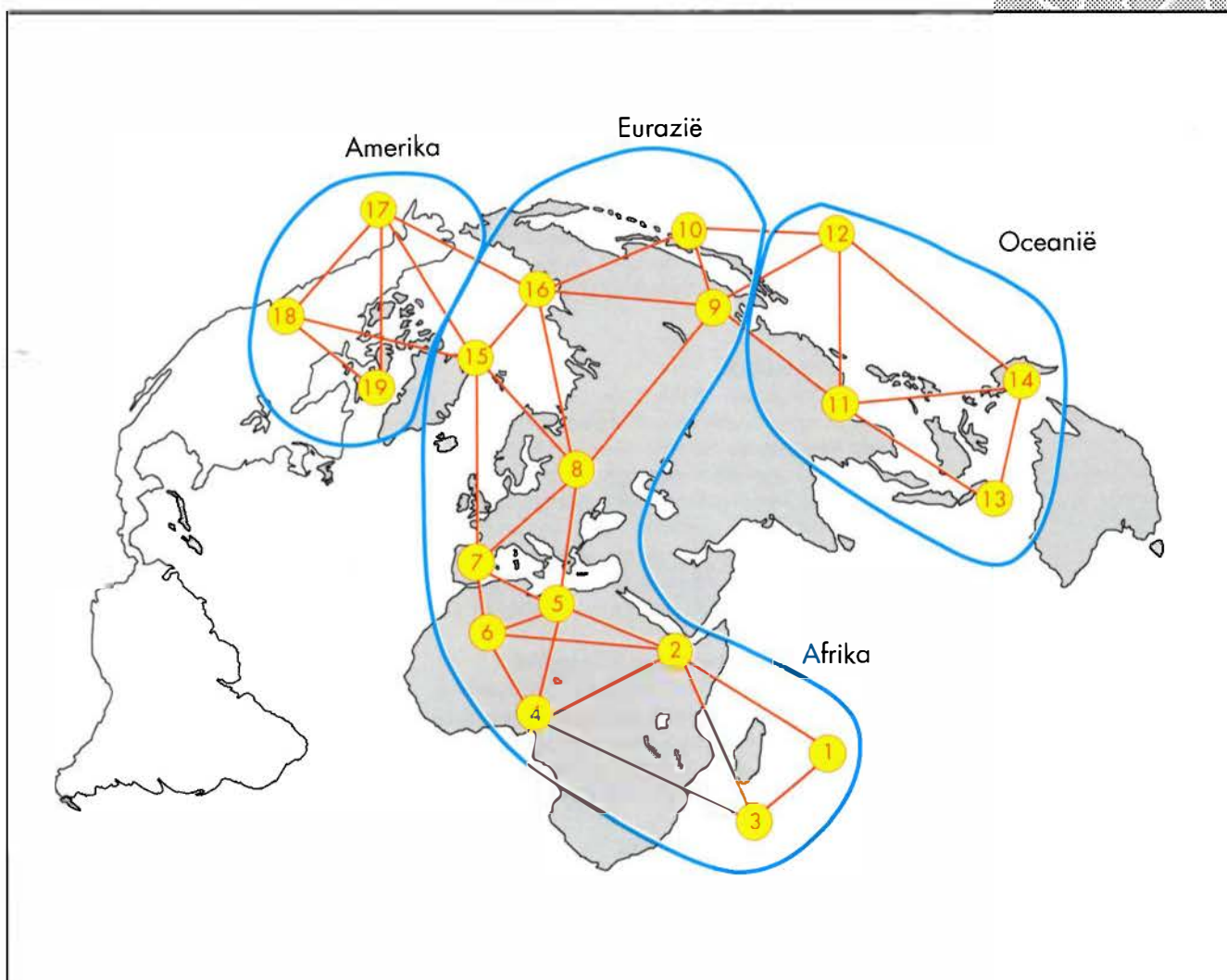


Dit voorbeeld toont hoe voor het ABO-systeem het gemeenschappelijk genenpercentage van twee bevolkingsgroepen berekend wordt.

Maken we die berekening voor veel kenmerken, dan kunnen we de genetische afstand tussen twee bevolkingsgroepen berekenen: hoe meer gemeenschappelijke genen ze hebben, hoe dichter zij genetisch bij elkaar staan.

Als we de genetische afstanden tussen 19 bevolkingen grafisch voorstellen, dan ontstaat er een net.

Genetische
verscheidenheid
en migraties

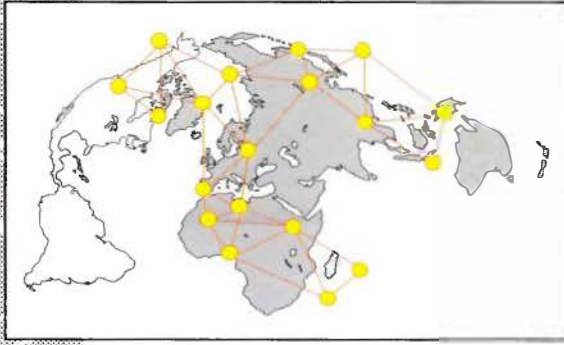


Om de genetische afstanden in dit net te berekenen, kijken we in hoever een bepaalde vorm van een gen zowel bij de ene als bij de andere populatie voorkomt. In deze grafiek houden we rekening met volgende erfelijke kenmerken : resusfactor, HLA en Gm-factor (een ander erfelijk kenmerk dat een rol speelt in ons afweersysteem).

1. Bantoes - 2. Oostafrikanen - 3. Westafrikanen - 4. Berbers - 5. Tunesiërs - 6. Europeanen
7. Turken - 8. Indiërs - 9. Chinezen - 10. Thai - 11. Melanesiërs - 12. Micronesiërs -
13. Papoea's - 14. Australische inboorlingen - 15. Koreanen - 16. Japanners - 17. Quechua
- 18. Pima - 19. Ticuna

U ziet dat de knopen van het genetisch net min of meer per werelddeel gegroepeerd zijn. De genetische afstanden tussen bevolkingsgroepen staan dus in verband met de geografische afstanden die hen scheiden.

GENEN
MAKEN
GESCHIEDENIS



FAMILIEBANDEN TUSSEN BEVOLKINGEN

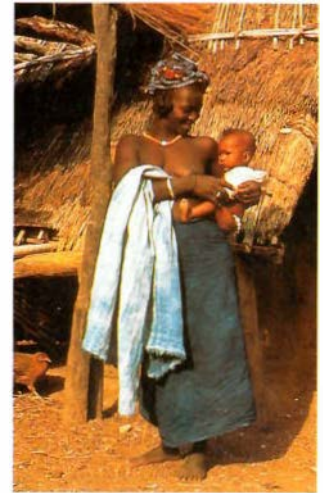
Door de genetische afstanden tussen mensenfamilies te onderzoeken, kunnen we hun geschiedenis reconstrueren en nagaan wie van wie afstamt.

1) Zuidafrikanen en 3) Westafrikanen

Hoewel ze geografisch erg ver van elkaar verwijderd leven, zijn Zuid- en Westafrikanen genetisch nauw verwant. Hun voorouders verlieten oostelijk Afrika en vestigden zich vrij onlangs, ongeveer 5 tot 6000 jaar geleden, in zuidelijk en westelijk Afrika.

2) Oostafrikanen

Oostafrikanen lijken op de vorige Afrikaanse bevolkingsgroepen, maar hebben veel genetische kenmerken gemeen met de Noordafrikanen en de inwoners van het Nabije Oosten. Hun ruime genetische verscheidenheid staat waarschijnlijk in verband met hun ongeveer 20.000 jaar oude bestaan. Er is evenwel niets bekend over mogelijke verwantschappen tussen de voorouders van de huidige Oostafrikanen en de eerste moderne mensen (zie blz. 81), die meer dan honderdduizend jaar geleden in Ethiopië leefden.



Senegalees:
(foto G. Pison)



Belgen:
(foto T. Hubin/
KBIN)

4) Berbers en 5) Tunesiërs

Talrijke erfelijke kenmerken van deze Noordafrikanen komen ook bij bevolkingen in Europa, het Nabije Oosten en Oost-Afrika voor. Generaties lang zijn er steeds uitwisselingen geweest tussen die groepen, die zo een gemeenschappelijk genenpotentieel uitgebouwd hebben.

6) Europeanen

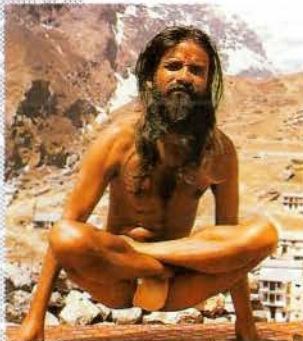
De bevolkingsgroepen uit Zuidoost-Europa lijken genetisch op die uit het Nabije Oosten. De genetische verschillen met de West- en Noord-Europeanen nemen toe naarmate die verder van de Middellandse Zee wonen. De eerste Europeanen kwamen uit het Nabije Oosten en vestigden zich tussen 45 en 35.000 jaren geleden.

7) Turken

Turken staan genetisch tussen de bevolkingsgroepen van Europa, Indië en Noord-Afrika. Hun grote genetische verscheidenheid is waarschijnlijk te danken aan hun oude afstamming. Het Nabije Oosten is, samen met Oost-Afrika, mogelijk de bakermat van de moderne mens geweest, zo'n 100.000 jaar geleden. Misschien ligt de genetische blauwdruk van de volkeren uit dit gebied wel het dichtst bij die van de eerste moderne mensen.

8) Indiërs

Hoewel ze er heel anders uitzien, lijken Indiërs genetisch sterk op de bevolkingen uit het Nabije Oosten, Noord-Afrika en Europa. Tussen Japanners en Koreanen en de bewoners van Noordoost-Indië bestaat een ononderbroken genetische band. Een dergelijke continuïteit bestaat eveneens tussen Chinezen en Indiërs uit het zuidoosten. Het Indische schiereiland was wellicht het kruispunt van waaruit de Oost Aziatische bevolking zich verspreidde.



Indiër:
(foto Leopold-III-
fonds)

GENEN
MAKEN
GESCHIEDENIS

9) Chinezen

Noordchinezen staan genetisch heel dicht bij Mongolen, Koreanen en Japanners. Zuidchinezen staan dicht bij Thai en Vietnamezen. Naar het westen toe is er ook een genetische gradiënt, wat wijst op een geleidelijk uiteenlopende ontwikkeling tijdens hun zwervtochten naar het noordoosten of naar het zuidoosten van Azië.

10. Thai en Vietnamezen

Alle bevolkingsgroepen uit Zuidoost-Azië lijken genetisch op de Zuidchinezen en zijn nauw verwant met de inwoners van Oceanië. Hoewel Thai en Vietnamezen uiterlijk niet op bepaalde Oceaniërs lijken, bewijst hun genetische verwantschap dat Oceanië vanuit Zuidoost-Azië bevolkt werd.

11) Melanesiërs en 12) Micronesiërs

Melanesiërs en Micronesiërs leunen genetisch dicht aan bij de Chinezen. Vermoedelijk kwamen zij ongeveer 6000 jaar geleden vanuit Taiwan. Ze zijn via de Filipijnen in Indonesië, op de kusten van Nieuw-Guinea en op de eilanden van Melanesië en Micronesië beland.

13) Papoea's

Uit de genetica blijkt dat de op de hoogvlakte levende Papoea's in verschillende migratiegolven uit Zuidoost-Azië zijn gekomen. De vroegste zouden minstens 50.000 jaar geleden plaatsgevonden hebben. Daar de Papoea's uit Azië stammen, berust de verklaring voor hun ander uiterlijk waarschijnlijk bij een vrij recente aanpassing aan hun omgeving.

14) Australische inboorlingen

De genetica staft de Aziatische afkomst van de aborigines of inboorlingen van Australië. Hun voorouders kwamen 50.000 jaar geleden vanuit Zuidoost-Azië in Oceanië aan. Ze zijn Australië binnentrokken tijdens een periode waarin het zeepeil veel lager was dan vandaag en er tussen Australië en Azië slechts een 90 km brede zeestraat lag.

15) Koreanen en 16) Japanners

Koreanen en Japanners zijn genetisch verwant met de inwoners van het Nabije-Oosten, Indië en China, maar ook met Indianen en Eskimo's. De genetica toont aan dat de Indianen Amerika vanuit Azië via de Beringstraat bereikten en helemaal niet via de zuidelijke Stille Oceaan zoals sommigen beweerden.

17) Quechua 18) Pima 19) Ticuna

Alle Indiaanse bevolkingsgroepen hebben een genetische band met Japanners, Koreanen en Siberiërs. Het lijkt geen twijfel dat de oorspronkelijke bevolking van Amerika via de Beringstraat uit Noordoost-Azië is gekomen. Volgens recente archeologische vondsten zou dit 50.000 jaar geleden gebeurd zijn, in plaats van 10.000 jaar, wat algemeen aangenomen wordt.



Thai



Papoea's :
(foto Leopold-III-fonds)

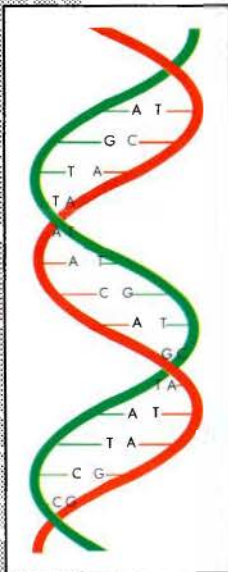


Txucaramai,
Amazonië :
(foto Leopold-III-fonds)

GENEN
MAKEN
GESCHIEDENIS

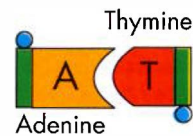
VARIATIEMECHANISMEN

Een klein verschil, grote gevolgen



DNA en genen

DNA schuilt in de kern van al onze cellen. Die lange moleculen dragen een keten van 3 miljard scheikundige letters (stikstofbasen), die voor het menselijk bestaan onmisbaar zijn. In de ketens zitten vier verschillende basen die twee aan twee als in een ritssluiting op elkaar passen.

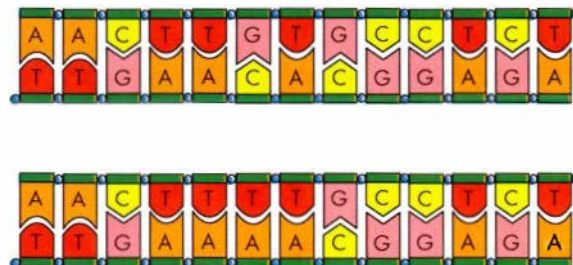


De basenvolgorde uit bepaalde stukken van de keten bevat de genetische informatie die onze erfelijke kenmerken bepaalt. Die informatiedragers noemen we genen. Minstens 50.000 genen (misschien wel 100.000) zorgen voor de ontwikkeling en de werking van al onze lichaamscellen.

Mutaties = vernieuwingen

Een enkele verandering in de basenopeenvolging in een gen kan reeds een verschil veroorzaken. Bepaalde «genetische veranderingen» brengen een eenvoudige wijziging aan in één van onze kenmerken. Ze kunnen bijvoorbeeld onze bloedgroep bepalen. Maar helaas bestaan er DNA-wijzigingen waarvan de gevolgen de goede werking van ons lichaam in het gedrang brengen : dan wordt over genetische afwijkingen of erfelijke ziekten gesproken, zoals mucoviscidose en bloederziekte.

Mutaties ontstaan toevallig. Ze komen heel zelden voor, ongeveer één keer op één miljoen gecopieerde basen. Toch is mutatie het best gekende mechanisme dat vernieuwing in de genetische blauwdruk kan teweegbrengen.



Waar zit het verschil tussen die twee DNA-strengen ?

Antwoord : Het 6de basenpaar (G-C) werd door T-A vervangen, zodat de kans op een foutieve vertaling bestaat (zie bladzijde 53).

VARIATIEMECHANISMEN

Toeval + migraties

De genetische drift

In kleine bevolkingsgroepen (van enkele tientallen mensen) zijn er slechts weinig verschillende allelen aanwezig. Daar elke ouder bij de verwekking van een kind slechts één van zijn twee genen doorgeeft, zorgt het toeval ervoor dat sommige genetische varianten niet doorgegeven worden en andere des te meer. In de loop der generaties verdwijnen varianten, maar andere komen steeds veelvuldiger voor.



Oorspronkelijke kleine bevolking

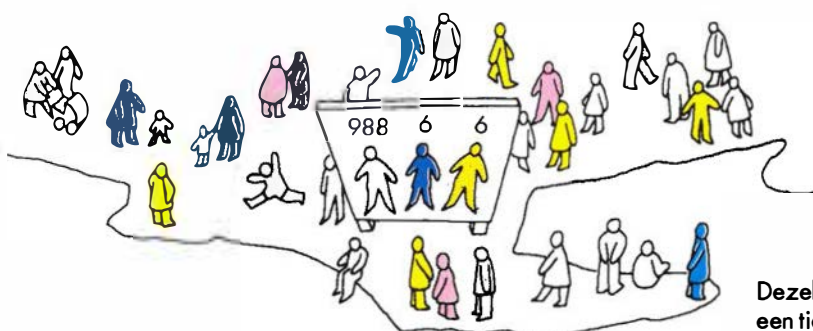
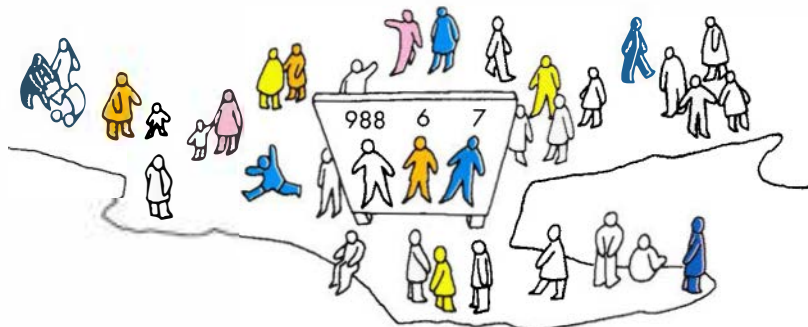


Dezelfde bevolking na een tiental generaties

In die omstandigheden is na enkele generaties het verschil in de genetische blauwdruk reeds merkbaar.

Bij grote bevolkingsgroepen blijven de genenfrequenties echter stabiel. Elke genetische variëteit komt bij genoeg individuen voor, opdat ze niet zou verdwijnen en haar frequentie door de generaties heen ongeveer gelijk zou blijven.

Oorspronkelijke grote bevolking



Dezelfde bevolking na een tiental generaties

De geschiedenis
van de
volksverhuizingen
en het toeval
bieden een
wezenlijke
verklaring voor
de genetische
verschillen
tussen
populaties.

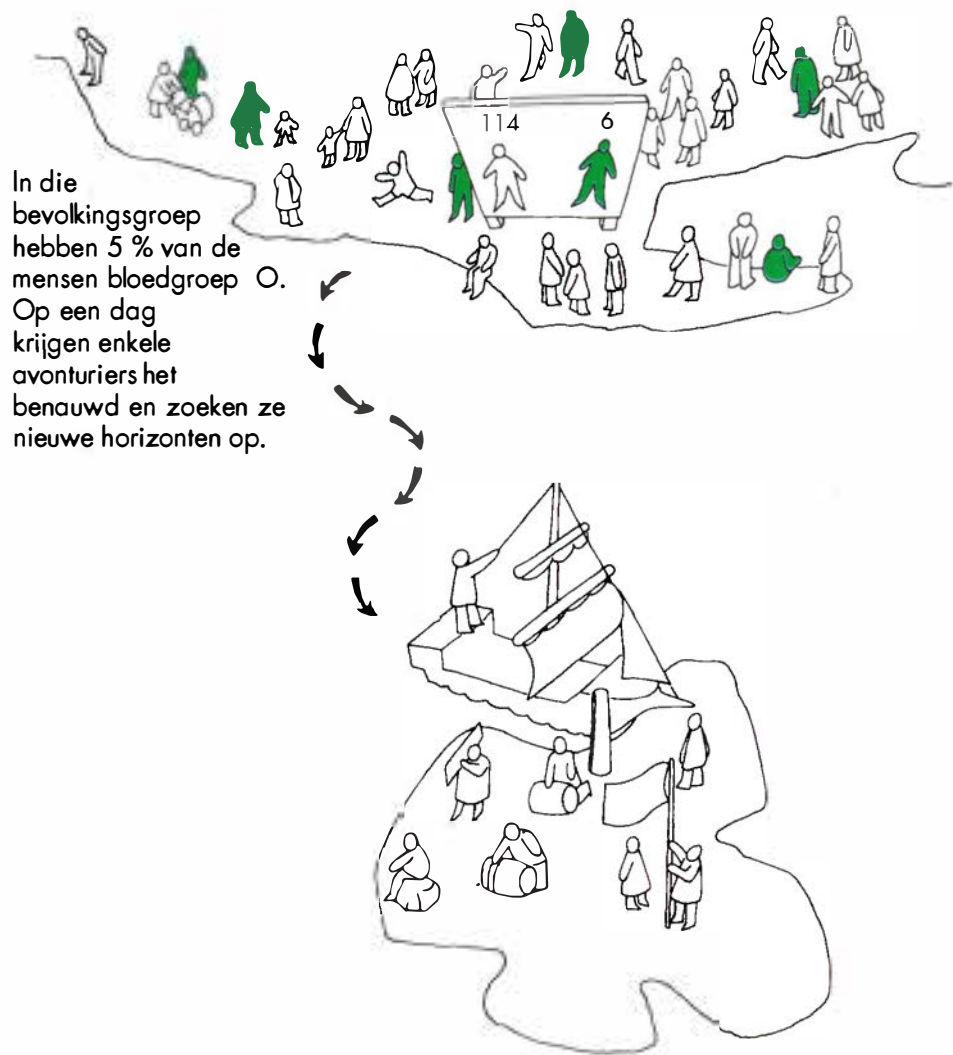
tekeningen:
H. Van Paesschen

GENEN
MAKEN
GESCHIEDENIS

Genen
op
stap

Het stichterseffect

Als een kleine groep mensen een grote bevolkingsgroep verlaat (om bijvoorbeeld vanuit het vasteland een eiland te bevolken), kunnen die mensen, door het toeval, zeldzame genen uit de «moedergroep» meenemen. Er is «genenverlies». Onder de afstammelingen van de «dochtergroep» vinden we alleen de genen die bij de migranten aanwezig waren. Zo kan de genetische blauwdruk van een bevolking erg verschillen van die van de oorspronkelijke groep, hoewel ze beide verwant zijn.



tekeningen:
H. Van Paesschen

Genen zijn volledig willekeurig over de bevolking verspreid en het toeval wil dat geen enkele avonturier bloedgroep O heeft.

GENEN
MAKEN
GESCHIEDENIS

VARIATIEMECHANISMEN

Natuurlijke selectie



Aanpassing aan het klimaat

De verscheidenheid in uitzicht tussen mensen komt doordat hun voorouders zich tijdens de prehistorie aan het milieu aangepast hebben. Lichaamskenmerken zoals huidskleur en lichaamsverhoudingen kunnen de weg naar de verwantschappen tussen bevolkingsgroepen niet wijzen. Ze verhalen alleen de klimaatgeschiedenis.

Afrikanen, Zuidindiërs, Oceaniërs en Melanesiërs hebben allemaal een heel donkere huid. Toch is op het genetisch net duidelijk te zien dat Afrikanen genetisch dichter bij de Zuideuropeanen dan bij de Indiërs of Melanesiërs staan. Europeanen, Noordchinezen en Noordamerikaanse Indianen hebben een lichte huid. Toch zijn die bevolkingsgroepen genetisch erg van elkaar verwijderd.

Hoe kunnen we deze tegenstelling verklaren ?

Lichaamskenmerken zijn onderhevig aan de grillen van het milieu. Toen de mensen in heel verschillende milieus zijn gaan wonen, zijn ze in de loop van de generaties, over tienduizenden jaren, door natuurlijke selectie veranderd.



foto :
J. Devillers-Terschuren/
KBIN

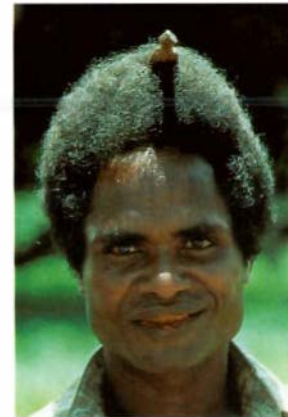
foto : P. Devillers/KBIN

GENEN
MAKEN
GESCHIEDENIS



Natuurlijke selectie van de huidskleur

links : Srilankaan
(foto : A. Langaney)



rechts : Oceaniër
(foto : G. Bréguet)

Waarschijnlijk beschermt een donkere huid tegen te felle zon. Diepliggende huidcellen hebben echter licht nodig om vitamine D te kunnen aanmaken.

In gebieden met een gematigd klimaat maken donkere huiden minder vitamine D aan dan bleke huiden. Tekort hieraan veroorzaakt rachitis, een ziekte die de beenderen verzwakt en door vitamine D-rijke voeding verholpen kan worden.

Die twee biologische verschijnselen leiden ertoe dat een donkere huidskleur zonder twijfel voordeel biedt in tropische gebieden, maar een nadeel is in een koud gematigd klimaat. Daarentegen is een lichte huidskleur nadelig in de tropen, maar voordelig in koudere gebieden.

Hoe langer bevolkingsgroepen in de laatste 50.000 jaren in tropische gebieden leefden, des te donkerder is hun huid door natuurlijke selectie geworden en hoe langer ze in die periode in een koud gematigd klimaat (zowel noordelijk als zuidelijk halfrond) leefden, des te lichter is hun huid.

links : Chinese
(foto : Belderteam/DIAF)



rechts : Belg
(foto : I. Bachy en T. Hubin/
KBIN)

GENEN
MAKEN
GESCHIEDENIS

De natuurlijke selectie van de gestalte

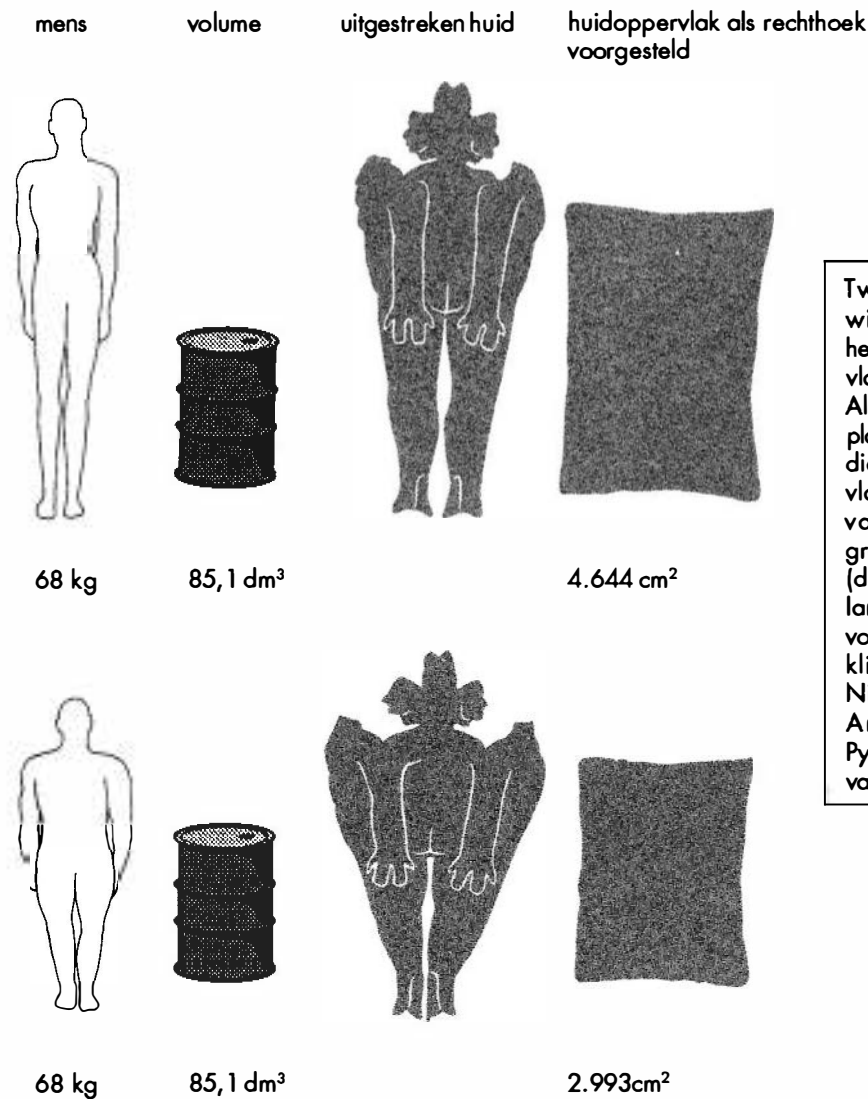
Wij moeten onze lichaamstemperatuur steeds op hetzelfde peil houden.

Als de lucht waarin we leven warm en droog is, dan kunnen we het teveel aan lichaamswarmte vooral door zweten afvoeren. Afkoeling gebeurt dus vlotter met een groter huidoppervlak. In die zin zijn lange benen nuttiger.

In het regenwoud daarentegen is de lucht zo vochtig, dat zweten weinig zoden aan de dijk zet. Dan is het voordelig zo klein mogelijk te zijn, om een gunstige verhouding huidoppervlak/lichaamsvolume te verkrijgen.



Niloot in een
woestijngebied
(uit Biasutti)



Twee mensen met gelijk gewichten volume kunnen een heel verschillend huidoppervlak hebben.

Als we de huid van de langste plat zouden strijken, zou die een veel groter oppervlak hebben dan de huid van de kortste. Met een groter afkoelingsoppervlak (door te zweten) heeft de langste van de twee een voordeel in het hete droge klimaat van het Boven-Nijldal.

Anderzijds geniet de Pygmeë in het regenwoud van zijn kleine gestalte.

GENEN
MAKEN
GESCHIEDENIS

VERSCHEIDENHEID DOOR DE TIJD HEEN

Mutaties, natuurlijke selectie, migraties en toeval speelden (en spelen nog steeds) een rol bij de evolutie van alle levende wezens, dus ook bij onze voorouders.

Mensen anders dan wij



Australopithecus
4 - 1,3 miljoen jaar



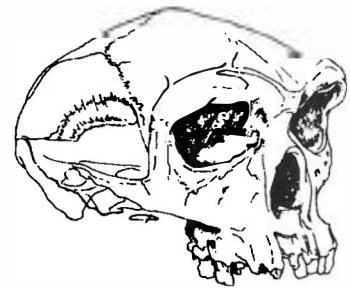
Homo erectus
1.700.000 - 200.000 jaar



Homo sapiens neanderthalensis
150.000 - 35.000 jaar



Homo habilis
2,2 - 1,7 miljoen jaar



«archaische» *Homo sapiens*
500.000 - 100.000 jaar

Mensen zoals wij
(zie hiernaast)

tekeningen : C. Dekeijser

GENEN
MAKEN
GESCHIEDENIS

Mensen zoals wij, al 100.000 jaar lang

Fossielenonderzoek wijst uit dat de oudste skeletten van mensen die op ons lijken, ongeveer 100.000 jaar oud zijn. Ze werden gevonden in het Midden-Oosten, in Noordoost-Afrika en in Zuidoost-Afrika.

Paleontologen beschouwen alle mensen met een skelet dat niet van dat van de nu levende mensen onderscheiden kan worden als moderne mensen.

Stel u voor dat de man van Qafzeh een modern pak zou kunnen aantrekken en de metro nemen, dan zou niemand opkijken. Het is één van de eerste *Homo sapiens sapiens*.



De mens van Cro-Magnon

Homo sapiens sapiens

Een van de eerste immigranten in Frankrijk

Stamt ongetwijfeld uit het Midden-Oosten

Jager-plukker

Vindplaats : Dordogne (Frankrijk)

Ouderdom : ongeveer 40.000 jaar

Cultuur : Boven-Paleolithicum



De gravin van Egmont

Homo sapiens sapiens

Gemalin van een van de beste veldheren uit de 16de eeuw

Herkomst : Beieren, geëmigreerd naar de Nederlanden

Ouderdom : 465 jaar



De mens van Qafzeh

Homo sapiens sapiens

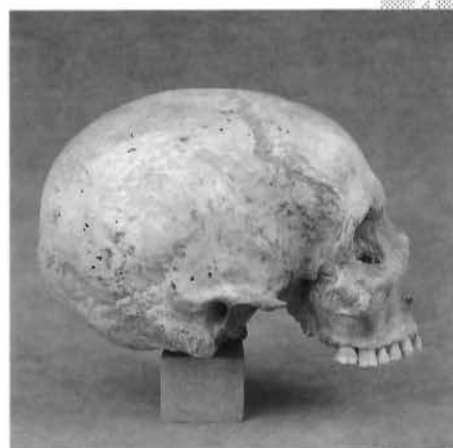
Een heel vroege rechtstreekse voorouder van de 5 miljard mensen die nu leven.

Jager-plukker

Vindplaats : Midden-Oosten

Ouderdom : tussen 90.000 en 100.000 jaar

Cultuur : Midden-Paleolithicum



De mens van Furfooz

Homo sapiens sapiens

Een van de eerste Belgische boeren

Vindplaats : Furfooz (provincie Namen)

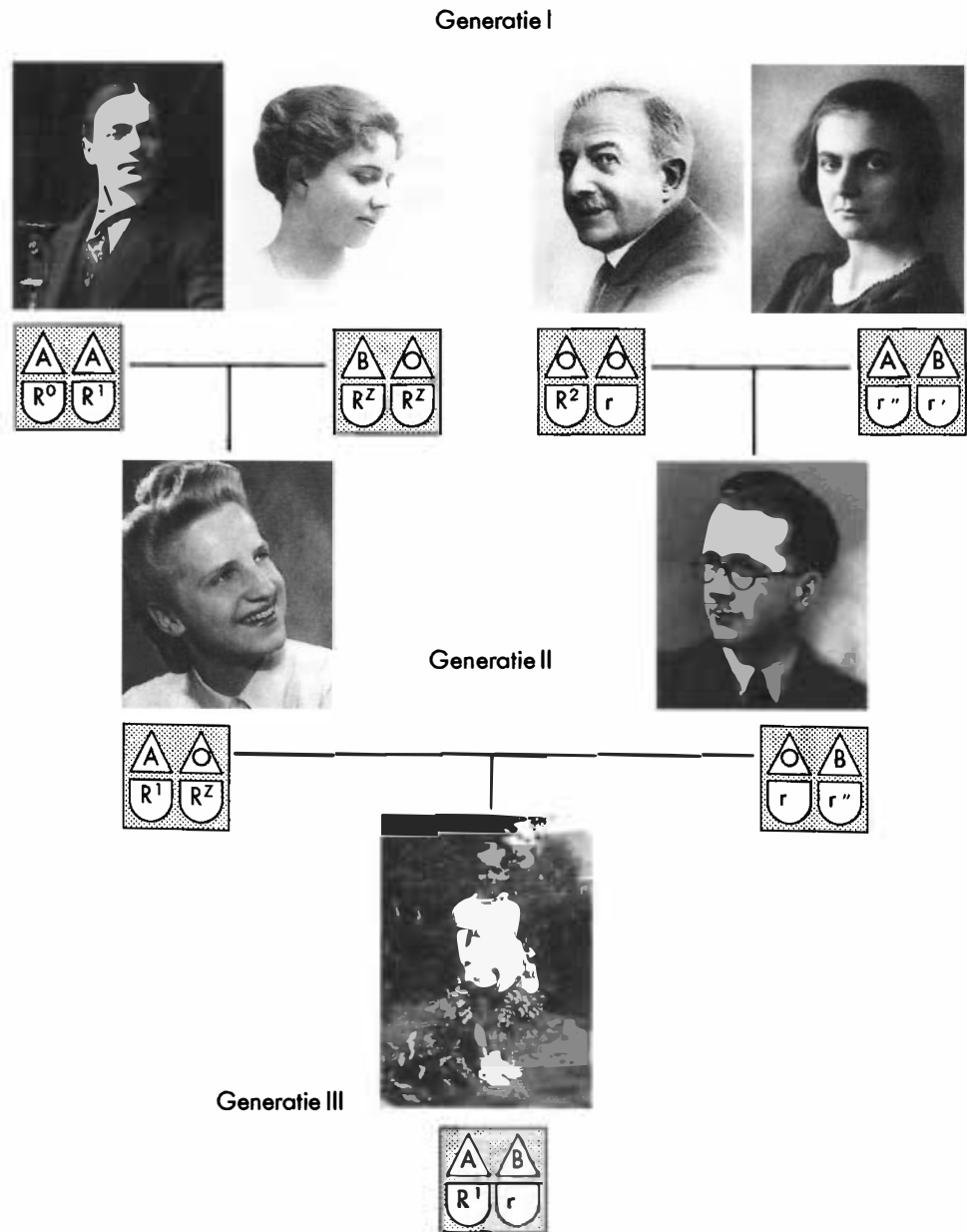
Ouderdom : 4.500 jaar

Cultuur : Neolithicum

GENEN
MAKEN
GESCHIEDENIS

INDIVIDUEN VERGAAN, GENEN BLIJVEN BESTAAN...

Genen gaan over van ouders op kinderen, van generatie op generatie. Hierbij volgen ze de erfelijkheidswetten. Ze stammen uit lang vervlogen tijden en staven de verwantschappen tussen mensen.



Van welke grootouder erfde het jongetje van generatie III het allel B? En het allel R¹?

Antwoord: Allel B komt van zijn grootmoeder van vaderskant; allel R¹ komt van zijn grootvader van moederskant.

HET RAADSEL VAN DE GROTE PIRAMIDE

Maak uw eigen stamboom

2 ouders

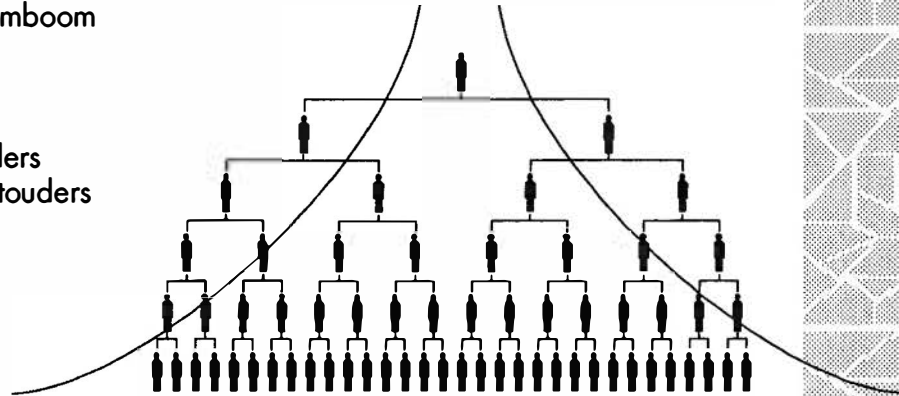
4 grootouders

8 overgrootouders

16 betovergrootouders

32 betoudovergrootouders

enz...

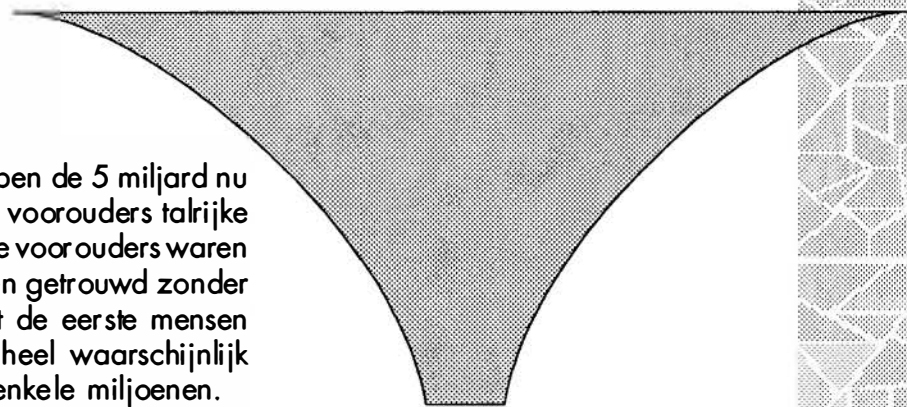


36 generaties geleden, rond 1100, in de tijd van Godfried van Bouillon, zouden er op die manier 2^{36} of bijna 69 miljard voorouders van ieder van ons geleefd hebben.

80 generaties geleden, in het begin van onze tijdrekening, zouden 2^{80} of ongeveer 10^{24} (dit is een 1 met 24 nullen) voorouders van ieder van ons geleefd hebben.

Dit valt moeilijk te rijmen met het feit dat in de tijd van Godfried van Bouillon slechts enkele honderden miljoenen mensen leefden en dat de wereldbevolking pas omstreeks 1820 de kaap van 1 miljard overschreed.

In werkelijkheid hebben de 5 miljard nu levende mensen hun voorouders talrijke malen gemeen. Onze voorouders waren vaak met familieleden getrouwd zonder het te weten... want de eerste mensen waren met weinig, heel waarschijnlijk met niet meer dan enkele miljoenen.



Twee individuen worden als bloedverwant beschouwd als ze een gemeenschappelijke voorouder hebben. Alle nu levende mensen zijn in zekere mate bloedverwant, want ze stammen allemaal van dezelfde verre voorouders af :

Wij zijn allemaal familie !

GENEN
MAKEN
GESCHIEDENIS

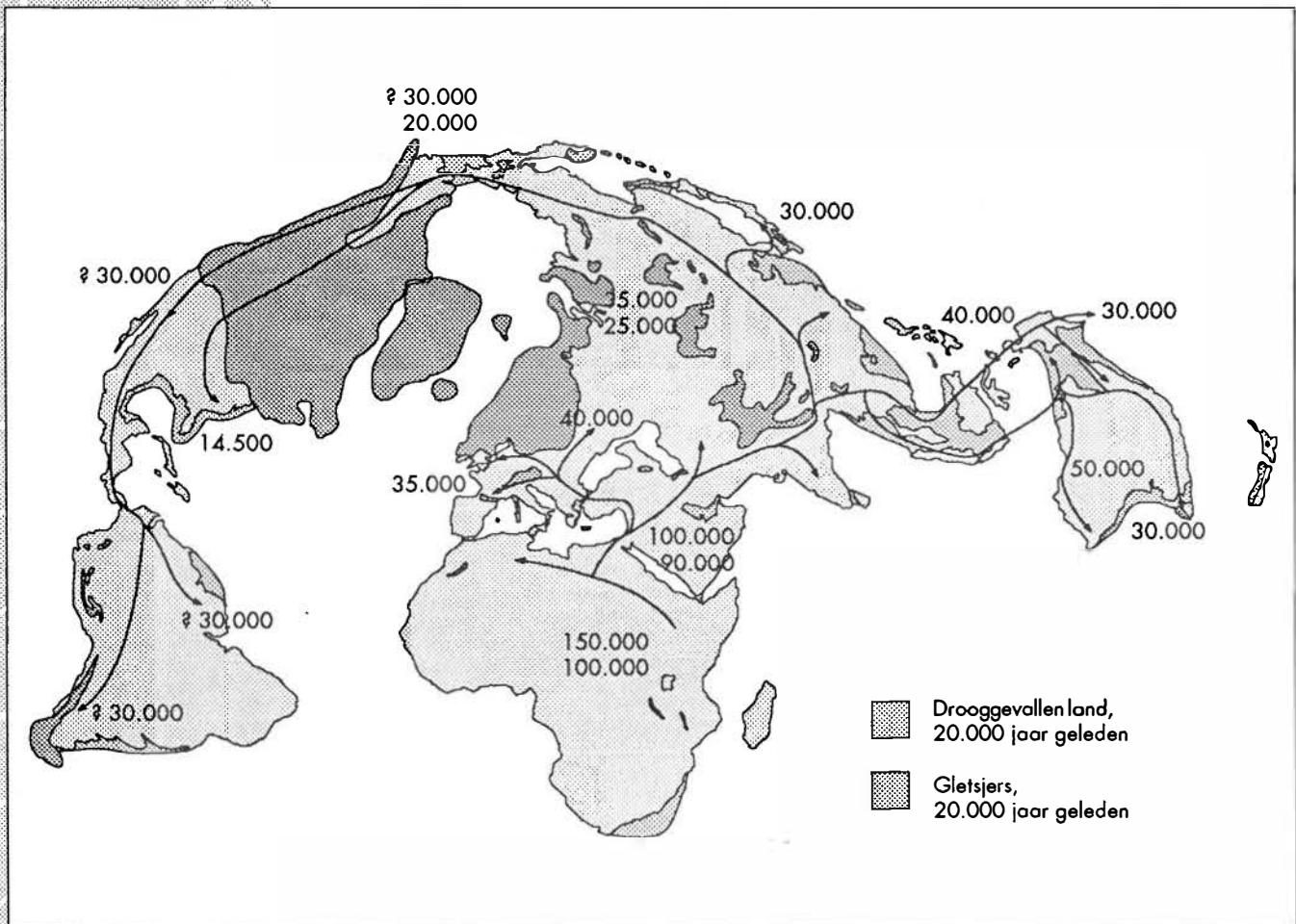
DE MENS VEROVERT DE AARDE

In de loop van de laatste 100.000 of 150.000 jaren hebben 80 miljard mensen de aarde bewoond. Met uitzondering van eenige tweelingen zijn er nooit twee geweest die de zelfde genetische blauwdruk hadden. Het mogelijk aantal verschillende individuen is groter dan het aantal atomen in het heelal.

Migraties van de moderne mens

De afstammelingen van de stamouders van de 5 miljard nu levende mensen hebben geleidelijk aan heel de wereld bevolkt. Hoe dit vermoedelijk verlopen is, kunnen wij achterhalen door de gegevens van de populatiegenetica, de paleontologie en de taalkunde naast elkaar te leggen.

kaart : P. Semal



HET RASSENSUKKELSTRAATJE

Kunnen mensen gerangschikt worden ?



1



2



3



4



5



6

Uit welk land komen deze 6 VN-ambtenaren ?

Antwoord : 1 : Japan 2 : Madagascar 3 : Italië 4 : Tunesië 5 : Indië 6 : Mauritius

Wedden dat u niet veel juiste antwoorden heeft ?

U heeft die mensen volgens min of meer intuïtieve criteria proberen te rangschikken. Maar volgens de gekozen normen zal u steeds verschillende antwoorden vinden.

Lichaamskenmerken veranderen geleidelijk van het ene volk naar het andere. De mensheid is één en verscheiden : ze kan niet in nauwkeurig afgelijnde groepen worden verknijpt.

teksten : D. Cohen,
R. Orban en
N. Hubert van Blijenburgh

naar M. Harris, 1980

?

HET
RASSEN-
SUKKELSTRAATJE

48

Mensen rangschikken : een oud verhaal

Sedert de 18de eeuw streefden vele wetenschappers ernaar categorieën te maken en rassen te omschrijven.

Het aantal rassen die ze meenden te onderscheiden schommelde tussen 2 en 400. Dit gamma aan meningen hierover toont aan dat de «rassen» dooreenlopen en dat wie elke mens in een strikt omschreven categorie wil onderbrengen, zichzelf iets wijsmaakt.

Op het einde van de 18de eeuw was de grote Zweedse natuurvorser Linnaeus één van de eersten die een indeling van de mens in vier rassen voorstelde. Hierbij hanteerde hij niet alleen anatomische, maar ook culturele maatstaven.

uit: Natuurlyke Historie of
Uitvoerige Beschryving der
Dieren, Planten en
Mineraalen, Volgens het
Samenstel van den Heer
Linnaeus. Met naauwkeurige
Afbeeldingen. Eerste Deels
Eerste Stuk. Van den Mensch
en eenige Zoogende Dieren.
Te Amsterdam,
By F. Houffuyn, MDCCLXI

De AMERIKAAN is rood van Huid, Galagtig <sup>De Ameri-
kaan.</sup> van Temperament, regt van Gestalte. Hy heeft zwart, regt, dik Hair; wyde Neusgaten; het Aangezicht vol Sproeten; de Kin omtrent Baardeloos. Hy is hardnekkig, vrolyk, vryheid-minnende. Hy schildert zyn Lyf met roode Streepen. Hy wordt geregeerd door de Gewoonte.

De EUROPEERS zyn blank van Vel, bloedryk <sup>De Euro-
peer.</sup> en lyvig van Gestel. Zy hebben geclagtige lange Hairlokken: de Oogen blaauw. De aart is wispelturig, vernuftig, bekwaam tot uitvindingen. Zy draagen Kleederen, die digt om 't Lyf sluiten. Zy worden door Wetten geregeerd.

De ASIAANEN zyn bruin van Vel, zwartgal- ^{De Asiaan.} lig, taay van Leden. Zy hebben zwart Hair en graauwe Oogen. Zy zyn streng van aart, beminnde de pragt en praal, en Geldgierig. De Kleederen hangen hun los om 't Lyf. Zy worden door Gevoelens geregeerd.

<sup>De Afri-
kaan.</sup> De AFRIKAANEN zyn zwart van Huid, en van een slap waterig Temperament. Zy hebben zwart, onderengedraaid, Wollig Hair op 't Hoofd; de Huid zagt als fluweel; de Neus plat opgewipt en dikke Lippen. De Vrouwen hebben lang neerhangende Borsten. Deeze Menschen zyn boosaartig, luy, agteloos; zy besmeeren hun Lighaam met Vettigheid, en worden door Willekeur geregeerd.

De waardeoordelen die Linnaeus in zijn classificatie gebruikt, zijn op culturele maatstaven gebaseerd en getuigen van de toen heersende vooroordelen.

In de oude rangschikkingen werd geen onderscheid gemaakt tussen biologische kenmerken en willekeurig omschreven vaardigheden of geesteskenmerken.

HET
RASSEN-
SUKKELSTRAATJE

Op het einde van de 19de eeuw en in het begin van de 20ste eeuw hebben prehistorici en antropologen zich suf gezocht naar de voorouders van zogezegde «rassen». Ze meenden die te vinden tussen de mensenfossielen uit het Boven-Paleolithicum die toen in West-Europa ontdekt werden.

Zo werd de mens van Cro-Magnon (Dordogne, Frankrijk) beschouwd als de voorouder van de «blanken», de mens van Grimaldi (Ligurië, Italië) als voorouder van de «zwarten» en de mens van Chancelade (Dordogne, Frankrijk) als voorouder van de eskimo's (de «gelen»).



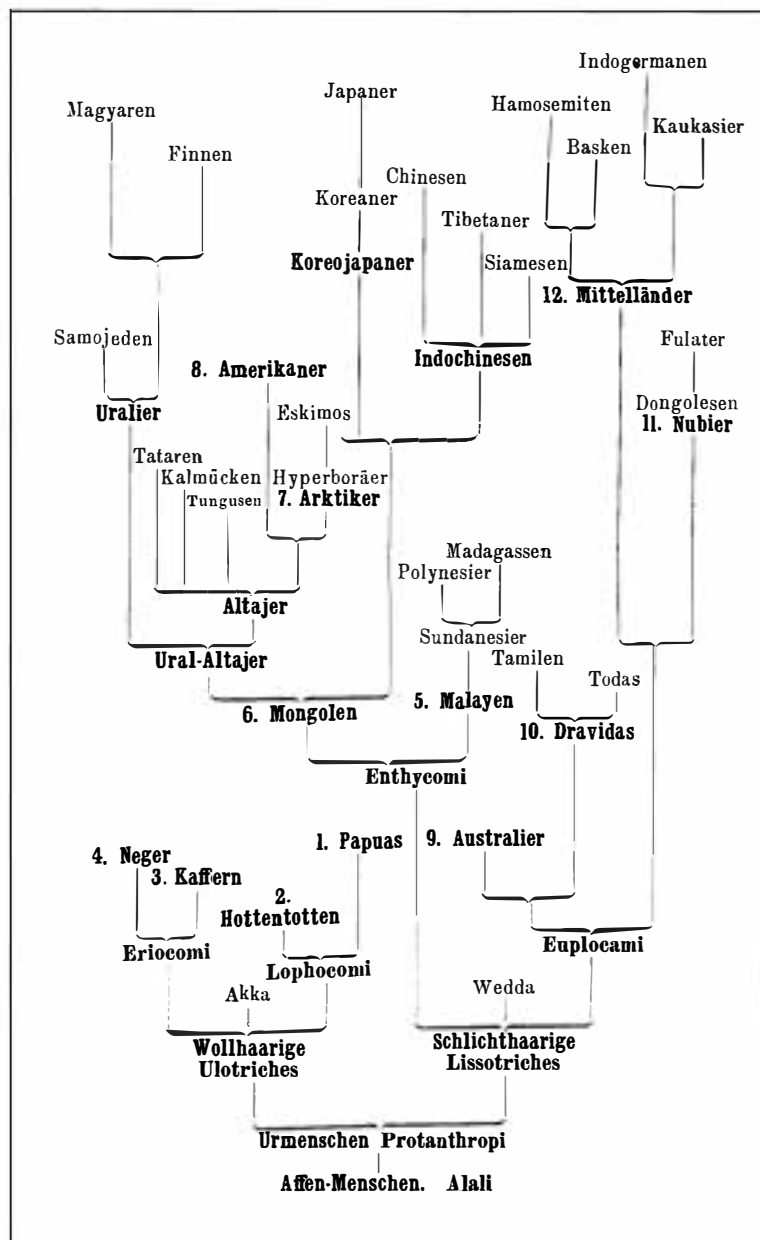
Borstbeelden door Mascré (rond 1913); links : «negroïde van Menton» (mens van Grimaldi); rechts «laponoïde brachycephaal van Grenelle».

Nu weten we dat een zwarte huid het gevolg is van een aanpassing aan het tropenklimaat. Het is misschien wel grappig te bedenken dat ze de oorsprong van de zwarte bevolkingsgroepen in West-Europa legden, en dan nog in volle ijstijd !

foto :
I. Bachy en T. Hubin/
KBIN

HET
RASSEN-
SUKKELSTRAATJE





In 1898 publiceerde Ernst Haeckel een stamboom van de mens waarin hij de idee verdedigde dat de mensen ver in het verleden een gemeenschappelijke voorvader hadden. Maar Haeckel voerde ook een hiërarchie tussen de «mensenrassen» in. «Rassen» onderaan de tabel stonden het dichtst bij de «aapmensen». Die bovenaan waren het verst ervan verwijderd. Voor de Duitser Haeckel sprak het vanzelf dat de «Indogermanen» aan de top van die stamboom stonden.

Het gevaar bij rangschikkingen

Op zich is er niets op tegen om mensen in groepen onder te brengen. Het gevaar schuilt erin dat bij die rangschikking waardeoordelen een rol gaan spelen, wat ernstige politieke, sociale en economische gevolgen kan hebben. Voorbeelden moeten we niet ver zoeken : de behandeling van de zwarten, de volkerenmoorden op Armeniërs, Joden en Zigeuners, de apartheid en de etnische zuiveringen.

EEN ENKELE SOORT, ALLEMAAL FAMILIE

Wetenschappelijk onderzoek van onze verschillen en gelijkenissen wijst uit dat er slechts twee natuurlijke biologische categorieën mensen bestaan :

de soort en het individu

Lichaams- en genetische verschillen tussen de mensen zijn verwaarloosbaar. Er bestaan geen biologische hinderpalen tussen mensen.

In principe kunnen eender welke vrouw en eender welke man samen kinderen krijgen. Op hun beurt kunnen die kinderen ook kinderen krijgen. Individuen die aan deze regel voldoen, behoren tot dezelfde soort.

«Soort» is een natuurlijk begrip



Een ezelen een paard kunnen nakomelingen hebben : muil dieren en muilezels. Maar die kunnen geen veulens hebben : ze zijn onvruchtbaar. Bijgevolg behoren paard en ezel niet tot dezelfde soort.

«Ras» is een kunstmatig begrip

Door eeuwenlange intensieve teelt konden huisdierrassen geschapen worden (bijvoorbeeld Siamese katten of Sint-Bernardshonden). Bij de mens bestaat er geen kunstmatige teelt. Het begrip «ras» is op hen nooit toepasbaar geweest, want genenuitwisselingen tussen verschillende bevolkingsgroepen zijn van alle tijden.

MILJARDEN INDIVIDUEN, ALLEMAAL ANDERS



foto : Gilles Batz en de
Koning Boudewijnstichting

ALLEMAAL
ANDERS,
ALLEMAAL
FAMILIE

GENEN, TALEN EN VOLKENGESCHIEDENIS

Italiaanse onderzoekers bestudeerden de genen van de nu levende bevolkingsgroepen. Ze jaagden daarbij duizenden gegevens door de computer. Dit leverde onder andere deze drie kaarten op, die de genetische verscheidenheid in Europa in beeld brengen.



Een eerste gradiënt verloopt van zuidoost naar noordwest. Die genenstroom komt overeen met de verspreiding van de landbouw. Tussen 10.000 en 4.000 jaar geleden trokken de neolithische boeren uit het Nabije Oosten waarschijnlijk heel langzaam verder, waarbij ze zich beetje bij beetje met de plaatselijke bevolking vermengden.



Een tweede gradiënt gaat van noord naar zuid en toont een verband van de genenfrequenties met twee andere factoren. Eerst is er de breedtegraad: waarschijnlijk is er een aanpassing aan het klimaat geweest. Een tweede factor is de taal; in Europa tekenen zich twee grote taalgroepen af: de Oeralische (Lappen, Samoëden) en de Indo-Europese talen.



Een derde gradiënt van oost naar west kan misschien verklaard worden door een migratie vanuit de Euraziatische steppen, misschien de uitbreiding van de Koergan-cultuur ongeveer 6.000 jaar geleden?

Het genenonderzoek toont aan hoe volken zich met hun burens vermengen, ondanks aardrijkskundige (bergen, zeeën...), culturele en taalkundige hinderpalen. De geschiedenis zelf verklaart een groot deel van de menselijke verscheidenheid.

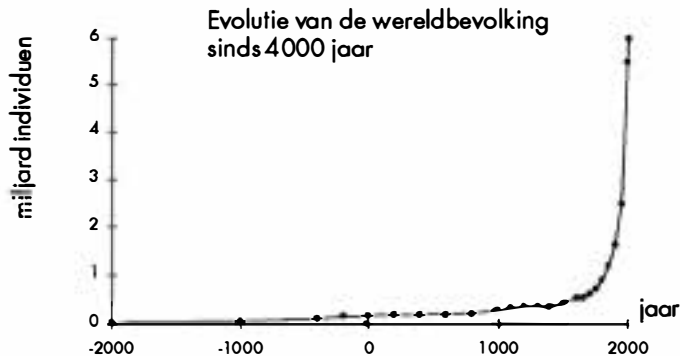
Cavalli-Sforza, Menozzi en Piazza, (© 1993 Princeton University Press)

BIOLOGIE
EN
CULTUUR

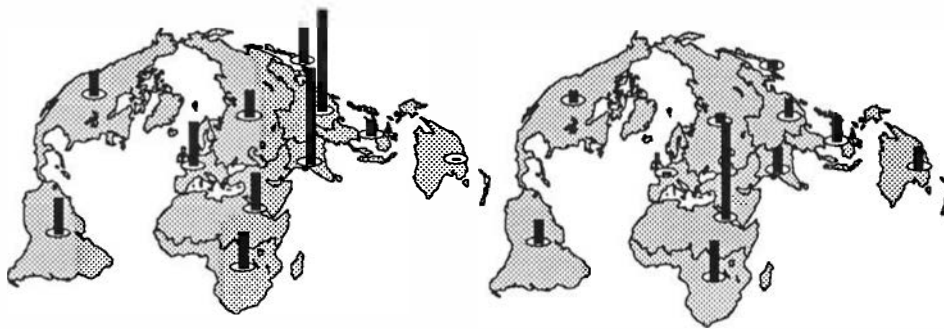
51

EEN BEVOLKINGSEXPLOSIË

Wij zijn met 5,5 miljard mensen, waarvan meer dan de helft in Azië leven. In 2000 zullen wij met meer dan 6 miljard zijn en in 2050 met meer dan 10 miljard. In 1900 had de wereld ongeveer 1,5 miljard bewoners en in 1950 om en bij 2,5 miljard. In één eeuw is het aantal mensen op aarde meer dan verviervoudigd.



De bevolkingsgroei vormt een probleem voor heel onze planeet, maar niet alle gebieden hebben in dezelfde mate met dit verschijnsel te maken. De derde wereld neemt de hoofdmoot van die groei voor haar rekening en zal in 2050 meer dan 85 % van de wereldbevolking binnen haar grenzen



Spreiding van de wereldbevolking

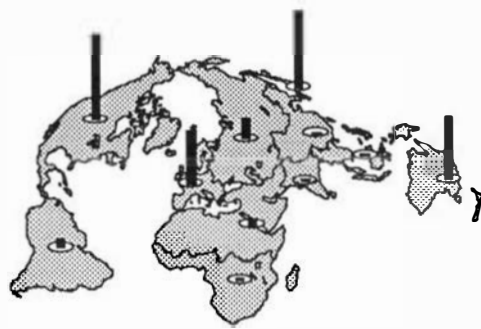
Groeï van de wereldbevolking

Ontwikkeling en geboortecijfer

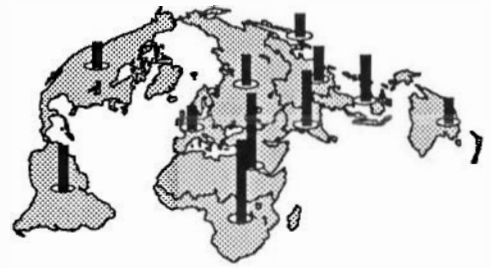
Ook de westerse landen kenden een sterke bevolkingsgroei. Tussen 1800 en 1950 hadden verbeterde levensomstandigheden en hygiëne het sterftecijfer doen dalen. De Europese bevolking steeg in 150 jaar van 180 miljoen tot 515 miljoen mensen. Het geboortecijfer daalde daarna langzaam tot het ongeveer met het sterftecijfer overeen stemde. Een toestand met hoge sterfte- en grote geboortecijfers ging over in een toestand met lage sterfte- en lage geboortecijfers. De daling van het aantal geboorten lijkt verband te houden met de ontwikkeling en de verbetering van de levensstandaard. Over het algemeen is het welvaartspeil omgekeerd evenredig met het geboortecijfer.

tekst, grafieken en kaarten :
P. Semot

BIOLOGIE
EN
CULTUUR



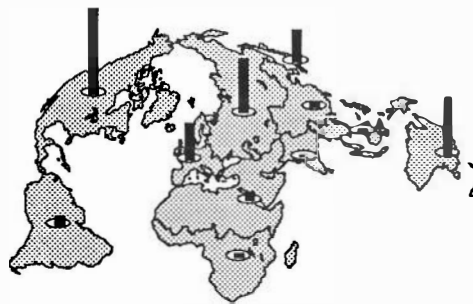
BNP per inwoner



Aantal kinderen per vrouw

Vooruitzichten

Volgens sommigen gaan de landen van de Derde Wereld dezelfde ontwikkeling tegemoet als de westerse landen. Na een stevige bevolkingsgroei zal hun geboortecijfer gaan dalen. Die veronderstelling gaat uit van een snelle «westerse» ontwikkeling van die landen. Maar die westerse landen, die slechts een kwart van de wereldbevolking uitmaken, leggen beslag op 85 % van de natuurlijke rijkdommen en verbruiken evenveel energie- en grondstoffen. Is het ecosysteem van onze planeet opgewassen tegen 10 miljard mannen en vrouwen die er een «westerse» levenswijze op nahouden ?



Energieverbruik per inwoner

Anderen vinden dat ontwikkeling slechts in verscheidenheid kan gebeuren. Ze moet samengaan met een rechtvaardiger verdeling van de rijkdom tussen Noord en Zuid. Zijn wij bereid om, in naam van de wereldsolidariteit, bepaalde voordelen af te staan ?

Het bevolkingsprobleem is veruit de grootste uitdaging van de komende decennia. Een evenwicht dringt zich op, maar welk ?

AANBEVOLEN LITERATUUR

LANGANEY, A., 1988. Les Hommes, passé, présent, conditionnel. Armand Colin, Parijs : 253 blz.

LANGANEY, A., HUBERT VAN BLIJENBURGH, N. en SANCHEZ-MAZAS, A., 1992. Tous parents, tous différents. Ed. Raymond Chabaud, Bayonne, Frankrijk : 71 blz. (Nederlandse vertaling door Focus Research, verkrijgbaar in de Groene Winkel van het Museum).

LEWONTIN, R.C., 1985, Menselijke verscheidenheid, het spel van erfelijkheid, milieu en toeval. Natuur en Techniek, Maastricht, Nederland, 178 blz. (degelijk werk, maar soms ietwat verouderde gegevens).

Voor enkele bladzijden vonden wij inspiratie bij :

BENOIT BUNICO 3, 1990. Le merveilleux dans sa banalité. Z'édicions et succ., Nice (voor blz. 41 tot 46 en blz. 48).

HARRIS, M., 1980. Culture, people, nature. An introduction to general anthropology. Harper & Row, New York (voor blz. 85).

In de informatheek van het Instituut vindt u een speciale stand met heel wat boeken en tijdschriften over het onderwerp van de tentoonstelling.

INHOUD

Plattegronden	blz. 8
Inleiding (paneel 1)	blz. 10
Vestiaire (paneel 2)	blz. 11
Biometron (panelen 3 tot 20)	blz. 12
Hoe zitten wij ineen ? (panelen 21 tot 24)	blz. 37
De pijlers van het verschil (panelen 25 tot 27)	blz. 50
Verborgen verscheidenheid (panelen 28 tot 36)	blz. 60
Genen maken geschiedenis (panelen 37 tot 47)	blz. 70
Rassensukkelstraatje (paneel 48)	blz. 85
Allemaal anders, allemaal familie (panelen 49 en 50)	blz. 89
Biologie en cultuur (panelen 51 en 52)	blz. 90





LE SOIR



De Standaard
Informatie op uw niveau.



Museum van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen