



# DIERKUNDE: MORFOLOGIE EN SYSTEMATIEK

Prof. dr. ir. Joris Michiels  
Ing. Katrijn Ingels

Opleiding Bachelor in de Biowetenschappen  
Academiejaar 2020–2021



Foto voorpagina: *Larus ridibundus* L. (kokmeeuw)

Cursusnota's aangeboden door:

Vakgroep Dierwetenschappen en Aquatische Ecologie  
Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen  
Campus Coupure, blok F, 1ste verdieping  
Coupure Links 653  
9000 Gent

Tel. 09 264 9001

Email. [joris.michiels@ugent.be](mailto:joris.michiels@ugent.be)

Email. [katrijn.ingels@ugent.be](mailto:katrijn.ingels@ugent.be)

# DIERKUNDE: MORFOLOGIE EN SYSTEMATIEK

Prof. dr. ir. Joris Michiels

Ing. Katrijn Ingels

Opleiding Bachelor in de Biowetenschappen  
Academiejaar 2020–2021

# Inhoud

Studiefiche	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Richtlijnen theorie	6
Lesschema	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 1: Introductie tot systematiek der dieren en terminologie	7
1.1. Het belang van een classificatiesysteem	7
1.2. Soort of species als basis van classificatie	15
1.3. Lichaamsvorm en soorten symmetrie	17
1.4. Metamerisatie of segmentatie	17
1.5. Polymorfisme	18
1.6. Directe en indirecte ontwikkeling van organismen	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
1.7. Criteria voor toenemende complexiteit	18
1.8. Verschillende vormen van samenleven van organismen	19
Hoofdstuk 2: Eéncellige eukaryoten – Groep Protozoa	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 3: Sarcomastigophora	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 4: Apicomplexa of Sporozoa (sporediertjes)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 5: Ciliophora of Ciliata (wimperdiertjes)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 6: Animalia, méércelligheid en embryonale ontwikkeling	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
6.1. Ontstaan van méércelligheid	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
6.2. Klieving en vroege embryonale ontwikkeling	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
6.2.1. Bevruchting en klieving	
6.2.2. Gastrulatie en ontstaan van lichaamsholten	
6.2.3. Organogenese	
Hoofdstuk 7: Porifera (sponsen)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
7.1. Kenmerken	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
7.2. Lichaamsvormen	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
7.3. Systematische classificatie	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 8: Cnidaria (neteldieren)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
8.1. Kenmerken	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
8.2. Lichaamsvormen	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
8.3. Systematische classificatie	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 9: Ctenophora (ribkwallen)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 10: Plathelminthes (platwormen)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
10.1. Kenmerken	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
10.2. Systematische classificatie	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>

10.3. Typevoorbeelden van platwormen	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 11: Nematoda (draadwormen)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
11.1. Kenmerken	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
11.2. Systematische classificatie en beschrijving van enkele parasieten	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
<b>niet gedefinieerd.</b>	
Hoofdstuk 12: Rotifera (raderdierpjes)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 13: Mollusca (weekdieren)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
13.1. Algemene kenmerken	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
13.2. Systematische classificatie	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 14: Annelida (ringwormen)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
14.1. Kenmerken	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
14.2. Systematische classificatie	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 15: Onychophora (klawdragers)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 16: Arthropoda (geleedpotigen)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
16.1. Kenmerken	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
16.2. Systematische classificatie	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 17: Chelicerata	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 18: Crustacea (schaaldieren)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 19: Uniramia	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
19.1. Kenmerken	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 20: Bryozoa (mosdierpjes)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
20.1. Kenmerken	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
20.2. Systematische classificatie	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 21: Echinodermata (stekelhuidigen)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
21.1. Kenmerken	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
21.2. Systematische classificatie	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 22: Chordata (chordadieren): kenmerken en Groep Acrania	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
<b>gedefinieerd.</b>	
22.1. Inleiding	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
22.2. Systematische classificatie	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
22.3. Subfylum Urochordata of Tunicata (manteldieren)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
<b>gedefinieerd.</b>	
22.3.1. Anatomie en leefwijze	
22.3.2. Systematische classificatie	
22.4. Subfylum Cephalochordata (schedellozen)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
22.4.1. Anatomie	
22.4.2. Voortplanting en ontwikkeling	
22.4.3. Typevoorbeeld	

Hoofdstuk 23: Euchordata of Vertebrata (gewervelden)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 24: Condrichthyes (kraakbeenvissen)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 25: Osteichthyes (beenvissen)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 26: Amphibia (amfibieën)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 27: Reptilia (reptielen)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 28: Aves (vogels)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>
Hoofdstuk 29: Mammalia (zoogdieren)	<b>Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.</b>



# Hoofdstuk 1: Introductie tot systematiek der dieren en terminologie

---

## 1.1. *Het belang van systematiek en classificatie*

Het rijk van de dieren wordt ontegensprekelijk gekenmerkt door een bijzonder grote diversiteit in vormen en levenswijze. Deze diversiteit op een overzichtelijke manier voorstellen lijkt dan ook een bijzonder grote uitdaging. De systematiek houdt zich hier mee bezig. **Systematiek** kan omschreven worden als de leer van de rangschikking van organismen en de reconstructie van fylogenetische relaties. Als deel van de systematiek geldt **classificatie**; het samenbrengen van organismen die verwant zijn in groepen of categorieën. De wetenschap van de studie van de principes die leiden tot classificatie, de systematische ordening en naamgeving van organismen is het werkveld van de **taxonomie**.

Classificatie is dus het samenbrengen in categorieën van die organismen die verwant zijn. Dit is uiteraard zo logisch als het maar kan, maar de praktische uitwerking van een systeem tot classificatie stelt heel wat meer problemen dan men op het eerste zicht zou vermoeden. Eén van de eerste benadering voor classificatie bestond erin die organismen in één categorie samen te brengen die leefden in hetzelfde habitat (= ecologische omgeving van dieren). Dat zijn dan die dieren die één belangrijk kenmerk gemeen hebben, bv. kunnen zwemmen. Volgens deze benadering worden snoek, pinguïn, zeehond en dolfijn samen geïnclassificeerd. Deze organismen hebben analoge organen, d.w.z. organen met gelijke functie. Dit wordt het criterium van **analogie** genoemd. Echter, naarmate de anatomie der dieren beter en beter bestudeerd werd, werd het duidelijk dat de gelijkenissen in habitat en in analoge organen dikwijls maar heel oppervlakkig waren. Toen bleek dat pinguïns eieren legden en die uitbroeden, dat zeehond en dolfijn zoogdieren waren, werd duidelijk dat de dieren met analoge organen dikwijls veel grotere verschillen vertoonden dan gelijkenissen. Analogie is dus een zeer wankele basis voor classificatie.

Het was de briljante Zweedse natuuronderzoeker Carolus Linnaeus (1707-1778) die voor het eerst inzag welke criteria voor gelijkenis werkelijk in aanmerking kwamen om er een algemeen geldende classificatie te kunnen op bouwen. Zijn systeem wordt de **natuurlijke classificatie** genoemd. In 1753 publiceerde Linnaeus in zijn 'Systema Naturae' eerst een classificatie van de toen bekende planten en in 1758 van de dieren. Linnaeus wordt de vader van de taxonomie genoemd. Zijn classificatie steunt op het principe van **homologie**. Homologe organismen hebben dezelfde basisstructuur, staan in dezelfde relatie met andere organen en ontwikkelen tijdens de vroege embryogenese volgens hetzelfde patroon. Zij moeten niet noodzakelijk dezelfde functie hebben. De arm van de mens, de voorpoot van het paard, de vleugel van de vleermuis, de borstvin van de bruinvis, de voorpoot van de kikker vertonen hetzelfde pentadactiele basispatroon en zijn dus homologe organen (zie figuur in presentatie: humerus: opperarmbeen; ulna: ellepijp; radius: spaakbeen; carpalia: handwortelbeentjes; falangen: vingerkootjes). Het is duidelijk dat een classificatie gesteund op homologie beter is dan een gesteund op analogie. Een dergelijke benadering wordt ook duidelijk onderschreven door de latere bevindingen van Charles Darwin (1809-1882). Volgens Darwin is een classificatie gesteund op homologe organen in feite een classificatie die gesteund is op verwantschap, en aldus in zekere mate een weergave is van de fylogenie. Darwin was de idee toegedaan dat alle wezens met homologe organen met elkaar verwant zijn en hun homologe organen geërfd hebben van de gemeenschappelijke voorouder. Dus hebben volgens Darwin's theorie de mens, het paard, de vleermuis, de bruinvis en de kikker alle éénzelfde voorouder, die de pentadactiele



basisstructuur van het voorste lidmaat reeds bezat. Het is deze structuur die bovenvermelde dieren gemeenschappelijk hebben.

Volgens de natuurlijke classificatie is de basis de **soort of species**. Soorten worden gegroepeerd op basis van gemeenschappelijke essentiële eigenschappen in geslachten, geslachten in orden en orden in klassen, enzovoort. Dieren zijn dus gerangschikt in een oplopende reeks groepen met verhoogde inclusie. Een **taxonomische categorie of taxon (mv. taxa)** is dus een niveau in deze hiërarchische classificatie. De zeven verplichte taxa bij beschrijving van elke soort zijn: regnum (rijk), fylum (stam), classis (klasse), ordo (orde), familia (familie), genus (geslacht) en species (soort). Alle méércellige dieren worden geplaatst in regnum Animalia. Elke belangrijke rang kan verder worden onderverdeeld in kleinere niveaus van taxa zoals superklasse, suborder, enzovoort. Meer dan 30 taxonomische rangen worden nu erkend. De oorspronkelijke natuurlijke classificatie van Linnaeus was zeer beperkt en is sindsdien drastisch gewijzigd, maar het basisprincipe wordt nog steeds gevolgd. In de tabel hierna wordt het voorbeeld van de gewone meikever (*Melolontha melolontha*) en van de bruine kikker (*Rana temporaria*) weergegeven. De vet getypte taxa zijn de fundamentele, algemeen in gebruik zijnde en minimale taxa, de niet vet geptye taxa zijn de intermediare taxa.

Taxonomische categorie	Taxon	gewone meikever	bruine kikker
<b>Rijk</b>	<b>Regnum</b>	Animalia	Animalia
Onderrijk	Subregnum	Eumetazoa	Eumetazoa
Afdeling	Divisio		
<b>Stam</b>	<b>Fylum</b>	Arthropoda	Chordata
Onderstam	Subfylum	Uniramia	Euchordata
<b>Klasse</b>	<b>Classis</b>	Insecta	Amphibia
Onderklasse	Subclassis	Pterygota	
Kohorte	Cohors	Holometabola	
Superorde	Superordo		Batrachia
<b>Orde</b>	<b>Ordo</b>	Coleoptera	Anura
Onderorde	Subordo	Polyphaga	Neobatrachia
Superfamilie	Superfamilia	Scarabaeoidea	Ranoidea
<b>Familie</b>	<b>Familia</b>	Scarabaeidae	Ranidae
Onderfamilie	Subfamilia		
Stam	Tribus		
Onderstam	Subtribus		
<b>Geslacht</b>	<b>Genus</b>	<i>Melolontha</i>	<i>Rana</i>
Ondergeslacht	Subgenus		<i>Rana</i>
<b>Soort</b>	<b>Species</b>	<i>melolontha</i>	<i>temporaria</i>
Ondersoort	Subspecies		

(bron: www.ncbi.nlm.nih.gov/Taonomy)

Zoals uit dit voorbeeld blijkt, geeft de methode der natuurlijke classificatie direct de voornaamste kenmerken aan die de bedoelde species bezit. Alleen door het fylum te noemen waartoe een dier behoort weet men al dat het al de kenmerken van dat fylum bezit, enz. Deze natuurlijke classificatie is in zekere mate een uitdrukking van de ware fylogenetische relaties tussen verschillende groepen. Classificatie levert echter zeker geen bewijs voor de evolutie; in het meest gunstige geval kan zij een indicatie geven hoe verschillende stappen in de evolutie op elkaar volgden. De grote trends in de evolutie zijn duidelijk. Hier wordt verder op ingegaan in onderstaande tekst.

Reeds voor de biologie een echte wetenschappelijke basis had, werden voorstellen gedaan om organismen in te delen in groepen. Zoals eigenlijk voor de hand lag verdeelde een vroege classificatie de organismen in twee hoofdgroepen. Van de tijd van Aristoteles tot laat in de 19<sup>de</sup> eeuw werd elk levend organisme ingedeeld in ofwel het plantenrijk (**regnum Plantae**): de groene organismen die zichzelf niet konden voortbewegen, of in het dierenrijk (**regnum Animalia**): de niet groene organismen, wel in staat zich voort te bewegen. Paddestoelen vormden al direct een probleem.

Toen in de 17<sup>de</sup> eeuw Anthony van Leeuwenhoek (1632-1723), de beroemde Nederlandse lenzenlijper, en na hem nog vele andere microbiologen de wereld der micro-organismen ontdekten, werd de classificatie nog heel wat moeilijker. Deze duizenden organismen hadden immers noch de typische kenmerken van planten, noch die van dieren. Zij ontdekten ook organismen zoals *Euglena* die zowel kenmerken van planten als van dieren hadden. *Euglena* spp. zijn beweeglijk en kunnen voedseldeeltjes opnemen zoals dieren, maar hebben ook chloroplasten en doen dus aan fotosynthese zoals planten. In 1866 stelde de Duitse bioloog Ernst Haeckel (1834-1919) voor een derde rijk in te voeren, **regnum Protista**, waarin die organismen geïnclassificeerd worden die noch in het planten- noch in het dierenrijk thuishoren (meestal ééncellige organismen). Wegens het ontbreken van een verregaande differentiatie en specialisatie van de cellen tot weefsels stelde Herbert Copeland (1902-1968) voor de hogere fungi en de hoger ontwikkelde méércellige wieren te verenigen met de ééncelligen in het Regnum Protista. Bacteriën en blauwwieren; die tot deze groep werden gerekend, vertonen evenwel grote verschillen met de overige organismen uit dit rijk. Het zijn immers prokaryotische organismen (geen celkern, plasmiden, kleine cellen ...). Samen met de spirochetten, de mycoplasma's (geen celwand) en de rickettsiae werden de bacteriën en blauwwieren ondergebracht in een nieuw rijk; het **regnum Monera** (het rijk van de prokaryotische organismen). Deze werden dus afgezonderd van het rijk van de lagere eukaryotische organismen (**regnum Protista**). In 1969 stelde Robert Whittaker (Cornell University; 1920-1980) een vijf-rijken systeem voor. Dit systeem wordt tegenwoordig in de wetenschappelijke wereld nog gebruikt, daar het veeleer praktisch is, maar is door verdere inzichten in de fylogenie eerder achterhaald. Whittaker wees op de principiële verschillen in voedingswijze bij de verschillende groepen organismen en kon aldus een vijfde rijk onderscheiden. De eukaryotische-meercellige en meerkernige organismen werden in een afzonderlijk rijk ondergebracht; het **Regnum Fungi**.

**Het vijf-rijken systeem volgens Whittaker (1969) bestaat dus uit:**

### **Méércellige eukaryotische organismen**

**Regnum Animalia:** Dieren nemen via de mond voedsel op dat nadien in het spijsverteringsstelsel verwerkt wordt (ingestie). Evolutie in deze richting leidde tot een zeer gecompliceerde lichaamsbouw, enig in het rijk van de levende organismen. Kenmerkend voor de dieren is het bezit van een spier-, zenuw- en zintuigstelsel waardoor ze actief hun voedsel kunnen zoeken en bemachtigen. De aanwezigheid van een uitscheidings-, een ademhalingsstelsel en een bloedsomloop houdt eveneens verband met het gebruik van voedsel. In de evolutie hebben dieren zich afgescheiden van andere levensvormen gedurende het Precambium rond 600 miljoen jaar geleden. Deze geologische periode wordt gevolgd door het Cambium, een tijdperk dat bekend is om de verschijning van vele diverse stammen uit het dierenrijk en dus diversiteit, ook bekend als de Cambriëse explosie (542-488 miljoen jaar geleden). In vele handboeken wordt ook de naam Metazoa gebruikt, wat refereert naar hetzelfde regnum.

**Regnum Plantae:** voeden zich via fotosynthese; planten, inclusief de hogere wieren

**Regnum Fungi:** schimmels en zwammen voeden zich door absorptie van organisch materiaal uit de omgeving. Whittaker beschouwt de Fungi als een afzonderlijk rijk van hoger ontwikkelde organismen, op éénzelfde niveau als de planten en de dieren.

### **Eéncellige eukaryotische organismen**

**Regnum Protista:** gekernde algen, waterschimmels, slijmzwammen en ééncellige diertjes.

### **Eéncellige prokaryotische organismen**

**Regnum Monera:** bacteriën en blauwwieren; opname van voedsel door absorptie.

Bovenstaande benadering van de indeling van alle levensvormen is voornamelijk gebaseerd op morfologische kenmerken en levenswijze. Echter, in de laatste twee eeuwen zijn vele nieuwe inzichten bekomen betreffende de herkomst van alle organismen die een ander licht werpen op de relaties tussen organismen. Niet in het minst is het werk van Charles Robert Darwin (1809-1882) en Alfred Russel Wallace (1823-1913) hierin baanbrekend geweest. Zij zijn de grondleggers van de **evolutietheorie door natuurlijke selectie**. Onafhankelijk van elkaar ontwikkelden ze dezelfde theorie. Een brief van Wallace aan Darwin in 1858 zette Darwin ertoe aan om zijn bekend naslagwerk 'On the origin of species by means of natural selection' te schrijven, dat finaal werd gepubliceerd in 1859. De evolutietheorie wordt vandaag de dag geïnterpreteerd als 5 verschillende theorieën, elk met een verschillende achtergrond en betekenis. Niettemin zijn ze onderling verweven en moeten ze samen geïnterpreteerd worden.

#### **1/ Eindeloze verandering**

Dit is the basistheorie van evolutie. Het geeft aan dat de levende wereld noch constant, noch eindeloos cyclisch, maar altijd veranderend is, maar met continuïteit tussen verleden en heden. Het betekent dat er vanuit wordt gegaan dat organismen meetbare veranderingen ondergaan over generaties heen. Een belangrijk bewijs voor deze theorie zijn de immense hoeveelheid fossielen.

#### **2/ Gemeenschappelijke herkomst**

Deze theorie zegt dat alle levensvormen afstammen van een gemeenschappelijke voorouder via vertakkingen. De geschiedenis van levensvormen kan aldus herleidt worden tot een evolutionaire stamboom, ook fylogenie genoemd. **Fylogenie** is de studie van de afstammingsgeschiedenis van een groep organismen. De fylogenie beschrijft dus hoe een groep organismen is ontstaan uit een andere groep. Belangrijk is om te begrijpen dat fylogenie de evolutie van die organismen uit gemeenschappelijke voorouders onderzoekt en niet zozeer de overeenkomsten tussen verschillende organismen. Vanzelfsprekend zullen diersoorten die een recente gemeenschappelijke voorouder hebben meer gelijkaardige kenmerken hebben dan soorten die een gemeenschappelijke voorouder verder in het verleden hebben. Dit heeft ook als gevolg dat dient aangenomen te worden dat alle huidige soorten kunnen teruggebracht worden tot gemeenschappelijke ouderlijnen met andere soorten, hetzij levende soorten of uitgestorven soorten. Een benadering van de diversiteit in levensvormen via de fylogenie is dus fundamenteel anders dan classificatie op basis van louter gemeenschappelijke kenmerken. De fylogenie vormt dan ook de basis van huidige classificatie systemen van dieren.

### 3/ Ontstaan van nieuwe soorten

De derde theorie stelt dat evolutie resulteert in nieuwe soorten ontstaan door opsplitsing van een bestaande soort of door wijziging van een bestaande soort.

### 4/ Geleidelijkheid

Grote verschillen in anatomische eigenschappen die kenmerkend zijn voor de verschillen tussen verwante soorten zijn het gevolg van een accumulatie van vele kleinere veranderingen over een langere periode. Hierbij moet begrepen worden dat deze kleine veranderingen een gevolg zijn van wijzigingen in het erfelijke materiaal (o.a. mutaties, genetische drift). Immers, veranderingen van het erfelijk materiaal die een groot effect hebben op een organisme zijn meestal nadelig of schadelijk, veelal lethaal. Evolutie moet dus tot stand komen door een opeenstapeling van wijzigingen in het genoom van de populatie.

### 5/ Natuurlijke selectie

Wellicht de meest bekende theorie. Ze is gebaseerd op drie principes. Ten eerste, binnen een populatie dieren is er variatie in anatomische-, gedrags-, en fysiologische kenmerken. Ten tweede, deze variatie is op z'n minst gedeeltelijk erfelijk zodat nakomelingen gelijkenissen vertonen met de ouders. Tenslotte, organismen met verschillende kenmerken zullen meer of minder nakomelingen hebben in toekomstige generaties. Het laatste principe komt neer op het feit dat sommige organismen beter aangepast zijn of gebruik kunnen maken van de omgeving en dus grotere overlevingskansen vertonen met groter succes op nakomelingen. Aldus, zullen in de loop van vele generaties deze gunstige kenmerken zich verspreiden binnen de soort. Soorten vertonen dus adaptatie aan de (veranderende) omstandigheden van de omgeving.

De laatste twee theorieën werden pas echt algemeen aanvaard na de ontdekkingen van Gregor Mendel (1822-1884) betreffende genetische overerving, wat later de **chromosomale theorie van erfelijkheid** zal genoemd worden. Door de kennis over hoe eigenschappen via het doorgeven van allelen uit homologe chromosomen konden overgedragen worden op nakomelingen kregen de principes van geleidelijkheid en natuurlijke selectie een betere wetenschappelijke onderbouwing. De term **neo-Darwinisme** wordt tegenwoordig gebruikt om de theorie van Darwin met insluiting van de chromosomale theorie van erfelijkheid te beschrijven. De inzichten van Darwin en zijn evolutietheorie, en de kennis uit de fylogenie hebben ontegensprekelijk geleid tot aangepaste benadering van de classificatie van organismen. Classificatie is fylogenetisch van aard geworden, het betekent dat men poogt om maximaal fylogenetische relaties weer te geven in de systematiek. Niettemin, na Darwin was dat aanvankelijk veeleer een ideaal dan harde werkelijkheid. Aan het einde van de 19<sup>de</sup> eeuw was de **recapitulatietheorie** van Ernst Haeckel (1834-1919) algemeen geaccepteerd. Deze theorie stelt dat de ontwikkeling van een embryo weergeeft welke evolutionaire ontwikkeling de soort heeft doorgemaakt: de **ontogenie** – de ontwikkeling van individu van bevruchte eicel tot volwassen individu - is een recapitulatie van de fylogenie. De theorie werd later afgezwakt als een te simpele voorstelling van de werkelijkheid, maar wel in grote lijnen correct. Tegenwoordig zijn onder biologen diverse connecties tussen ontwikkelingsfysiologie en fylogenie bekend. Deze worden meestal verklaard met de evolutietheorie of juist gezien als bewijzen voor die theorie. Vandaag de dag worden naast morfologische kenmerken, ook genetische, cytologische, fysiologische, serologische en biochemische methoden gebruikt voor classificatie. Bijzonder belangrijk daarbij is de vooruitgang in de moleculaire biologie. Door de opkomst van **DNA-sequentieanalyse** in de moleculaire biologie is het makkelijker geworden om grote hoeveelheden DNA te bestuderen om fylogenieën op te stellen. Niet allen het nucleair genoom, maar ook het mitochondriaal genoom (chondroom) en het genoom van plastiden (plastoom) kan bij een dergelijk onderzoek betrokken worden. Belangrijk is vooral dat veel verschillende soorten worden bekeken om de fylogenie zo betrouwbaar mogelijk te maken.

Daarom is het betrekken van data van fossielen ook belangrijk.

Een belangrijke stap in de fylogenie als wetenschap was de opkomst van de kladistiek halfweg de 20<sup>ste</sup> eeuw. **Kladistiek** is een analysemethode die gebruikt wordt om de fylogenie te bepalen op grond van synapomorfieën. Een **synapomorfie** is een gemeenschappelijke eigenschap van de leden van een taxon, die ze geërfd hebben van de laatste gemeenschappelijke voorouder van dat taxon. Een synapomorfie is als nieuwe eigenschap geëvolueerd bij de laatste gemeenschappelijke voorouder van het taxon, eerdere voorouders hadden het niet. Een voorbeeld van synapomorfie is de aanwezigheid van halters bij alle Diptera (tweevleugelige insecten). Deze groep onderscheidt zich daardoor van andere insecten. Melkklieren zijn bijvoorbeeld een synapomorfie bij de zoogdieren, waardoor ze zich onderscheiden van andere gewervelden. Niet alle afstammelingen van een gemeenschappelijke voorouder hoeven de synapomorfie te bezitten. Bij sommige afstammelingen kan de nieuwe eigenschap later, we noemen dit **reductie** van de eigenschap, weer verdwenen zijn. De vaststelling van een mogelijke synapomorfie is een aanwijzing dat alle organismen die haar bezitten nauwer aan elkaar verwant zijn dan aan een zustergroep binnen een ruimer taxon. Omdat eigenschappen in een groep vaak weer verdwijnen is het vrijwel onmogelijk om door één enkele eigenschap een evolutionaire verwantschap vast te stellen. Biologen proberen in het kader van de kladistiek alle synapomorfieën op te sporen en een computer de meest waarschijnlijke stamboom (**cladogram**) te laten berekenen. Met behulp van het cladogram kan geprobeerd worden een fylogenetische stamboom op te stellen. In een cladogram zie je telkens enkel op het einde van een vertakking een benaming van een groep. Cladistiek verschilt van andere fylogenetische benaderingen, zoals de evolutionaire systematiek, doordat alleen **monofyletische groepen** worden opgenomen die alle soorten omvatten die afstammen van één bepaalde voorouder, de zogenaamde clades. Een **clade** bestaat dus uit de laatste gemeenschappelijke voorouder – de soort die zich van de stam heeft afgesplitst en zo de tak vormde – en al zijn afstammelingen. Afgewezen worden zowel parafyletische groepen – dat zijn groepen die wel alle directe afstammelingen van de laatste gemeenschappelijke voorouder bevatten, maar niet sommige latere afstammelingen – als polyfyletische groepen: groepen die niet alle directe afstammelingen van de voorouder omvatten.

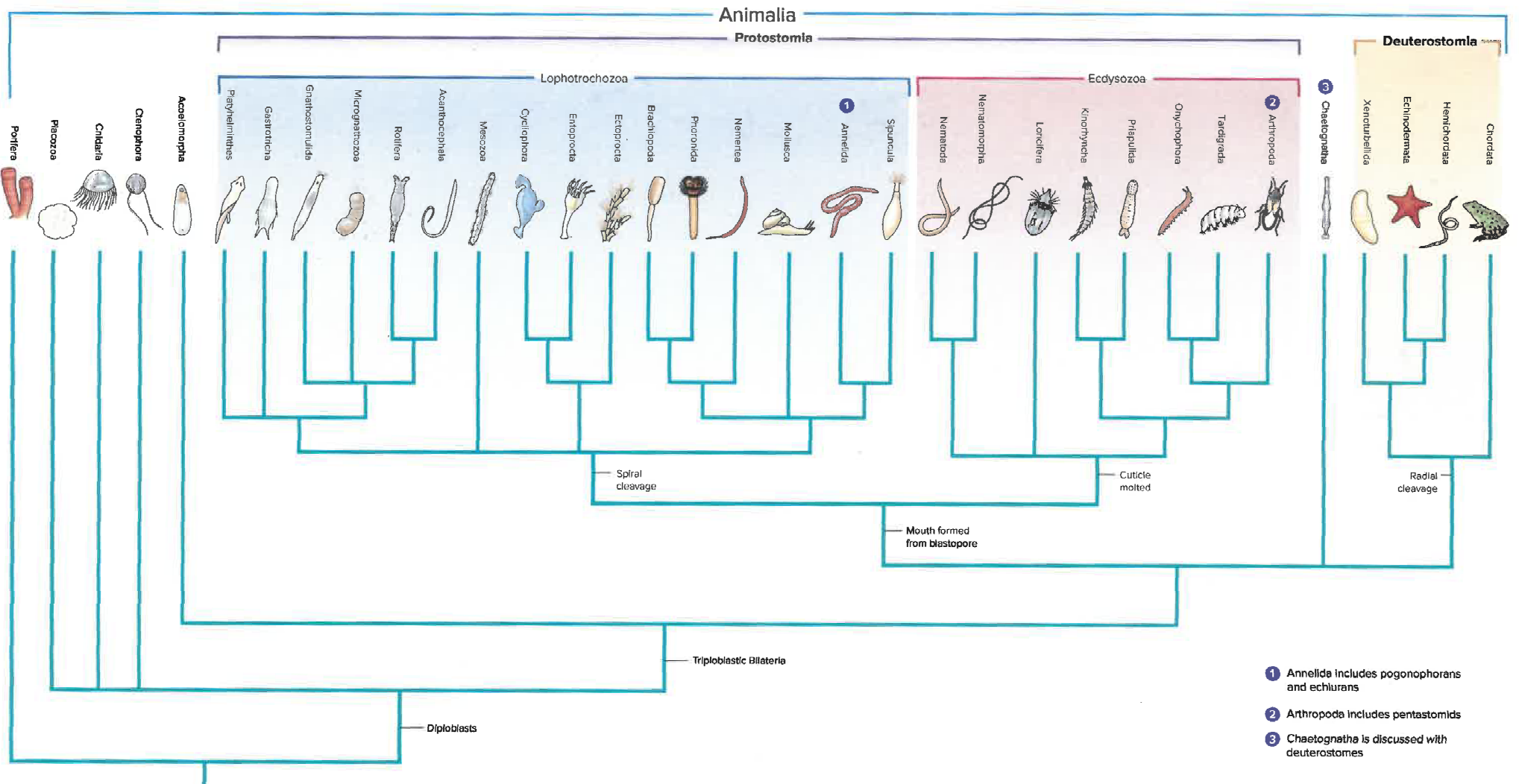
De belangrijkste indeling van alle levensvormen kan aldus als volgt beschreven worden. In de **kladistiek** worden alle levensvormen dus voorgesteld op basis van fylogenetische informatie bekomen hoofdzakelijk via moleculaire data (nucleotide base sequenties van DNA die ribosomaal RNA codeert). Volgens deze benadering worden drie monofyletische domeinen onderscheiden: **Eucarya** (alle eukaryoten), **Bacteria** (de 'echte' bacteriën, allen prokaryoten), en de **Archaea** (prokaryoten die verschillen van bacteriën in membraan structuur en ribosomaal RNA sequenties) (Woese, Kandler, en Wheelis, 1990). Woese en collega's zagen dat de genen die het RNA in ribosomen coderen bij alle organismen voorkomen, waardoor ze als een moleculaire klok te gebruiken zijn. Vertakkingen in de fylogenie zijn relatief te dateren door deze genen te vergelijken. Dit was een belangrijke ontdekking voor de fylogenie van micro-organismen, maar ook voor dieren.

Het huidige meest gebruikte manier van classificatie is de **evolutionaire classificatie**. Dit is een combinatie is van de natuurlijke classificatie geïntroduceerd door Linnaeus en de kladistiek. De natuurlijke classificatie zoekt een hiërarchische ordening van organismen, terwijl de kladistiek alleen de afstammingslijnen aan het licht wil brengen. Bij de kladistiek is de afstand tussen de claden uitsluitend de weerslag van de tijd die is verlopen sinds de scheiding, zonder de direct waarneembare veranderingen aan de taxa mee te wegen. Veranderingen in gedrag, bouw, fysiologie en ecologie zijn veeleer het gevolg van selectiedruk dan van tijdverloop.

<b>Kenmerk</b>	<b>Natuurlijke classificatie</b>	<b>Kladistiek</b>
Groepering	Organismen gegroepeerd in taxa	Organismen gegroepeerd in clades
Criteria	Morfologische gelijkenissen	Synapomorfieën
Rangschikking	Taxonomische categorieën en hiërarchisch opgebouwd	Geen rangschikking, enkel namen op einde vertakkingen
Onderverdelingen	Polytoom	Dichotoom
Voorstelling	Lijsten	Grafisch (cladogram)
Fylogenie	Parafyletische groepen toegestaan	Alleen monofyletische groepen
Nieuwe gegevens / ontdekkingen	Eerder gemakkelijk in te passen	Nieuwe gegevens en soorten leidden tot herberekening en opmaak cladogram

De verschillende benaderingen voor een geschikte classificatie en steeds nieuwe inzichten resulteren uiteraard in blijvende discussies betreffende de indeling van het dierenrijk en het classificeren van soorten binnen een bepaald taxon. Als gevolg kan je afhankelijk van het geconsulteerde handboek of wetenschapper een andere classificatie van dieren aantreffen. Voor de eenvoud van deze cursus wordt voor een pragmatische benadering gekozen. Het betekent dat beschrijving van de diversiteit van dieren telkens zal gestart worden op het niveau van de **taxonomische categorie fylum of stam**. In sommige stammen vinden we organismen die op alle ogenblikken van het levenscyclus unicellulair of ééncellig zijn en tevens kenmerken vertonen zoals dat bij dieren verwacht wordt (beweeglijk, heterotroof), doch sommigen kunnen aggregaten vormen. Echter, nooit is er differentiatie in kiembladen of weefsels. Deze organismen werden vroeger samengebracht in het **subregnum Protozoa**, de ééncellige diertjes. Tegenwoordig wordt ten stelligste afgeraden om de term Protozoa nog te gebruiken omdat blijkt dat dit een heel heterogene groep van organismen is. Niettemin, Protozoa zullen besproken worden in hoofdstukken 2 tot en met 11. Fyla met dierlijke organismen die een multicellulair of méércellig bouwplan hebben bereikt zullen in daaropvolgende hoofdstukken worden besproken. Deze fyla samen, in totaal 34 fyla, worden doorgaans als **regnum Animalia** bestempeld. Elk van deze 34 fyla is een monofyletische groep. Een globaal inzicht in dit rijk wordt benadrukt in hoofdstuk 12, een overzicht is te vinden in de figuur hierna. In dat hoofdstuk wordt de embryonale ontwikkeling van de méércelligen uit de doeken gedaan en worden deze begrippen, en aldus de indeling van de Animalia duidelijk.

Als bron voor de systematiek die in deze cursus wordt behandeld geldt het standaard werk van Hickman et al. (2017) [Hickman C.P., Keen S.L., Eisenhour D.J., Larson A. & l'Anson H. (2017). Integrated principles of zoology. 17th Ed., McGraw-Hill Education, USA, 834 p.] gebruikt. Dit handboek volgt de principes van de evolutionaire classificatie. In dat boek worden de Protozoa behandeld in Chapter 11 (216-245), en de Animalia van Chapter 12 tot en met 28 (246-638).



## 1.2. Soort of species als basis van classificatie

Het sleutelbegrip in de classificatie is dus **soort of species**. Ondanks het feit dat er veel definities zijn voor het begrip soort of species kan gesteld worden dat 3 criteria essentieel zijn:

1/ Een groep dieren die afstamt van éénzelfde voorouder populatie, dus vormen ze een afstammingslijn voorouder-afstammelingen.

2/ Ze kunnen alleen vruchtbaar nakomelingschap voortbrengen met leden van dezelfde soort en niet met leden van een andere soort.

3/ Het betreft een groep van individuele dieren, die voor wat de totale som van al hun eigenschappen (morfologische, fysiologische, enz.) betreft op een constante wijze meer op elkaar gelijken dan op leden van andere soorten.

Het tweede criterium heeft de meeste aandacht gekregen in de wetenschap. Verscheidene elementen kunnen bijdragen tot ontstaan van een nieuwe soort waarbij reproductie met leden van de soort waarvan het afgesplitst is niet meer mogelijk is. **Reproductieve barrières** verhinderen voortplanting tussen leden van verschillende soorten. Reproductieve barrières ontwikkelen zich meestal geleidelijk (zie ook theorie van geleidelijkheid) en wellicht is geografische isolatie van twee populaties noodzakelijk opdat deze barrières tot stand komen. Als die populaties terug worden samengebracht vooraleer deze reproductieve barrières voldoende zijn geëvolueerd, dan is voortplanting tussen leden van beide populaties mogelijk en zullen de populaties terug versmelten en verschillen vervagen. Indien reproductieve barrières voldoende zijn ontwikkeld, dan zullen de populaties aanleiding geven tot nieuwe soorten. Het ontstaan van soorten op deze manier vereist bijzonder lange tijdspannes, wellicht 10000 tot 100000 jaar of meer. Door geografische afzondering zullen de populaties niet alleen reproductieve barrières ontwikkelen, maar wellicht ook vele andere kenmerken zullen verschillend evolueren.

Om een species te classificeren werden vroeger vooral, meestal zelfs uitsluitend, morfologische kenmerken gebruikt. Tegenwoordig echter worden ook genetische, cytologische, fysiologische, serologische en biochemische methoden gebruikt voor het opsporen van de verwantschapsgraad tussen individuen van een soort. In de meeste gevallen is het niet mogelijk om maar met behulp van slechts één enkele methode te bepalen of een groep dieren uit één of meerdere soorten bestaat of om bijvoorbeeld na te gaan of een nieuw ontdekt dier al dan niet tot een bestaande soort hoort. Dit wil niet zeggen dat de classificatie, zoals die vroeger door museumonderzoekers werd gedaan, foutief zou zijn. In de meeste gevallen blijkt hun classificatie 'in het veld' accuraat te zijn, in die zin dat hun species gewoonlijk groepen dieren vormen die van elkaar geïsoleerd zijn door verschillen in habitat, geografische verspreiding, door verschillen in voortplantingswijze, enz.

Linnaeus voerde de **binominale nomenclatuur** in. Binominaal wil zeggen dat elke soort éénduidig wordt aangegeven door een geslachtsnaam (genus) en een soortnaam (species) (altijd Latijnse namen). De genusnaam begint met een hoofdletter en wordt gevolgd door de species naam, beginnend met kleine letter. Deze binominale soortaanduiding wordt altijd *cursief* (of onderlijnd indien met hand geschreven) weergegeven. Heeft men te doen met een polytypische diersoort; d.w.z. een diersoort die uit verschillende ondersoorten of rassen (bv. geografisch ras, ecologisch ras, cytologisch ras) bestaat, dan wordt aan beide namen nog een derde toegevoegd (trinominale nomenclatuur).



Als voorbeeld worden de verschillende rassen van koolmees gegeven :

*Parus major major*

*Parus major minor*

*Parus major intermedius*

### ***Hermetia illucens* L., de zwarte soldatenvlieg (Black Soldier Fly, BSF)**

#### WAAROM INTERESSE IN DEZE SPECIES?

De groeiende wereldbevolking en toenemende urbanisatie, samen met een stijging van het inkomen zorgen ervoor dat de vraag naar dierlijke producten (vlees, eieren, melk) op wereldschaal in de komende decennia zal blijven toenemen. Er worden echter vragen gesteld bij de duurzaamheid van de intensieve dierlijke productie. Momenteel gebruikt de dierlijke productie een groot deel van de beschikbare grond voor landbouw (voor de productie van voeders voor de dieren). De beschikbaarheid van grond, vooral in (sub)tropische streken komt hierdoor onder druk te staan.

Een heel belangrijk gewas dat verbouwt wordt is soja. Het is een gewas dat in de eerste plaats geteeld wordt om olie te winnen voor de humane voeding. De voornaamste productielanden zijn de VS, Argentinië en Brazilië. In dit laatste land kan het aanleggen van sojaplantages zorgen voor ontbossing en verlies van reservoirs van biodiversiteit. Het restproduct na extractie van de olie (sojaschroot genaamd) wordt (her)gebruikt in de diervoeding omdat het rijk is aan eiwit. Ondanks het feit dat soja en de afgeleide producten een goede afzet hebben in de diervoeding, zijn een aantal kanttekeningen te maken. Het transport van soja van Amerika naar Europa via grote schepen zorgt voor een hogere ecologische voetafdruk. Daarnaast is er ook de sterke afhankelijkheid van de import, en is lokale productie in EU van eiwitrijke grondstoffen voor diervoeding onvoldoende. De wereldwijde productie van soja in 2016 was 351.8 miljoen ton, waarvan slechts 2.6 miljoen ton in de EU. Daartegenover staat dat in 2016, 14.6 miljoen ton soja en 19.6 miljoen ton sojaschroot werd geïmporteerd. In de EU is men reeds vele decennia op zoek naar waardige alternatieven. In het verleden lag de nadruk op de teelt van alternatieve eiwitrijke gewassen (vb. erwten, lupinen), recent is men gestart met proeven om soja in België te telen of worden bacteriën en algen gekweekt voor eiwit. Een andere mogelijkheid is het kweken van insecten.

Men acht dat de kweek van insecten voor het voederen bij dieren volgende voordelen zou hebben:

- Lagere milieupact door het feit dat ze op een efficiënte manier rest/afvalstromen kunnen omzetten naar hoogwaardige biomassa, rijk aan eiwit
- Lager land- en watergebruik
- Nutritionele waarde van gekweekte insecten is hoog, daarbij worden dan de larven geoogst (volwassen insecten zijn niet interessant omwille van hoog chitine gehalte). Eiwitgehalte van larven is meestal hoger dan 30%, en rijk aan essentiële aminozuren (bouwstenen van eiwit)

Enkele species die aandacht krijgen zijn de meelworm (*Tenebrio molitor*), de huisvlieg (*Musca domestica*) en de zwarte soldatenvlieg (*Hermetia illucens*). In de voorbije jaren werd aan onze Faculteit onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van de zwarte soldatenvlieg als grondstof voor varkens en pluimvee. Het natuurlijk habitat van *H. illucens* zijn de (sub)tropische en gematigde streken van Amerika (45°N, 40°Z). Dit holometabool insect kent meerdere

ontwikkelingsstadia, met name 6 larvale stadia waarvan het laatste het bijzondere pre-pop stadium is, pop en volwassen stadium. Diverse aspecten werden onderzocht zoals: biologie van groei en reproductie van een kolonie, invloed van substraat op nutritionele waarde van de geogste larven en studies waarbij larven werden gevoederd aan varkens en pluimvee. Doorheen de cursus zal deze casus meermaals besproken worden. In dit hoofdstuk, omwille van het feit dat *H. illucens* intrinsiek een exoot is, en dus moet nagegaan worden in welke mate deze soort zich zou kunnen vestigen in onze streken indien het in de omgeving terecht komt, worden de risico's voor mogelijke verspreiding en vestiging toegelicht aan de hand van wetenschappelijke bevindingen (zie presentatie les 1).

### 1.3. **Lichaamsvorm en soorten symmetrie**

De uitwendige lichaamsvorm kan ofwel volledig **asymmetrisch (geen symmetrie)** zijn ofwel één van de vormen van symmetrie vertonen.

1. **Sferisch symmetrisch**: symmetrie die men in een bal aantreft. Elke doorsnede door het midden van de bal verdeelt het organisme in twee delen die elkaars spiegelbeeld zijn. Sferische vormen zijn geschikt om te drijven en rollen in het milieu. Het komt voor bij bepaalde mariene Rhizopoda.

2. **Radiaal symmetrisch**: symmetrie die men aantreft in een wiel. Elke verticale sectie doorheen het middelpunt van een horizontaal liggend organisme verdeelt het in twee delen die elkaars spiegelbeeld zijn, bv. Cnidaria (neteldieren). Een bijzondere vorm van radiale symmetrie is **biradiale symmetrie** : symmetrie die men aantreft in een symmetrische ruimtelijke figuur met een ellips als basis. Men kan een biradiaal symmetrisch organisme alleen maar door twee door het middelpunt gaande verticale, loodrecht op elkaar staande, sneden verdelen die elkaars spiegelbeeld zijn, bv. Ctenophora (ribkwallen). Echinodermata (o.a. zeesterren) zijn in de eerste plaats bilateraal symmetrische dieren, wat nog zichtbaar is in hun larven, maar ze zijn secundair radiaal symmetrisch geworden als volwassen organisme. Radiaal en biradiaal symmetrische dieren zijn meestal sessiel (vastzittend), drijvend, of zwemmend, zij het in beperkte mate, in het milieu.

3. **Bilateraal symmetrisch**: de symmetrie van een rechte piramide met een gelijkbenige trapezium als basis. Er is maar één verticale sectie die een dergelijk organisme in twee delen, die elkaars spiegelbeeld zijn, kan verdelen, vb. in regel de hogere dieren, dus de Bilateria. Bilaterale symmetrie is een natuurlijk gevolg van de **beweeglijkheid** van dieren. Bilaterale symmetrie is sterk geassocieerd met **cephalizatie (kopvorming)**, dus het ontstaan van een kop dat het voorste deel van het lichaam omvat. Het betekent dat bewegingen bij Bilateria fundamenteel in één richting gaan, in tegenstelling tot radiaal symmetrische dieren die veeleer in alle richtingen gaan bewegen.

### 1.4. **Metamerisatie of segmentatie**

Men zegt dat een dier **gesegmenteerd** is of **metamerisatie** vertoont wanneer gans zijn lichaam bestaat uit een lineaire reeks segmenten of metameren die stuk voor stuk volgens hetzelfde basisplan gebouwd zijn. Het aantal segmenten is constant voor de soort en behalve in enkele gevallen van asexuele reproductie worden er geen nieuwe segmenten meer gevormd nadat het dier volwassen geworden is. Alle segmenten zijn even oud en bevinden zich (na de embryonale

periode) in hetzelfde ontwikkelingsstadium. Zij zijn wederzijds van elkaar afhankelijk en met elkaar geïntegreerd om de individualiteit van het lichaam te behouden.

- Annelida (ringwormen; vb. regenworm) :  
alle metameren in essentie gelijk en zowel *in- als uitwendig zichtbaar*
- Arthropoda (geleedpotigen; vb. kreeft, insect) :  
meestal zijn de metameren verschillend en hoofdzakelijk *uitwendig* te zien
- Chordata (chordadieren; vb. vis) :  
hoofdzakelijk *inwendig* te zien (wervels, lichaamsspieren, sommige zenuwen ...)

### 1.5. Polymorfisme

Veelvormigheid waarin één diersoort voorkomt.

- Vbn. - de verschillende vormen in een insectenstaat;  
- seizoensdimorfisme;  
- geslachtsdimorfisme.

### 1.6. Complexiteit en lichaamsgrootte

De grote groepen in de systematiek worden dus gewoonlijk gerangschikt in een volgorde waarvan men vermoedt dat het de volgorde is waarin de groepen elkaar in de loop der evolutie zijn opgevolgd. De eenvoudige organismen worden derhalve eerst gerangschikt en de meer complexe laatst. Hieronder worden een aantal kenmerken voor 'minder complex' en voor 'meer complex' weergegeven. Niettemin moet dit met enige omzichtigheid geïnterpreteerd worden. Meer complex organismen lijken oenschijnlijk verder geëvolueerd.

Minder complex	Meer complex
Eéncellig	Méércellig
Asymmetrisch of radiaal symmetrisch	Bilateraal symmetrisch
Niet gesegmenteerd	Wel gesegmenteerd
Diblastisch (twee kiembladen)	Triblastisch (drie kiembladen)
Coeloom afwezig	Coeloom aanwezig
Slechts één opening in het spijsverteringsstelsel	Spijsverteringsstelsel is een buis die doorheen gans het lichaam loopt
Een bepaald orgaansysteem is afwezig of eenvoudig gebouwd	Een bepaald orgaansysteem is aanwezig of/of complex gebouwd

Belangrijker is om te begrijpen waarom in de loop van de evolutie het bouwplan van organismen meer complex is geworden en welke relatie dit heeft tot lichaamsgroote. **Grotere complexiteit** van het bouwplan bij méércellige dieren laten de evolutie tot een **grotere lichaamsgroote** toe, of kunnen zelfs de evolutie tot grotere dieren stimuleren. Een groter lichaam geeft verschillende belangrijke fysieke en ecologische gevolgen voor een organisme. Als dieren groter worden neemt het lichaamsoppervlak veel langzamer toe dan het lichaamsvolume. Met andere woorden, een groter dier heeft minder oppervlakte ten opzichte van zijn volume dan een klein dier van dezelfde vorm. Het oppervlak van een groter dier kan vervolgens onvoldoende zijn voor ademhaling en voeding door cellen diep in zijn lichaam gelegen. In het rijk der dieren zien

we hiervoor twee mogelijke oplossingen. Een eerste oplossing is om het lichaamsoppervlak te vouwen of invagineren om het oppervlak te vergroten, zoals dat het geval is bij platwormen. Het lichaam is vlak, dun en als een lang lint zodat er geen interne ruimte is ver van het oppervlak, en op die manier kunnen zuurstof en voedingsstoffen gemakkelijk in het lichaam verdeeld worden. Met deze oplossing kan een lichaam groter worden zonder toename van interne complexiteit. De meeste grote dieren hebben een andere oplossing. Zij ontwikkelden interne transportsystemen om voedingsstoffen, gassen en afvalproducten te vervoeren van externe omgeving naar de cellen van het lichaam. Dit betekent dat de complexiteit sterk toenam. Voordelen van grotere afmetingen zijn ook: grotere buffer tegen fluctuaties van omgevingstemperatuur, meer bescherming tegen predatie, verbetering aanvallende tactieken, en efficiënter gebruik van metabole energie. Bijvoorbeeld, een groot zoogdier gebruikt meer zuurstof dan een klein zoogdier, maar de kosten van het handhaven van zijn lichaamstemperatuur is minder per gram gewicht voor een groot zoogdier dan voor een klein zoogdier. Grote dieren kunnen zich ook verplaatsen tegen lagere energiekosten dan kleine dieren. Een groot zoogdier gebruikt bijvoorbeeld meer zuurstof bij het rennen dan een klein zoogdier, maar de energiekosten voor het verplaatsen van 1 g van zijn lichaam over een bepaalde afstand is veel minder voor een groot zoogdier dan voor een klein. Om al deze redenen, zijn de ecologische kansen van grotere dieren heel anders dan die van kleine dieren.

## **1.7. Verschillende vormen van samenleven van organismen**

**Commensalen** (mensa = tafel of dis) of disgenoten zijn organismen die op bijzondere wijze samenleven met betrekking tot dezelfde voedselbron. Hierbij heeft slechts één soort voordeel maar de andere wordt niet benadeeld. De clown vissen, die leven tussen de tentakels van zee anemonen zijn commensalen. De zee anemonen kunnen leven zonder de clown vissen, maar de clown vissen kunnen niet alleen voortbestaan.

**Symbionten** zijn organismen, behorend tot verschillende soorten, waarvan beide partners van elkaar afhankelijk zijn voor hun voeding, of wederzijds enig ander voordeel hebben aan het metabolisme of een andere activiteit van de partner. Het grotere organisme wordt meestal aangeduid als gastheer en het kleinere organisme als symbiont. Een symbiontische relatie is meestal obligaat voor de symbiont; d.w.z. de symbiont kan niet leven zonder de gastheer. Wanneer de symbiont kan overleven met of zonder de gastheer is deze relatie facultatief. Een goed gekend voorbeeld en belangrijk voor de opleiding is de aanwezigheid van micro-organismen, inclusief Protozoa, in de pens van herkauwers. Deze micro-organismen zijn in staat om de complexe moleculen van de celwand van plantaardig materiaal enzymatisch af te breken, met productie van enkele interessante metabolieten zoals azijnzuur, propionzuur en boterzuur. Deze metabolieten worden vervolgens in de pens door het dier geabsorbeerd, en vormen de belangrijkste energiebron voor het dier. Belangrijk om te begrijpen is ook dat in deze complexe ecologie in de pens van herkauwers er ook bacteriën zijn die methaan als metaboliet produceren. Dit methaan wordt door het dier opgerist via de mond. Methaan is een sterk broeikasgas, en draagt dus bij tot de klimaatverandering. Grote inspanningen worden geleverd om de nevenproductie van methaan in de pens van productiedieren zoals runderen te beperken, en aldus de carbon footprint van melk- en vleesproductie te drukken. Daarop wordt later in de cursus nog op teruggekomen.

**Parasieten** noemt men die organismen die, tijdelijk of bestendig andere organismen als levensmiddel gebruiken en zich, wegens de beperktheid van hun eigen synthesesmogelijkheden, in stand houden ten koste van die gastheer, zonder steeds de dood van deze gastheer te veroorzaken. Ectoparasieten leven op en endoparasieten leven in het lichaam van de gastheer.

Facultatieve parasieten kunnen ook vrijlevend zijn. Een voorbeeld hiervan is de nematode *Ascaris suum* die leeft in de dunne darm van het varken. Parasieten vertonen in de regel een erg gespecialiseerde levenswijze en hebben daartoe, in vergelijking met hun vrijlevende verwanten een lichaamsbouw, die evenals bepaalde fysiologische functies, aangepast is aan hun gespecialiseerde manier van leven. Zo bezitten sommige parasieten middelen om zich vast te hechten zoals haken of zuignappen. Hun voortbewegings- en zenuwstelsel is nooit sterk ontwikkeld. Hun spijsverteringsstelsel is dikwijls sterk gereduceerd aangezien zij geheel of gedeeltelijk voorverteerd voedsel opnemen uit de gastheer. Teneinde het overleven van de soort te bewerkstelligen hebben parasieten gewoonlijk een zeer hoge reproductiecapaciteit.

Uit de gewijzigde lichaamsbouw en fysiologie van parasieten mogen geen conclusies getrokken worden over evolutie aangezien parasitisme een secundair verworven toestand is.

**Predatoren** zijn dieren die zich voeden met talrijke andere, meestal kleinere dieren. Parasieten zijn in de regel kleiner dan hun gastheer. Soms is het moeilijk uit te maken of men te doen heeft met predatoren of ectoparasieten (bv. bloedzuigers en prikken).

# DIERKUNDE: MORFOLOGIE EN SYSTEMATIEK

Prof. dr. ir. Joris Michiels  
Ing. Katrijn Ingels

Opleiding Bachelor in de Biowetenschappen  
Academiejaar 2020–2021



## Hoofdstuk 1: Introductie tot systematiek der dieren en terminologie

- Begrippen systematiek, classificatie, taxonomie
- Linnaeus of natuurlijke classificatie
- Homologie
- Principes en theorieën van de evolutie-theorie door selectie
- Fylogenie en kladistiek
- Evolutionaire classificatie
- Criteria voor species of soort
- Binominale en trinominale nomenclatuur van species/subspecies
- (Invasieve) exoten? Wat en voorbeelden
- *Hermetia illucens* L., insecten als diervoeder?
- Symmetrie in het dierenrijk
- Metamerisatie of segmentatie
- Relatie complexiteit en lichaamsgroote
- Vormen van samenleven





## Systematiek

Leer van de rangschikking van organismen en de reconstructie van fylogenetische relaties

## Classificatie

Het samenbrengen van organismen die verwant zijn in groepen of categorieën

## ANALOGIE

Organismen groeperen die een belangrijk kenmerk gemeen hebben



>> ZEER WANKELE BASIS VOOR CLASSIFICATIE

## Linnaeus of natuurlijke classificatie

Carolus Linnaeus (1707-1778) ontwierp het natuurlijke classificatiesysteem

- Zweedse botanicus met uitgebreide ervaring in het classificeren van objecten, vooral bloemen
- Gepubliceerd in zijn werk 'Systema Naturae', dat morfologie gebruikte om een classificatiesysteem van dieren en planten te ontwikkelen
- Voornaamste criterium voor classificatie was homologie

Copyright © McGraw-Hill Education. Permission required for reproduction or display.



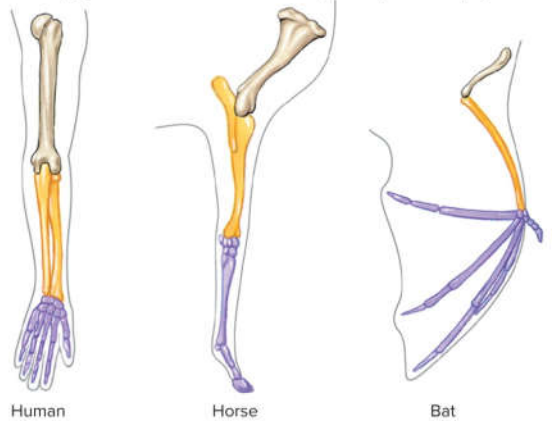
© Hulton Archive/Getty Images



## HOMOLOGIE

### Groeperen van organismen die :

- dezelfde basisstructuur
- staan in dezelfde relatie met andere organen
- ontwikkelen zich tijdens de vroege embryogenese volgens hetzelfde patroon



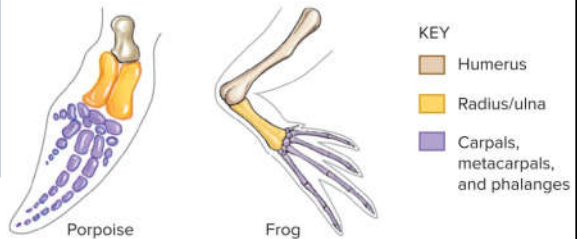
Human

Horse

Bat

## GEWERVELDEN (VERTEBRATEN)

(éénzeldde voorouder met pentadactiele basisstructuur van het voorste lidmaat)



Porpoise

Frog

### KEY

Orange Humerus

Yellow Radius/ulna

Purple Carpals, metacarpals, and phalanges

## Linnaeus of natuurlijke classificatie

- Verdeeld dierenrijk in soorten en gaf elk een onderscheidende naam
  - Soorten worden gegroepeerd op basis van gemeenschappelijke essentiële eigenschappen in geslachten, geslachten in orden en orden in klassen, enzovoort.
  - Dieren zijn gerangschikt in een oplopende reeks groepen met verhoogde inclusie.
- Zijn oorspronkelijke classificatieschema was zeer beperkt en is drastisch gewijzigd, maar het basisprincipe wordt nog steeds gevolgd.
- Taxonomische categorie of taxon: niveau in de hiërarchische classificatie.
- De zeven verplichte taxa bij beschrijving van elke soort zijn: regnum (rijk), fylum (stam), classis (klasse), ordo (orde), familia (familie), genus (geslacht) en species (soort). Alle méércellige dieren worden geplaatst in regnum Animalia. Elke belangrijke rang kan verder worden onderverdeeld in kleinere niveaus van taxa zoals superklasse, suborder, enzovoort. Meer dan 30 taxonomische rangen worden nu erkend.

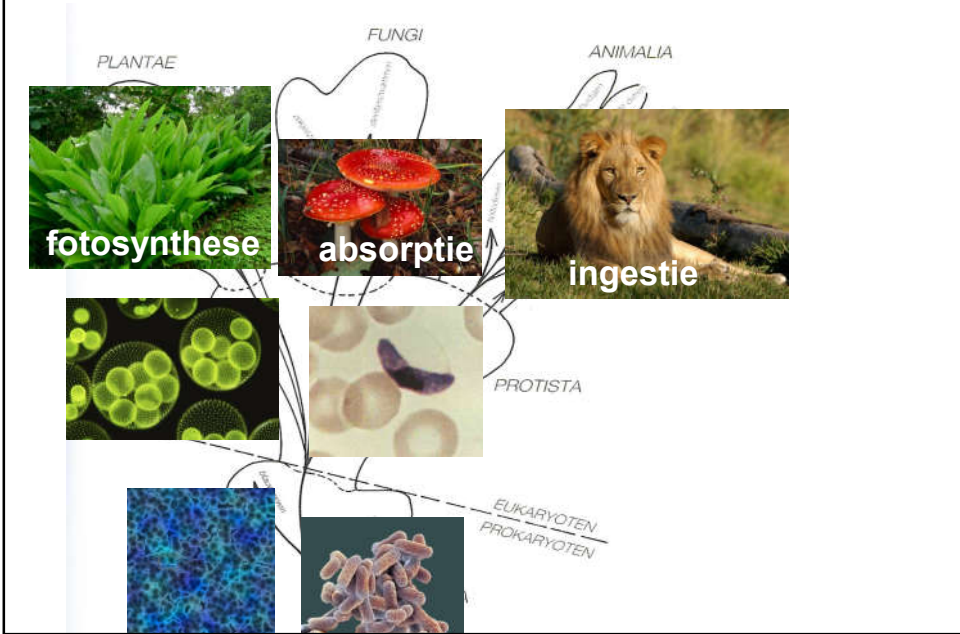
Taxonomische categorie	Taxon	meikever	bruine kikker
<b>Rijk</b>	<b>Regnum</b>	Animalia	Animalia
Onderrijk	Subregnum	Eumetazoa	Eumetazoa
Afdeling	Divisio		
<b>Stam</b>	<b>Fylum</b>	Arthropoda	Chordata
Onderstam	Subfylum	Uniramia	Euchordata
<b>Klasse</b>	<b>Classis</b>	Insecta	Amphibia
Onderklasse	Subclassis	Pterygota	
Kohorte	Cohors	Holometabola	
Superorde	Superordo		Batrachia
<b>Orde</b>	<b>Ordo</b>	Coleoptera	Anura
Onderorde	Subordo	Polyphaga	Neobatrachia
Superfamilie	Superfamilia	Scarabaeoidea	Ranoidea
<b>Familie</b>	<b>Familia</b>	Scarabaeidae	Ranidae
Onderfamilie	Subfamilia		
Stam	Tribus		
Onderstam	Subtribus		
<b>Geslacht</b>	<b>Genus</b>	<i>Melolontha</i>	<i>Rana</i>
Ondergeslacht	Subgenus		<i>Rana</i>
<b>Soort</b>	<b>Species</b>	<i>melolontha</i>	<i>temporaria</i>
Ondersoort	Subspecies		



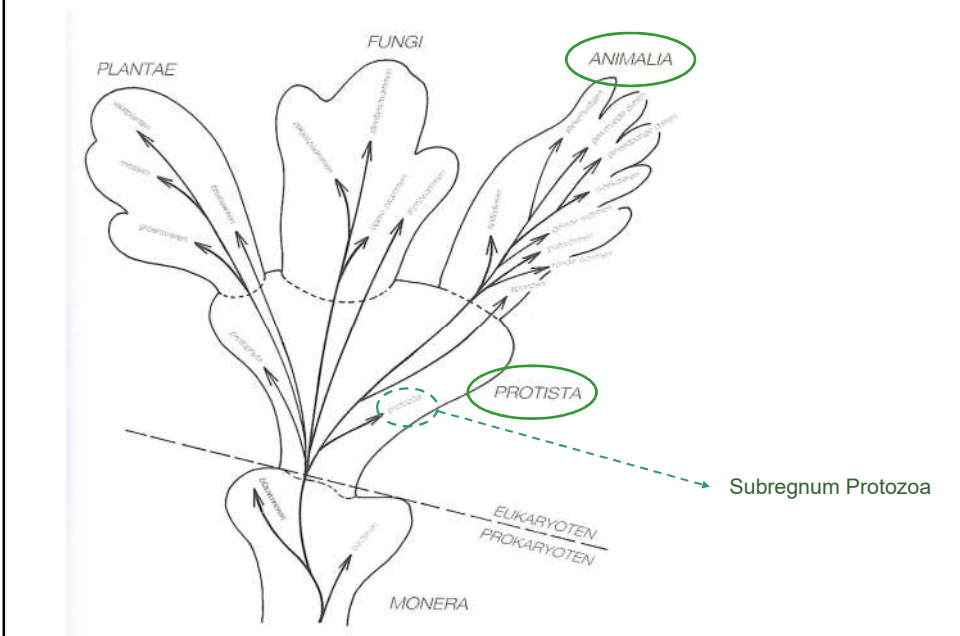
Taxonomische categorie	Taxon	mossel
<b>Rijk</b>	<b>Regnum</b>	Animalia
Onderrijk	<i>Subregnum</i>	Eumetazoa
Afdeling	<i>Divisio</i>	
<b>Stam</b>	<b>Fylum</b>	Mollusca (weekdieren)
Onderstam	<i>Subfylum</i>	
<b>Klasse</b>	<b>Classis</b>	Bivalvia (tweekleppigen)
Onderklasse	<i>Subclassis</i>	Pteriomorpha
Kohorte	<i>Cohors</i>	
Superorde	<i>Superordo</i>	
<b>Orde</b>	<b>Ordo</b>	Mytiloidea
Onderorde	<i>Subordo</i>	
Superfamilie	<i>Superfamilia</i>	Mytiloidea
<b>Familie</b>	<b>Familia</b>	Mytilidae
Onderfamilie	<i>Subfamilia</i>	
Stam	<i>Tribus</i>	
Onderstam	<i>Subtribus</i>	
<b>Geslacht</b>	<b>Genus</b>	<i>Mytilus</i>
Ondergeslacht	<i>Subgenus</i>	
<b>Soort</b>	<b>Species</b>	<i>edulis</i>
Ondersoort	<i>Subspecies</i>	



## Het vijf-rijken systeem volgens Whittaker (1969)

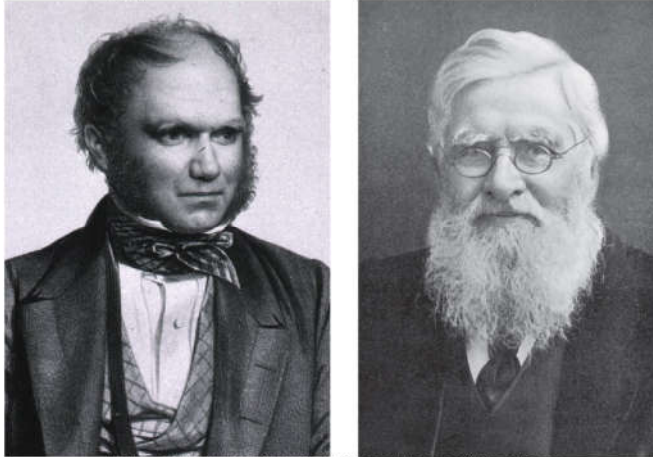


## Het vijf-rijken systeem volgens Whittaker (1969)



**Charles Robert Darwin (1809–1882). Alfred Russel Wallace (1823–1913).  
Grondleggers van de evolutietheorie door natuurlijke selectie**

Copyright © McGraw-Hill Education. Permission required for reproduction or display.



(left): National Library of Medicine; (right): © Biophoto Associates/Science Source

- Eerste aannemelijke verklaring voor verandering door evolutie
- Maakte uitgebreide verzamelingen en observaties gedurende 5-jarige reis (1831–1836) met de H.M.S *Beagle*
- *'On the Origin of Species by Means of Natural Selection'*



Copyright © McGraw-Hill Education. Permission required for rep

Copyright © McGraw-Hill Education. Permission required for reproduction or display.



© Cleveland P. Hickman, Jr.

Copyright © McGraw-Hill Education. Permission required for reproduction or display.



© Cleveland P. Hickman, Jr.

## Evolutietheorie door natuurlijke selectie

5 verschillende theorieën, elk met een verschillende achtergrond en betekenis. Niettemin zijn ze onderling verweven en moeten ze samen geïnterpreteerd worden.

- 1/ Eindeloze verandering
- 2/ Gemeenschappelijke herkomst (Fylogenie)
- 3/ Ontstaan van nieuwe soorten
- 4/ Geleidelijkheid
- 5/ Natuurlijke selectie

Copyright © McGraw-Hill Education. Perm



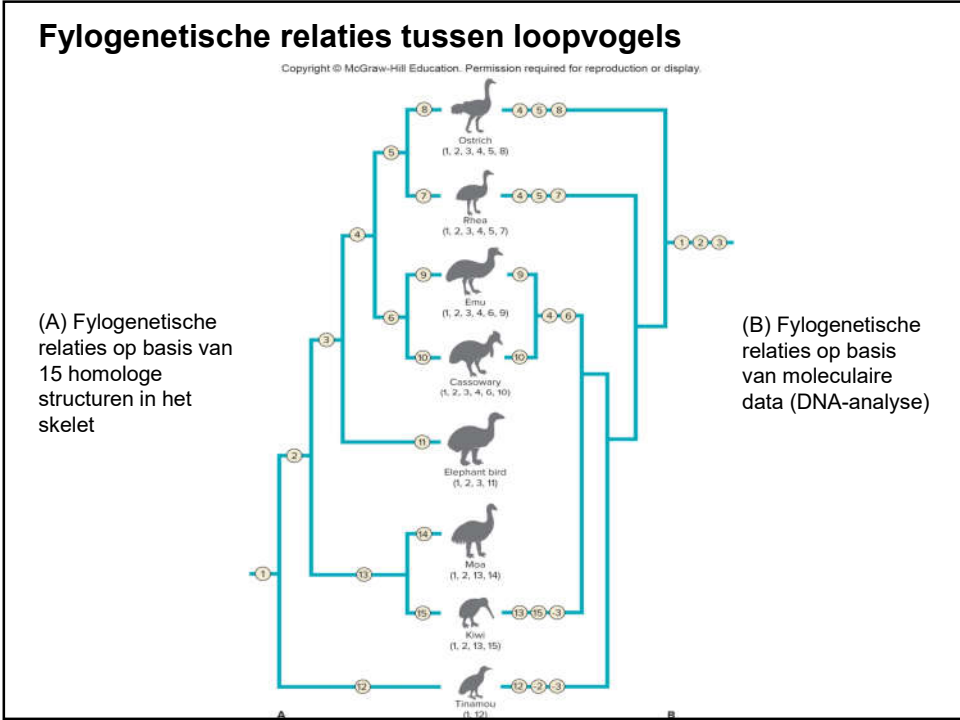
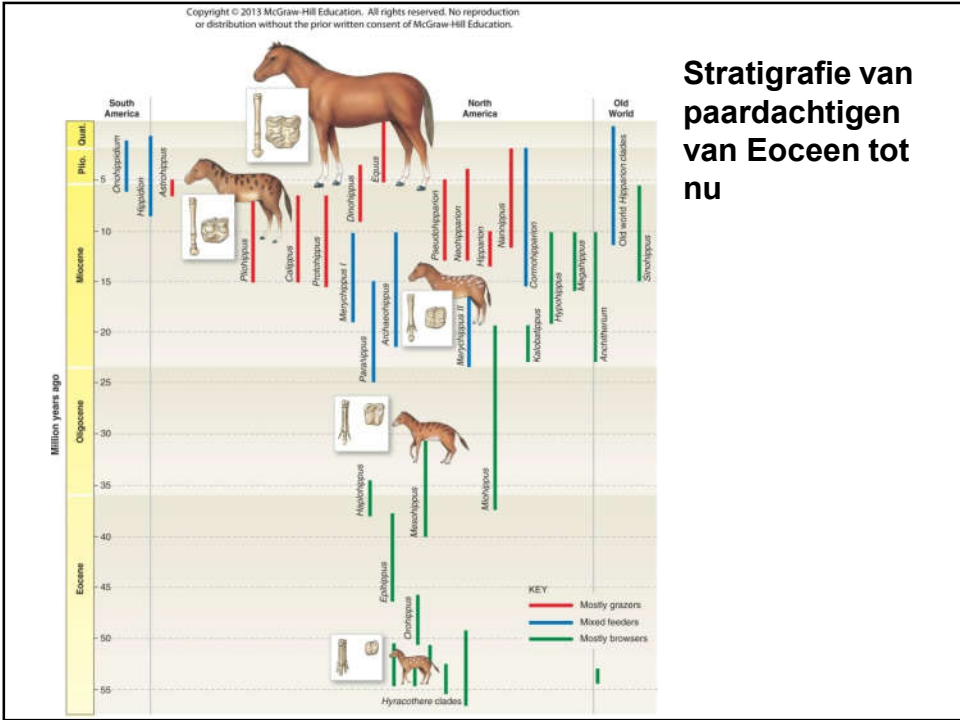
A



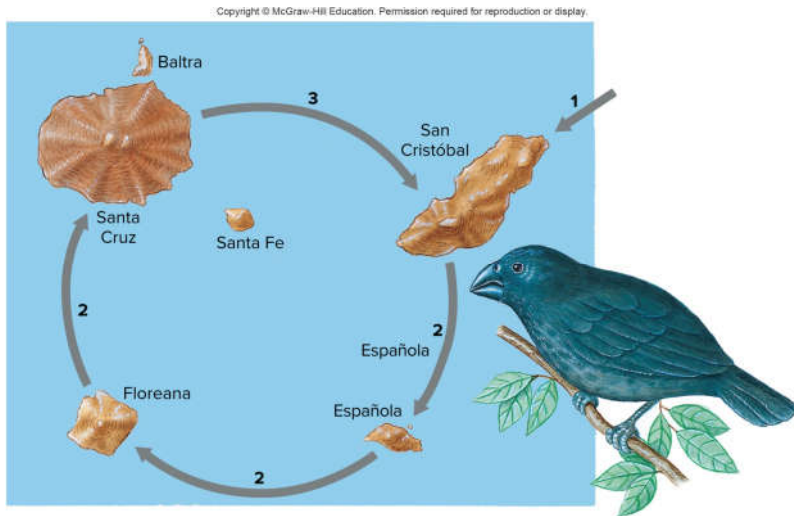
C

(a-b): © Alan Morgan; c: © McGraw-Hill Education/Carlyyn Is of California

Copyright © 2013 McGraw-Hill Education. All rights reserved. No reproduction or distribution without the prior written consent of McGraw-Hill Education.



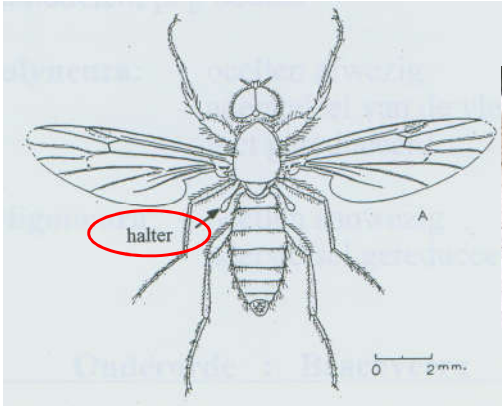
## Evolutie van Darwinvinken op Galapagos eilanden (13 soorten, nummers geven richting van beweging en kolonisatie en vorming van nieuwe soorten)



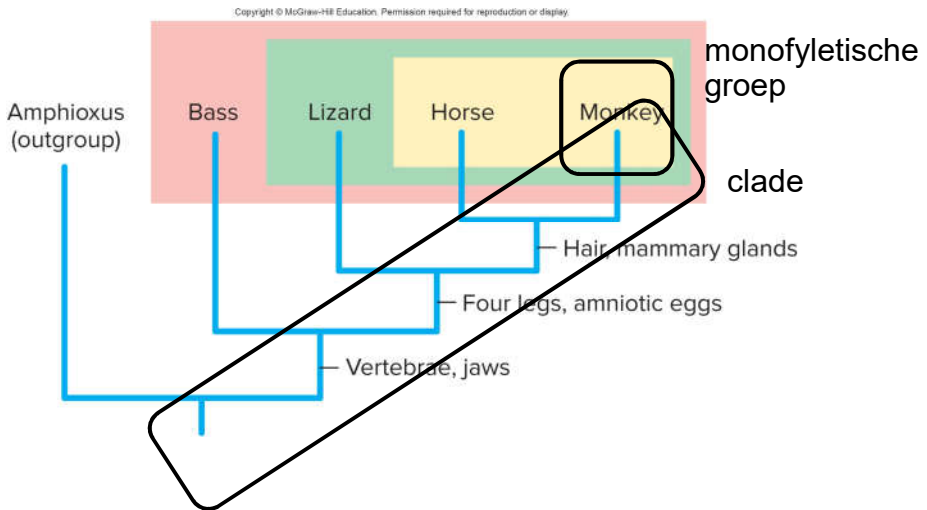
## Kladistiek

- Een belangrijke stap in de fylogenie als wetenschap was de opkomst van de kladistiek halfweg de 20<sup>ste</sup> eeuw
- Analyse methode die gebruikt wordt om de fylogenie te bepalen op grond van synapomorfieën
- Een **synapomorfie** is een gemeenschappelijke eigenschap van de leden van een taxon, die ze geërfd hebben van de laatste gemeenschappelijke voorouder van dat taxon. Een synapomorfie is als nieuwe eigenschap geëvolueerd bij de laatste gemeenschappelijke voorouder van het taxon, eerdere voorouders hadden het niet.

**De aanwezigheid van halters bij alle Diptera (tweevleugelige insecten) is een voorbeeld van synapomorfie**



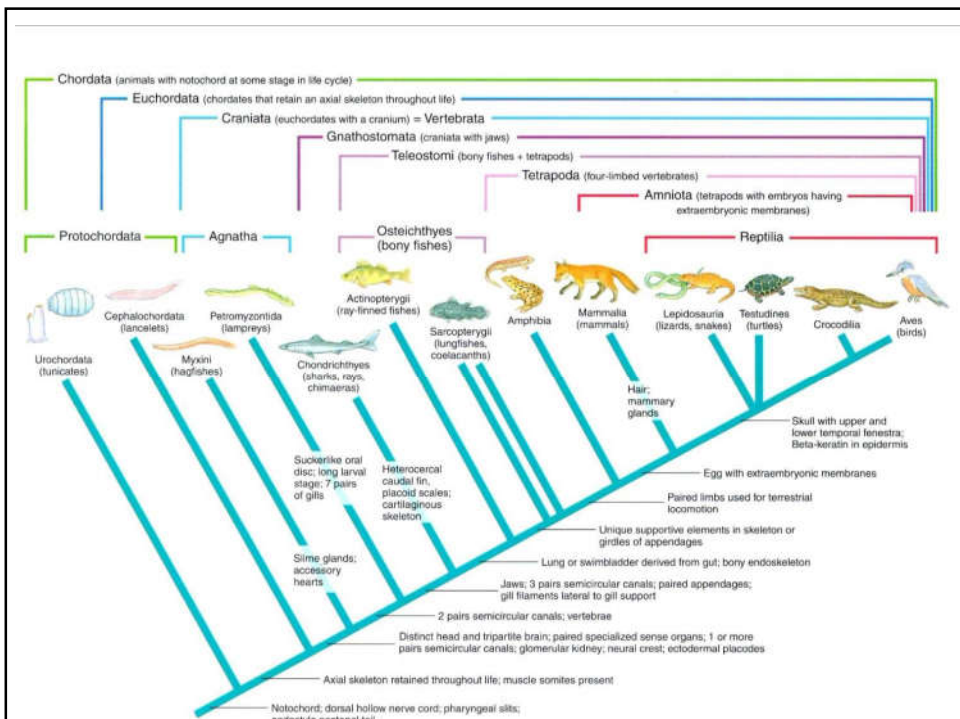
**Cladogram als een geneste hiërarchie van clades bij 5 onderzochte groepen chordadiëren**



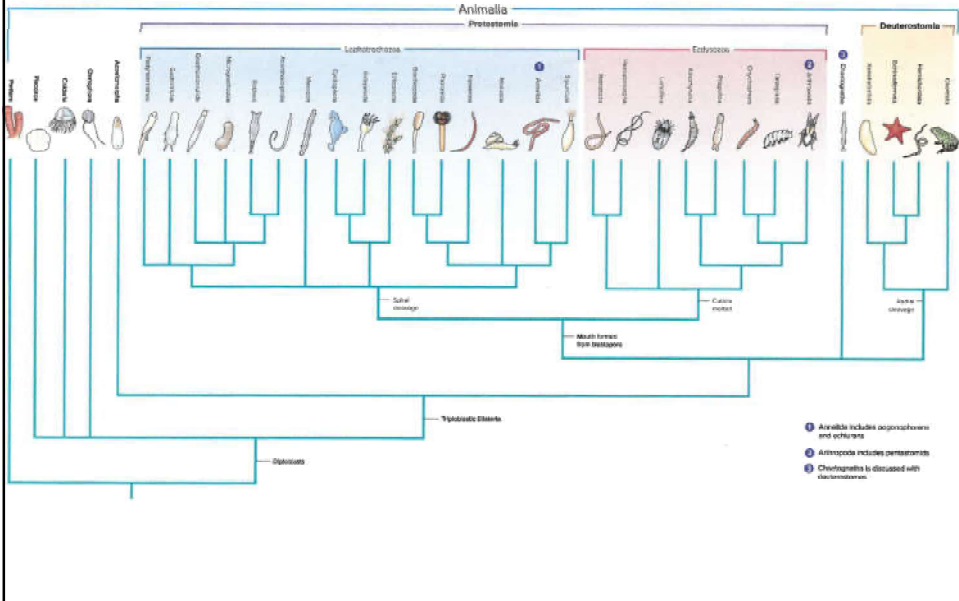


# Evolutionaire classificatie: combinatie van de natuurlijke classificatie en de kladistiek

Kenmerk	Natuurlijke classificatie	Kladistiek
Groepering	Organismen gegroepeerd in taxa	Organismen gegroepeerd in clades
Criteria	Morfologische gelijkenissen	Synapomorfieën
Rangschikking	Taxonomische categorieën en hiërarchisch opgebouwd	Geen rangschikking, enkel namen op einde vertakkingen
Onderverdelingen	Polytoom	Dichotoom
Voorstelling	Lijsten	Grafisch (cladogram)
Fylogenie	Parafyletische groepen toegestaan	Alleen monofyletische groepen
Nieuwe gegevens / ontdekkingen	Eerder gemakkelijk in te passen	Nieuwe gegevens en soorten leiden tot herberekening en opmaak cladogram

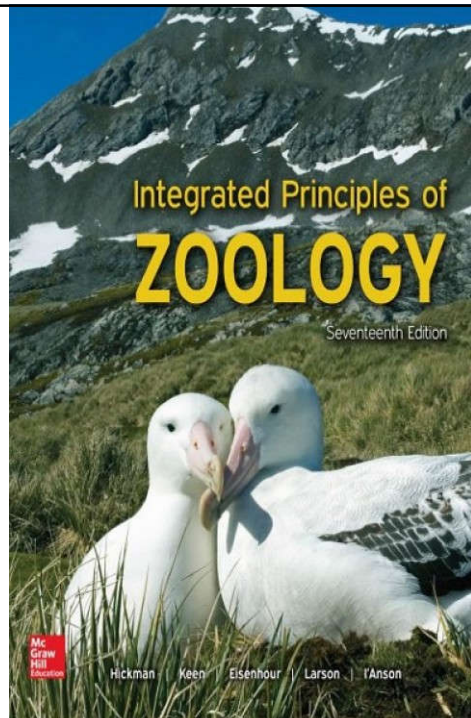


# Evolutionaire classificatie Regnum Animalia



## Bron

Hickman C.P., Keen S.L., Eisenhour D.J., Larson A. & l'Anson H. (2017). Integrated principles of zoology. 17th Ed., McGraw-Hill Education, USA, 834 p.



## Soort of species

1/ Een groep dieren die afstamt van éénzelfde voorouder populatie, dus vormen ze een afstammingslijn voorouder-afstammelingen.

2/ Ze kunnen alleen vruchtbaar nakomelingschap voortbrengen met leden van dezelfde soort en niet met leden van een andere soort.

3/ Het betreft een groep van individuele dieren, die voor wat de totale som van al hun eigenschappen (morfologische, fysiologische, enz.) betreft op een constante wijze meer op elkaar gelijken dan op leden van andere soorten.

### ► binominale nomenclatuur

*Oryctolagus cuniculus* (konijn)

- geslacht of genus: eerst – hoofdletter – schuin
- soort of species: tweede – geen hoofdletter - schuin

*O. cuniculus*

*Canus lupus* L. (wolf)

*Anser* spp.

## Reproductieve isolatie en species vorming in hagedissen

Anoles are a group of closely related lizards that occupy diverse habitats and niches.



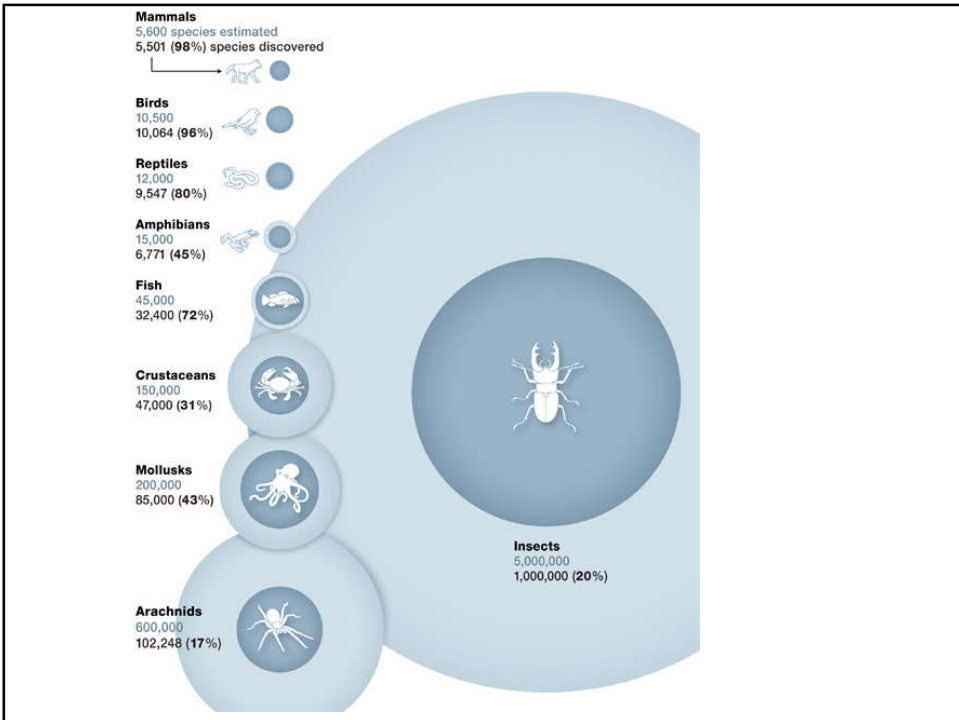
**Figure 9.19**

Nine species of fireflies living in the same area remain reproductively isolated by the different species-specific flight and flashing patterns of the males. Females respond only to the patterns of their own species. These species are also partly isolated by the different habitats (high in the trees, in shrubs, or close to the ground) where flight and mating occur.

## Hoeveel soorten zijn er ?

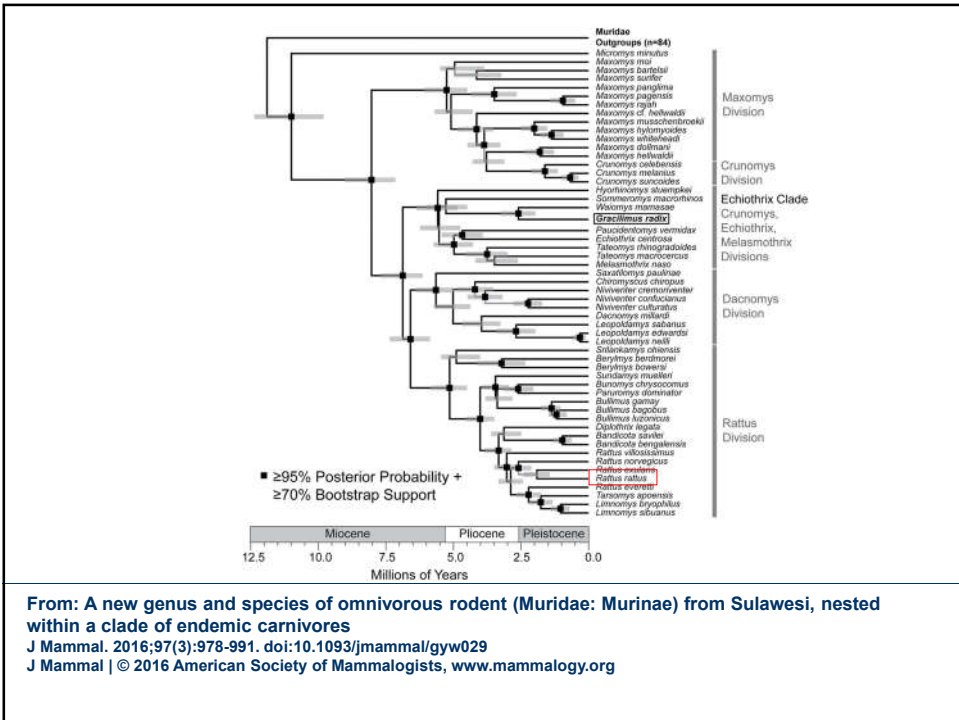
Verrassend genoeg weten wetenschappers beter hoeveel sterren er in de melkweg zijn dan hoeveel soorten er leven op aarde. Schattingen van het totaal aantal soorten variëren van 2 tot 100 miljoen, met "ergens rond de 10 miljoen" als meest aanvaarde raming. Daarvan zijn er slechts 1,4 miljoen door de wetenschap beschreven en erkend.

Nieuwe soorten worden nog dagelijks ontdekt, zelfs 'nieuwe' zoogdieren worden nog regelmatig beschreven. Gemiddeld worden elk jaar nog een drietal nieuwe vogelsoorten ontdekt, en dit jaar nog werd een nieuwe apensoort beschreven uit Tanzania. Voor andere gewervelde dieren is onze kennis evenmin volledig: naar schatting 40% van de Zuid-Amerikaanse zoetwatervis- sen wacht nog op beschrijving. Tijdens het laatste decennium werden nog twee volledig nieuwe stammen ontdekt (een stam is het hoogste niveau van classificatie van organismen, zoals de geleedpotigen of de bedektzadigen).



The indiscriminate rat (*Gracilimus radix*)

While most rodents are fairly consistently carnivorous, preferring to dine on other animals, this Indonesian cutie wants it all, and is one of the few truly omnivorous rats. Found only on the island of Sulawesi, this beastie is so unusual that it has been placed in its own genus.



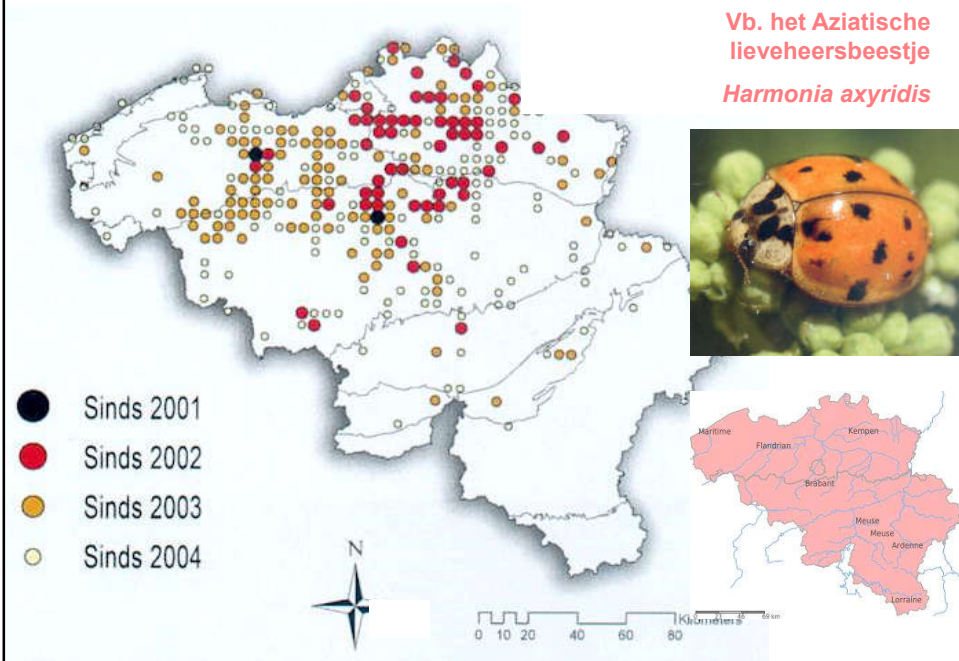
## Online bronnen systematiek

- [The Taxonomicon](http://taxonomicon.taxonomy.nl/)  
<http://taxonomicon.taxonomy.nl/>
  - Species look-up
  - View classification (Systema Naturae 2000)
  - View cladification (Systema Naturae 2000)
- [Pubmed - NCBI \(onder tab 'resources'\)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy)  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/taxonomy>
  - Taxonomy browser
  - Taxonomy common tree

## >> invasieve exoten

Vb. het Aziatische  
lieveheersbeestje

*Harmonia axyridis*



- M - pootafdruk kat – zwart met bleke randen
- groot formaat, > 5mm
- aggresieve predator
- verdringt endemische soorten, oa twee-stippig
- aggregeren in winter



Invasive species in Belgium

[Home](#) | [About BFIS](#) | [Species List](#) | [Risk Analysis](#) | [Harmonia](#) | [Resources](#) | [Outputs](#) | [Mailing List](#) | [Registry](#)

[Contact us](#) | [Login](#)

***Myocastor coypus*** - Coypu, Nutria

French name: Ragondin	Group: Mammals	 <b>A1</b> <small>species</small> <small>ISEIA Score : 12</small>
Dutch name: Bevernat	Origin: South America	
Family: Echimyidae	Habitat: freshwater	

Introduction: fur farming

© Vilda

**Naturalization in Belgium**

First observation in the wild: 1975  
 Invasion stage: spread  
 Spatial distribution: isolated

More on invasiveness: Riparian zones and wetlands.

**Invasiveness**

Reproduction in the wild:	yes
Dispersion potential:	high
Natural habitats:	high

**Distribution in Belgium**

Established populations

<http://ias.biodiversity.be/>

an information system dedicated to  
 alien species threatening native  
 biodiversity in Belgium and in  
 neighbour areas



## *Hermetia illucens* L., de zwarte soldatenvlieg (black soldier fly)



### WAAROM INTERESSE IN DEZE SPECIES?

Groeiende wereldbevolking en toenemende urbanisatie, samen met een stijging van het inkomen zorgen ervoor dat de vraag naar dierlijke producten (vlees, eieren, melk) zal blijven toenemen

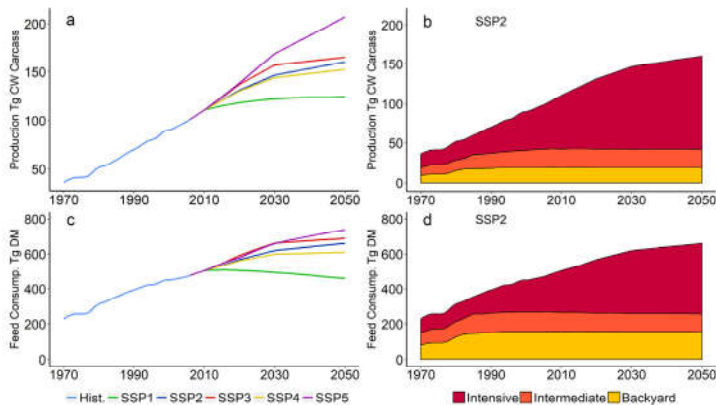
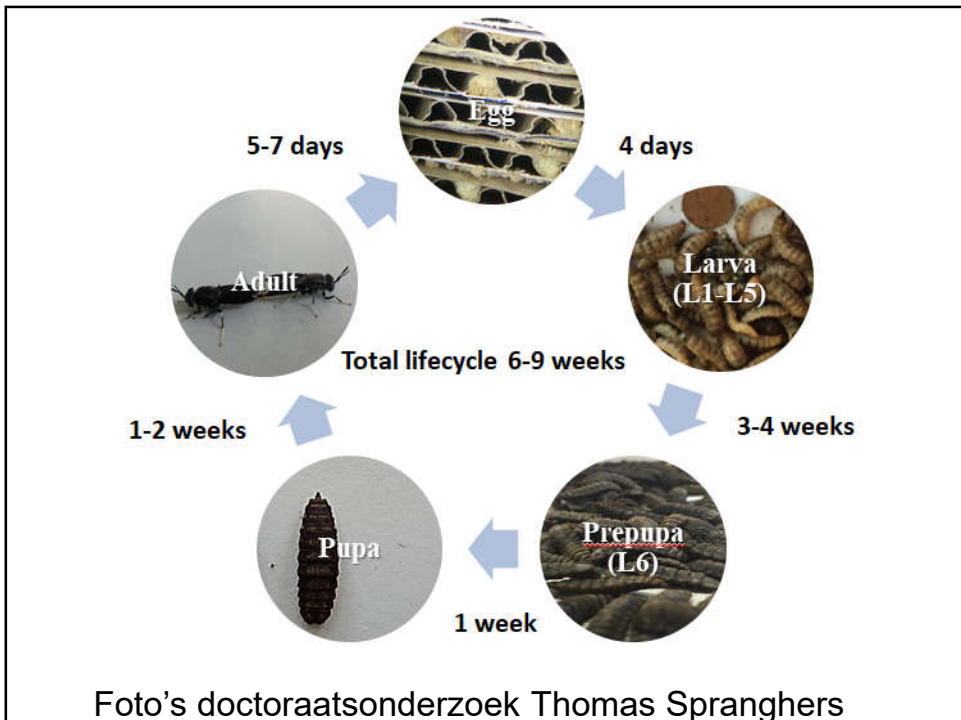


Fig. 4. Trajectories for global pig production and global feed requirements of pig production systems for the five SSPs (a, c); and pork production and feed demand for the SSP2 scenario for backyard, intermediate and intensive systems (b, d).

- Duurzaamheid van de intensieve dierlijke productie? Rol van soja?
  - **Soja** (voornamelijk verbouwd in VS, Argentinië en Brazilië > sojaplantages: ontbossing en verlies van reservoirs van biodiversiteit) geteeld om **olie** te winnen voor de **humane voeding**. Het restproduct na extractie van de olie, de **sojaschroot wordt hergebruikt in de diervoeding** omdat het rijk is aan eiwit
  - Transport van soja van Amerika naar Europa zorgt voor een hogere ecologische voetafdruk
  - Afhankelijkheid van import van soja en afgeleide producten



- De wereldwijde productie van soja in 2016 was 351.8 miljoen ton, waarvan slechts 2.6 miljoen ton in de EU. Daartegenover staat dat in 2016, 14.6 miljoen ton soja en 19.6 miljoen ton sojaschroot werd geïmporteerd.
- Waardige alternatieven?: vb. erwten, lupinen, eigen soja, bacteriën, algen, insecten??

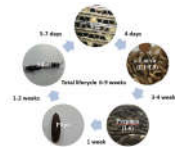


- Men acht dat de kweek van insecten voor het voederen bij dieren volgende voordelen zou kunnen hebben:
  - Lagere milieu-impact door het feit dat ze op een efficiënte manier rest/afvalstromen kunnen omzetten naar hoogwaardige biomassa, rijk aan eiwit
  - Lager land- en watergebruik
  - Nutritionele waarde van gekweekte insecten is hoog, daarbij worden dan de larven geogost (volwassen insecten zijn niet interessant omwille van hoog chitine gehalte). Eiwitgehalte van larven is meestal hoger dan 30%, en rijk aan essentiële aminozuren (bouwstenen van eiwit)
- Het natuurlijk habitat van *H. illucens* zijn de (sub)tropische en gematigde streken van Amerika (45°N, 40°Z).

WAT ZIJN DE RISICO'S VOOR MOGELIJKE VERSPREIDING EN VESTIGING IN ONS KLIMAAT?

- ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT
- COLD TOLERANCE

Life stage	Body weight (g)	SCP (°C)	LTime <sub>90</sub> (days)
Early instar (L2-L3)	0.052	-9.54	6.41
Late instar (L4-L5)	0.207	-7.28	8.52
Prepupa	0.207	-11.53	10.9
Pupa	0.192	-13.70	11.46
Adult (sexes pooled)	0.096	-10.00	
Male adult	0.092	-10.05	
Female adult	0.108	-9.91	



- The SCP, super cooling point is the temperature at which the body liquids freeze, ultimately leading to death ( $-0.5\text{ °C} / \text{min} > \text{detection of release of exothermal heat with thermocouples}$ )
- LTime<sub>90</sub> or the time point at which 90% of the population is expected to die when kept at 5°C (incubated at 5°C and then transferred for rearing until emergence of adults)

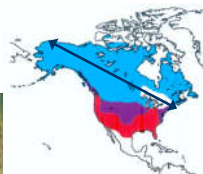
Bij een **polytypische diersoort**; d.w.z een diersoort die uit verschillende ondersoorten of rassen bestaat kan een derde naam toegevoegd worden (trinominale nomenclatuur)

*Branta canadensis* of Canadese gans (> 12 ondersoorten)

donkerder



*Branta canadensis leucopareia*



groter (tot 7x)



*Branta canadensis moffitti*

# Ganzenwijzer - Wat doen in geval van ganzenschade?

Als landbouwer kunt u geconfronteerd worden met ganzen die schade aanrichten aan uw percelen. Doorloop deze ganzenwijzer en ontdek stapsgewijs wat u hieraan kunt doen. Het is hierbij belangrijk om na te gaan over welke ganzen het precies gaat.

Vorkom en verjaag de ganzen tijdig met behulp van vlaggen, vogelverschrikkers, geluiden... indien er schade is of dreigt op uw percelen door de aanwezigheid van ganzen.

Zijn de ganzen verdwenen?

JA

NEE

Welke ganzen zijn het? Bestudeer het uiterlijk van de ganzen en bepaal onder welke groep de ganzen vallen. De maatregelen die u kunt treffen, verschillen voor elke groep.

## Niet bejaagbaar of beschermd

### KLEINE RIETGANS



- middelgrote grijze gans
- donkere hals en kop
- korte donkere snavel met roze dwarsband
- roze poten
- enkel in wintermaanden

### RIETGANS



- middelgrote bruine gans
- donkere snavel met oranje dwarsband
- oranje poten
- enkel in wintermaanden

### KOLGANS



- middelgrote grijze gans
- witte bles rond roze snavel
- zwarte buikstrepen (bles en buikstrepen, afwezig bij jonge vogels)
- oranje poten
- enkel in wintermaanden

### BRANDGANS



- middelgrote zwart-witte gans
- donzige witte kop en onderlijf
- zwarte snavel, hals en poten

## Bejaagbaar

### GRAUWE GANS



- grote, lichtgrijze gans
- dikke oranje of oranjegele snavel
- roze poten

### CANADESE GANS



- grote gans
- zwarte kop met typische witte kinband
- lange zwarte hals
- beige borst en buik
- zwarte poten

## Niet beschermd

### BOERENGANS



- tamme, gedomesticeerde gans
- kan wit, gevekt... zijn

### INDISCHE GANS



- witgrijze gans
- horizontale kopstrepen
- verticale halsstreep

### MAGELHAENGANS



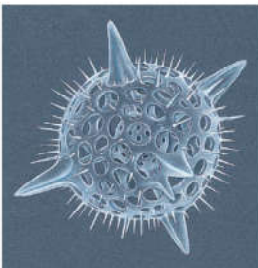
- mannetje:**
- wit-grijs gestreept
- zwarte snavel en poten
- vrouwtje:**
- bruin-grijs gestreept
- zwarte snavel, gele, poten

### NIJLGANS

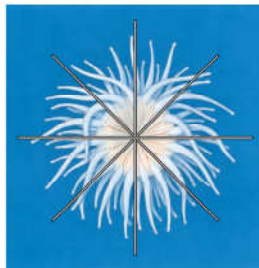


- gansachtige eend
- kenmerkende 'bril' rond de ogen
- bont verenkleed

## Symmetrie in het dierenrijk



Spherical symmetry



Radial symmetry



Bilateral symmetry

Figure 9.1

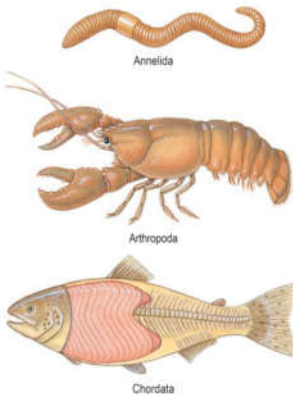
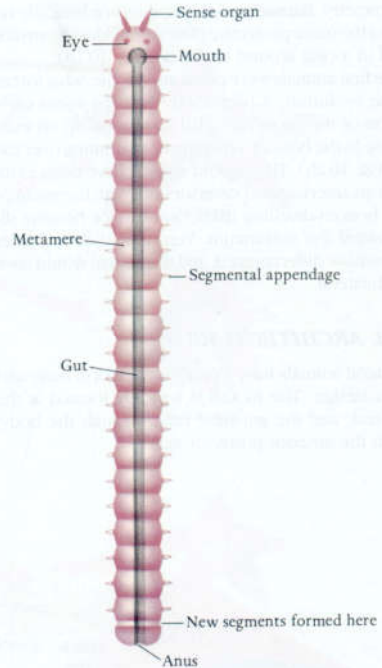
Animal symmetry. Illustrated are animals showing spherical, radial, and bilateral symmetry.



Beweging  
Cephalizatie

## Metamerisatie of segmentatie

lichaam bestaat uit een lineaire reeks **metameren of segmenten** die stuk voor stuk volgens hetzelfde basisplan gebouwd zijn.



- Annelida (ringwormen; vb. regenworm) :  
alle metameren of segmenten in essentie gelijk en zowel *in-* als *uitwendig* zichtbaar
- Arthropoda (geleedpotigen; vb. kreeft, insect) :  
meestal zijn de metameren of segmenten verschillend en hoofdzakelijk *uitwendig* te zien
- Chordata (chordadieren; vb. vis, mens) :  
hoofdzakelijk *inwendig* te zien (wervels, lichaamsspieren, sommige zenuwen ...)

## Complexiteit en lichaamsgrootte

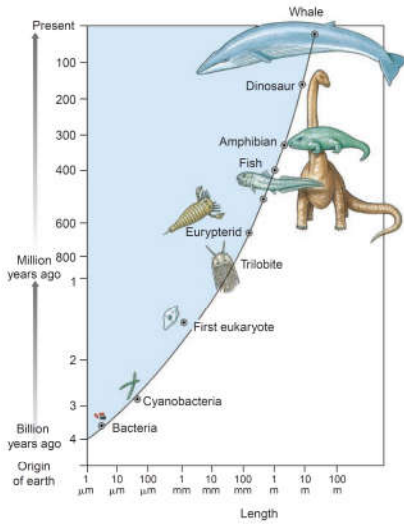


Figure 9.13

Graph showing the evolution of size (length) increase in organisms at different periods of life on earth. Note that both scales are logarithmic.

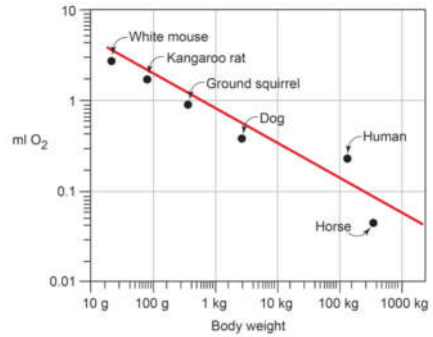


Figure 9.14

Net cost of running for mammals of various sizes. Each point represents the cost (measured in rate of oxygen consumption) of moving 1 g of body over 1 km. Cost decreases with increasing body size.

## Verschillende vormen van samenleven van organismen

**COMMENSALEN** : één soort voordeel haalt voordeel uit de relatie maar de andere wordt niet benadeeld



**SYMBIONTEN** : beide partners zijn van elkaar afhankelijk voor hun voeding, of hebben wederzijds enig voordeel

gastheer + symbiont



bligaat of facultatief

**PARASIETEN :**

organismen die, tijdelijk of bestendig andere organismen als levensmiddel gebruiken en zich, wegens de beperktheid van hun eigen synthesesmogelijkheden, in stand houden ten koste van die gastheer, zonder steeds de dood van deze gastheer te veroorzaken.

- ectoparasieten
- endoparasieten



*Ascaris lumbricoides suis*  
(varkensspoelworm)



David G. Fox

*Hirudo medicinalis*  
(geneeskundige bloedzuiger)

Aangepaste lichaamsbouw

Hoge reproductiecapaciteit

**PREDATOREN :** dieren die zich voeden met talrijke andere, meestal kleinere dieren.