

# TOCHT DOOR DE EVOLUTIE

---

VWO 5/6



**Welkom in de Hortus!**

In deze serie opdrachten ga je op zoek naar de werking van de evolutie in het plantenrijk.

### Voor je begint

Evolutie is eigenlijk een reality game dat zich afspeelt in de natuur en nooit eindigt.

Ook deze serie opdrachten is een soort spel, een zoektocht naar antwoorden.

De sleutels voor de beantwoording kun je overal vinden. In de folders en tekstborden van de Hortus, maar vooral door goed te kijken naar de planten zelf.

Op sommige vragen heeft de wetenschap (nog) geen goed antwoord. Door mee te denken sta ook jij dan samen met anderen aan de grens van onze kennis!

### Hoe ga je aan de slag?

- Alleen als dat in de vraag staat, mag je de planten aanraken, anders niet!
- Alle vragen hebben een nummer. Als een nummer op a, b of c eindigt, mag je één van de vragen kiezen.
- Op de plattegronden zie je op welke plaats je de vragen kunt beantwoorden.
- Eerst maak je de vragen 1 t/m 9.  
In de laatste 10 minuten maak je de vragen Z1 en Z2.

Dit zijn de te maken vragen:

1a	1b	
2		
3a	3b	
4a	4b	
5		
6a	6b	
7a	7b	
8a	8b	
9		
Z1		
Z2a	Z2b	Z2c

6a alleen in de zomer!

# Heel veel plezier in de Hortus!

# PLATTEGROND VAN DE HORTUS



# PLATTEGROND DRIEKLIMATENKAS



## OPGAVE 1 A | OOSTENRIJKSE EIK, STAMBEGROEIING

**De schors van een boom vormt de leefomgeving van veel dieren en planten. Je noemt zo'n leefomgeving een biotoop.**

**Zoek de Oostenrijkse eik naast het terras van het café (de Oranjerie).**

1. Noteer zoveel mogelijk groepen van organismen (zoals: 'bacteriën') die leven op de schors van deze boom.
2. Eerst leefde er niets op de schors van het jonge boompje.  
In welke volgorde denk je dat deze groepen van organismen op deze boom verschenen?

**In dezelfde volgorde hebben vertegenwoordigers van deze organismen het land veroverd tussen 2000 en 350 miljoen jaar geleden! De verovering van het land wordt voor je ogen nagespeeld.**

3. Verklaar waarom in de loop van de evolutie de dieren later op het land kwamen dan de planten.

## OPGAVE 1 B | KASLOKAAL, EERSTE LANDPLANTEN

**De eerste landplanten zijn 425 miljoen jaar oud en stammen af van kranzwieren. Kranzwieren bestaan nog steeds (zie foto's hieronder). Het zijn meercellige algen die in schoon, voedselarm water groeien.**

**In het kaslokaal zie je enkele replica's van de eerste landplanten. Uit deze planten zijn later de varens en de wolfsklauwen ontstaan.**

**Eén van de replicaplanten is de *Cooksonia*. De *Cooksonia* is naast de mossen de eerste echte landplant.**

1. Noem drie overeenkomsten tussen een kranzwier en de *Cooksonia*.
2. Noem drie verschillen in bouw tussen een kranzwier en de *Cooksonia*.
3. Waarom konden de planten niet veel eerder aan land komen?
4. Waarom kwamen de planten eerder aan land dan de dieren?



In de woestijnkas zie je tegen de paal bij de deur naar de subtropische kas een klimplant met bruine stam en groene bladeren. Dat is een *Pereskia*. Van de *Pereskia*'s stammen alle cactussen af.

Zoek de hoge zuilvormige Rotscactus, *Cereus sp.*, aan de andere kant van de kas.



1. Beargumenteer of het groene deel van de rotscactus stengel of blad is.

Als we de rotscactus vergelijken met de *Pereskia* vallen een aantal verschillen op.

**Bij de rotscactus:**

- (1) zijn er geen bladeren,
- (2) is er alleen een verticale stam,
- (3) is de stam groen,
- (4) is de stam veel sterker bestekeld,
- (5) is de stam dikker.

**Biotische en abiotische factoren zorgen voor selectiedruk op de planten in de woestijnen waar de rotscactus voorkomt.**

2. Noteer bij elk van de vijf kenmerken welke omgevingsfactor(en) door selectiedruk tot dat kenmerk geleid kunnen hebben.
3. Beargumenteer in welke volgorde de vijf kenmerken in de loop van de evolutie tot stand zijn gekomen.

## OPGAVE 3 A | WOESTIJKAS, CACTACEAE - APOCYNACEAE - DIDIEREACEAE

In deze opgave ga je de volgende drie planten met elkaar vergelijken:

**Rotsactus (*Cereus sp.*), hoge cactus links naast de schuifdeur.**

**Fantsiolitse (*Alluaudia lamerei*), staat in het bed langs de smalle gracht/Hortusplantsoen.**

**Halfmens (*Pachypodium namaquanum*), staat in hetzelfde bed als Fantsiolitse.**

**Deze drie cactusachtige planten zijn geen familie van elkaar.**

1. Noteer de wetenschappelijke naam, de plantenfamilie en het verspreidingsgebied van deze planten.
2. Noteer twee niet-algemene kenmerken die ze alle drie gemeenschappelijk hebben én twee kenmerken die juist verschillen.
3. Vergelijk de klimaatdiagrammen van hun verspreidingsgebieden (zie bijlage). Gebruik voor *Pachypodium namaquanum* het klimaatdiagram van Zuid-Afrika Nama Karoo. Geef een ecologisch-evolutionaire verklaring voor het feit dat deze planten die géén familie van elkaar zijn, toch die gemeenschappelijke kenmerken hebben.

## OPGAVE 3 B | WOESTIJKAS, *PACHYPODIUM*

In deze opgave ga je de volgende drie planten met elkaar vergelijken:

**Vontaka (*Pachypodium lamerei*), staat in het bed langs de smalle gracht/Hortusplantsoen.**

**Halfmens (*P. namaquanum*), staat in hetzelfde bed als Vontaka.**

**Kragman (*P. bispinosum*), staat in het kleine bed langs de Nieuwe Herengracht.**

**De gezwollen knol van *P. bispinosum* is in feite een stuk van de wortel, die normaal gesproken ondergronds verborgen is.**

1. Noteer twee kenmerken die ze alle drie gemeenschappelijk hebben, maar die niet alle planten in de kas hebben. Noteer ook twee kenmerken die verschillen.
2. Bekijk de klimaatdiagrammen van hun verspreidingsgebieden (zie bijlage). *P. namaquanum* groeit in Nama Karoo, waar veel nachtelijke dikke mist voorkomt. *P. bispinosum* groeit in de buurt van Port Elizabeth in het uiterste zuiden van Zuid-Afrika. *P. lamerei* groeit in Madagaskar. Leg indien mogelijk een verband tussen de abiotische factoren en het uiterlijk van de planten.
3. Beredeneer in welke leefomgeving een plant evolutionair voordeel heeft bij stekels. Beredeneer en benoem ook eventuele evolutionaire nadelen van het bezit van stekels.

**Ongeveer 80 miljoen jaar geleden waren Madagaskar en Afrika verbonden met Antarctica. Zij vormden één leefgebied, waar planten groeiden en nog geen ijs lag. Daarna raakten ze gescheiden. In Afrika vinden we vijf *Pachypodium* soorten en op Madagaskar 16. Uit onderzoek weten we vrijwel zeker dat het geslacht *Pachypodium* minder dan 65 miljoen jaar geleden ontstond.**

4. Beredeneer op welke plaats een oer-Pachypodium zal hebben gegroeid waaruit de huidige soorten zijn ontstaan. Beredeneer ook hoe de drie soorten uit deze opdracht zich kunnen hebben verspreid en ontwikkeld.

## OPGAVE 4A | TROPISCHE KAS, *PSYCHOTRIA PUNCTATA*



Zoek in de tropische kas, bij de uitgang naar de woestijnkas, naar de *Psychotria punctata*, een familielid van de koffieplant, met rode bessen. Het geslacht *Psychotria* vinden we in de tropen op zuidelijke continenten.

In de bladeren zitten kleine donkergroene puntjes. Deze puntjes zijn bacteriekolonies die via de huidmondjes in het blad naar binnen gegroeid zijn. Alle bladeren hebben deze bacteriën. De bacteriën maken groeihormonen aan voor de plant. Kiemplantjes zonder bacteriën gaan snel dood.

We vinden deze bacteriesoorten alleen op de *Psychotria*-planten.

1. Hoe noem je deze vorm van samenleven van bacterie en plant? Omcirkel wat van toepassing is.  
Symbiose | Plantenluis | Parasitisme | Mutualisme | Commensalisme | Predatie

Alleen een aantal *Psychotria*-soorten uit Afrika hebben deze bacteriekolonies. Elk van deze *Psychotria*-soorten heeft zijn eigen bacteriestam. De kiemplantjes hebben steeds dezelfde bacteriestam als de moederplant.

2. Welke vormen van evolutie kun je hierin herkennen? Omcirkel wat van toepassing is.  
Mycorrhizae | Convergente evolutie | Divergente evolutie | Degeneratie | Co-evolutie
3. In welk continent heeft de 'besmetting' van de *Psychotria*-soort plaats gevonden?
4. Alle bladeren zijn bezet door bacteriekolonies. Hoe zouden de bacteriën dit voor elkaar krijgen? Hoe denk je dat elke bacteriekolonie start op de groeiende plant?
5. In welk stadium van de levenscyclus van de *Psychotria* moeten de bacteriën beslist aanwezig zijn? In welk plantendeel zullen we ze dus moeten vinden?

## OPGAVE 4B | TROPISCHE KAS, REUZENBAMBOE

Zoek in de tropische kas op het laagste punt de Reuzenbamboe, *Dendrocalamus giganteus*. Tussen de bamboe staat een in de lengte doorgesneden bamboestengel, die de holle leden toont (zie ook de afbeeldingen hieronder). De Reuzenbamboe is de snelst groeiende landplant op aarde. Bij gunstige omstandigheden kan hij wel 50 cm per dag groeien!

1. Hoeveel millimeter is dat per seconde? Kun je hem zien groeien?

In de natuur wordt hij gemiddeld 30, en maximaal 48 meter hoog.

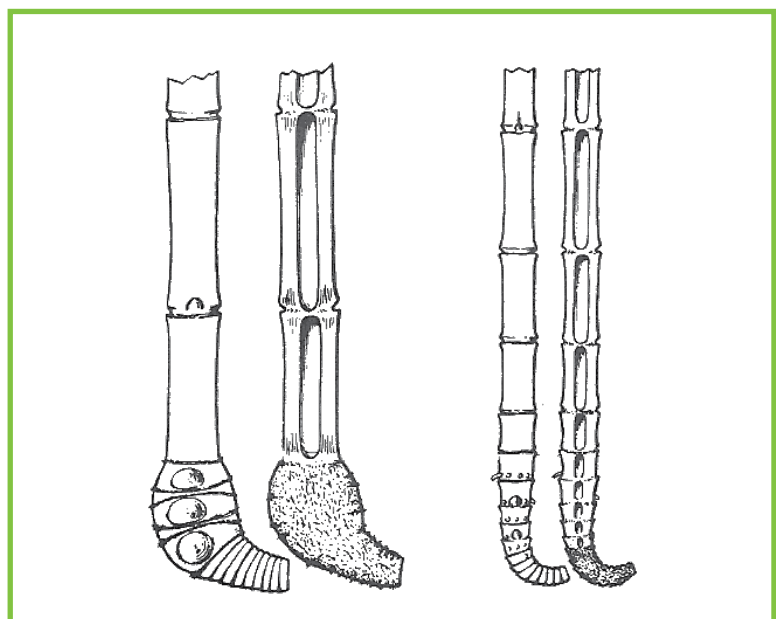
Elke nieuwe scheut groeit vanuit de groeiende wortelstok, zodat na verloop van tijd een heel gebied dicht groeit met bamboe.

De plant met al zijn uitbereidingen bloeit pas na ongeveer 120 jaar. Hij produceert enorm veel zaad en sterft daarna af. Een hele streek is daarna bezaaid met het zaad en dode bamboeresten.

2. Welke eigenschappen van de bamboestengel maken hem geschikt voor snelle groei?

Evolutie speelt 'als proces' in de natuur altijd mee. Maar op welke manier weten we vaak niet. Op de volgende vragen heeft de wetenschap nog geen goed antwoord.

3. Hoe kan selectiedruk de Reuzenbamboe tot zo'n snelle groei gebracht hebben?
4. Hoe kan selectiedruk tot zo'n lange levenscyclus leiden?
5. Het lijkt dat de Bamboe nogal vreemd en inefficiënt met zijn energie omgaat. Stel je eens voor dat de plant slechts 5 meter hoog zou worden met een veel kortere levenscyclus en gelijke zaadproductie. Waarom heeft de evolutie niet tot zo'n veel 'slimmere' plant geleid?





## OPGAVE 5

## TROPISCHE KAS, *TRADESCANTIA ZEBRINA*

Zoek in de tropische kas, langs het naar de vijver afdalende trapje, naar de grondbedekkende plant waarvan de bladen bovenop zilverige strepen hebben en onderop onverwacht gekleurd zijn.

Deze *Tradescantia zebrina* uit Mexico kan goed in de schaduw groeien.

1. Pluk voorzichtig één blaadje en peuter dat open. In welke laag van het blad zit de paarsrode kleurstof?
2. Welke kleuren van het licht worden geabsorbeerd en welke worden weerkaatst door het gekleurde laagje?
3. Welke kleuren worden door bladgroenkorrels geabsorbeerd?
4. Beredeneer op basis van het voorgaande wat voor de *Tradescantia* het voordeel is van de paarsrode onderkant van het blad. (Dit is ook precies de reden waarom het zo'n dankbare kamerplant is!)
5. Hoe heeft natuurlijke selectie deze eigenschap kunnen bevorderen?



## OPGAVE 6A

### CARNIVORENPERK, *SARRACENIA* BEKERPLANTEN (ALLEEN IN HET ZOMERHALFJAAR!)



**In het carnivorenvak staat een aantal ‘vleesetende’ planten. De planten met de staande bekervallen zijn *Sarracenia* uit Noord-Amerika. Zij leven daar in een voedselarm veengebied met lage pH en hoge regenval. Controleer eerst of de bekervallen al iets ‘gevangen’ hebben. Kijk goed!**

1. Welke organismen worden in de bekervallen gevangen?
2. Beredeneer uit welk orgaan (wortel, stengel, blad, bloem) de bekervallen zijn ontstaan.
3. Hoe denk je dat de eigenschappen van de natuurlijke leefomgeving hebben geleid tot het ontstaan van deze vleesetende planten?

## OPGAVE 6B

### VLINDERKAS, *NEPENTHES* BEKERPLANTEN



**Achter in de kas hangt een ‘vleesetende’ plant. De planten met hangende bekervallen zijn *Nepenthes*. Het zijn klimplanten en soms epifyten die groeien in mistige, met mos bedekte wouden in Indonesië en Madagaskar. Ze vangen insecten die verdrinken in de vloeistof onderin de beker.**

1. Uit welk deel van de plant (wortel, stengel, blad, bloem) zijn de bekervallen gevormd?
2. Teken in drie achtereenvolgende groeistadia de vorming van een nieuwe beker. Wat is, denk je, de betekenis van het ‘deksel’ boven de beker?
3. Hoe denk je dat de eigenschappen van de natuurlijke leefomgeving hebben geleid tot het ontstaan van deze vleesetende planten?

## OPGAVE 7A | VLINDERKAS, WAARDPLANTEN - VLINDERS- VOGELS

In deze kas houdt de Hortus haar vlinders en de planten waarop zij leven. Meteen links naast de deur staat een vitrine met een paar *Passiflora*-plantjes.

De rupsen van de Vliegende Hollander (*Heliconius*-vlinder) eten het blad van de *Passiflora* of passiebloem.

De vlinders zelf drinken nectar bij verschillende bloemen. De vlinders zijn giftig voor vogels.

Planten beschermen zichzelf tegen insectenvraat en rupsenvraat door de vorming van gifstoffen. *Passiflora* maakt ook zulke gifstoffen. Rupsen van de Vliegende Hollander zijn echter ongevoelig voor het gif van de passiebloem omdat ze het opslaan in celcompartimenten waar het geen invloed heeft.

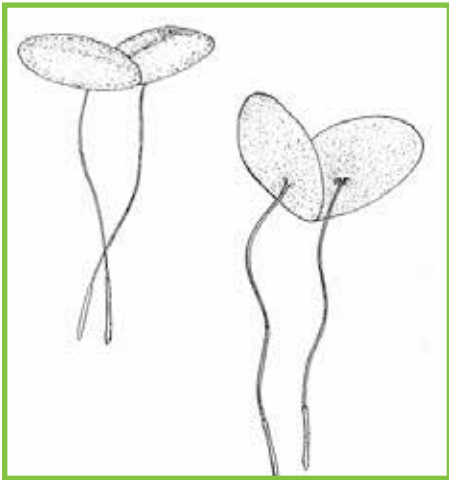
De rupsen zelf lopen weer het risico opgegeten te worden door vogels.

Zoek en bekijk eerst de rupsen op de *Passiflora*-plant in de vitrine.

1. Hoe komen de vlinders aan hun gifstoffen?
2. Beredeneer waarom het voor de rupsen gunstiger is het gif op te slaan dan het uit te scheiden of af te breken.
3. Tijdens elke stap van de evolutie ontwikkelt zich één eigenschap bij de waardplant, of bij het insect, of bij de rups & vlinder, of bij de vogel. Vul in onderstaand schema in hoe jij denkt dat de evolutie stapsgewijs heeft plaatsgevonden tussen deze vier organismen. Het uitgangspunt is de situatie dat insecten en rupsen van de nog niet giftige waardplant eten en dat de rupsen en vlinders door de vogels bejaagd worden. Je hoeft niet alle vakjes te gebruiken.

	<i>Passiflora</i> -plant	Insecten	<i>Heliconius</i> rups & vlinder	Vogels
<b>Beginsituatie</b>	P. plant is niet giftig.	Insecten eten van plant.	H. rupsen eten van plant.	Vogels eten H. rups en vlinder en andere insecten.
<b>Stap 1</b>				
<b>Stap 2</b>				
<b>Stap 3</b>				
<b>Stap 4</b>				
<b>Stap 5</b>				
<b>Stap 6</b>				
<b>Stap 7</b>				
<b>Huidige situatie</b>	P. plant is giftig.	Insecten mijden P. plant.	H. vlinders leggen eitjes bij voorkeur op P. plant.	Vogels mijden H. rups en vlinder.

## OPGAVE 7B | VLINDERKAS, KROOS



**Achter in de kas in het waterbassin drijft kroos op het water. Kroos is een plantje uit de Aronskelfamilie en groeit in het rustige milieu van de Hollandse sloten. Kroos is het kleinste plantje in de Hortus! Kroos vermeerdert zich voornamelijk vegetatief.**

1. Haal één kroosplantje uit het water en noteer welke organen je ziet – en welke je niet ziet.
2. Verklaar het ontbreken van organen. Noteer een vergelijkbare situatie bij de mens of bij zeezoogdieren.
3. Noteer factoren die ertoe geleid kunnen hebben dat kroosplantjes niet groter of ingewikkelder zijn geworden in de loop van de evolutie, maar juist simpeler.

**Kroos bloeit zelden. Er is zelfs een inheemse kroossoort, Wortelloos kroos, die in Europa nooit bloeiend is aangetroffen!**

4. Leg uit hoe evolutie ook werkt bij populaties van planten die nooit bloeien.

## OPGAVE 8A | CONIFERENPERK, WOLLEMI PINE

**Lees de tekst op het bord. De Wollemi is, zoals je op het bord kunt lezen, een 'levend fossiel'.**

1. Wat betekent de term 'levend fossiel'?
2. Beredeneer of ieder van de twee natuurlijke populaties Wollemi's een grote of een kleine genetische variatie heeft.
3. Beargumenteer of in zo'n vallei de wet van Hardy-Weinberg wel of niet geldig is.
4. Bij het onderzoek van de natuurlijke populatie worden de onderzoekers volledig ontsmet voordat ze naar de bomen gaan. Waarom gebeurt dat? Waarom doet men dat niet bij de lokale dieren?
5. Noteer een levend fossiel uit het dierenrijk (als je die kent).

## OPGAVE 8B | HALFROND, JAPANSE NOTENBOOM

De *Ginkgo biloba* is, zoals je op het bord kunt lezen, een 'levend fossiel'. De *Ginkgo's* ontstonden ca. 170 miljoen jaar geleden, op hun hoogtepunt kenden ze 16 geslachten. Tot aan de laatste ijstijd kwamen ze overal op het noordelijke halfrond voor, ook in Nederland. In centraal China heeft een restpopulatie kunnen overleven. Van daaruit is de boom weer verspreid over de wereld.

1. Wat betekent de term 'levend fossiel'?
2. Er is nog een redelijke genetische variatie onder de *Ginkgo's*. Wat zegt dat over de restpopulatie in China?
3. Beredeneer of die restpopulatie na de ijstijden genetisch armer is door het bottleneck effect of door het founder effect.
4. Waarom is een flinke genetische variatie belangrijk voor het voortbestaan (en de evolutie) van een soort?
5. Noteer een levend fossiel uit het dierenrijk (áls je die kent).



## OPGAVE 9 | PALMENKAS, CYCADEEËN

Lees de tekst bij de Oostkaapse broodboom inde koepel van de Palmenkas. Bestudeer de teksten in de laden van de cycadeeënvitrine, in de rechtervleugel van de kas. De cycadeeën zijn naaktzadige planten die de opkomst, de hoogtijdagen en het uitsterven van de dinosauriërs hebben meegemaakt.

1. Noteer twee kenmerken van de bladeren van de Oostkaapse broodboom.

In de middenvitrine van de houten kast zie je rechts 'stenen op steeltjes'. Zoek en lees hierbij de tekst van de lade 'Oeroud'.

2. Wat is het verband tussen de stenen en de dino's op de achtergrond?
3. Wat is een mogelijk verband tussen de stenen, de dino's en de broodboom?
4. De dinosauriërs zijn ca. 65 miljoen jaar geleden uitgestorven. Ook de cycadeeën zijn als groep aan het uitsterven. Welke relatie kan er zijn tussen de cycadeeën en dino's?
5. Bekijk op de globe de huidige verspreiding van de cycadeeën. Geef een verklaring voor het feit dat ze op bijna alle continenten voorkomen.

## Z1

Kies twee vragen die je gemaakt hebt en kruis aan welke begrippen je hebt gebruikt bij de beantwoording.

Lijst van begrippen	Vraag nr. ....	Vraag nr..
Abiotische factoren		
Adaptatie		
Biotische factoren		
Co-evolutie		
Competitie		
Convergente evolutie		
Divergente evolutie		
Ecologie		
Ecologische niche		
Fotosynthese		
Genetische drift		
Inteelt		
Functieverandering		
Levensvatbaarheid van een populatie		
Natuurlijke selectie (= ecologische selectie)		
Natuurlijke variatie		
Populatie		
Wet van Hardy-Weinberg		
Restpopulatie		
Seksuele selectie		
Selectiedruk		
Soortvorming		
Stamboom		
Uitsterven		

## Z2A

Zoek in de Hortus twee eigen voorbeelden van co-evolutie. Noem de deelnemende organismen en beargumenteer waarom dit voorbeeld van co-evolutie zijn.

## Z2B

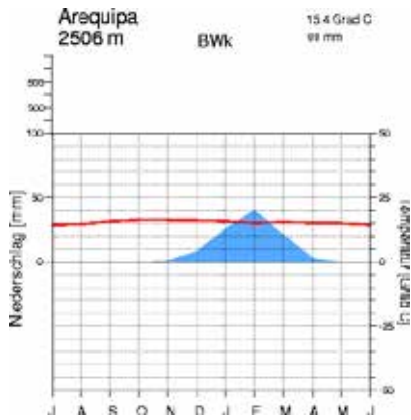
Zoek in de Hortus twee eigen voorbeelden van convergente evolutie. Noem de deelnemende organismen en beargumenteer welke factoren geleid kunnen hebben tot deze vorm van convergente evolutie.

## Z2C

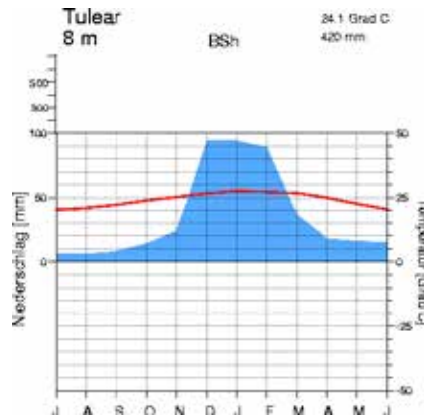
Zoek in de Hortus twee eigen voorbeelden van divergente evolutie. Noem de deelnemende organismen en beargumenteer welke factoren geleid kunnen hebben tot deze vorm van divergente evolutie.

Let op de maandaanduidingen! De maanden lopen van juli t/m juni of van 1 t/m 12.

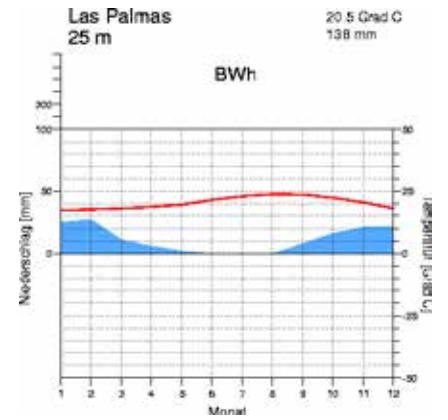
Rood = temperatuur, Blauw = neerslag.



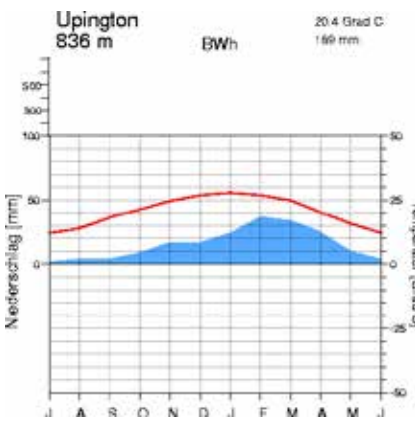
Peru 'bergwoestijn'



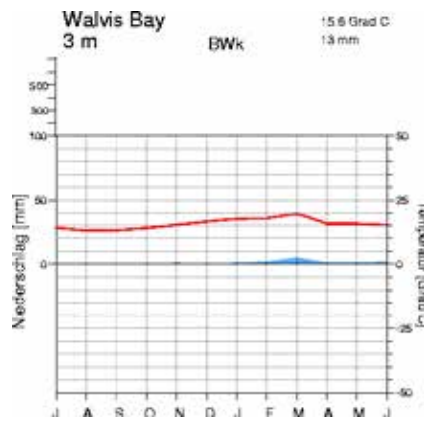
Zuid-West Madagaskar



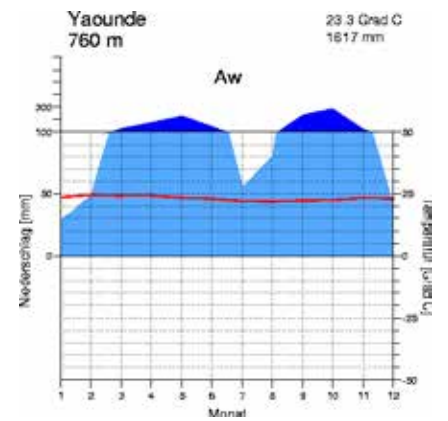
Canarische eilanden



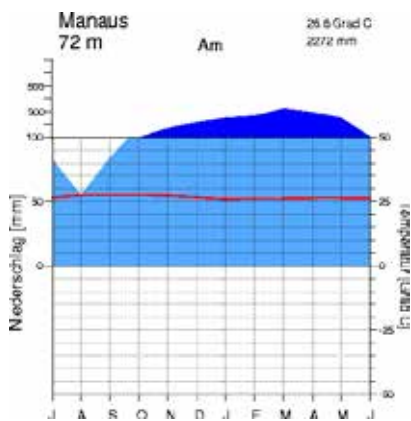
Zuid-Afrika Nama Karoo



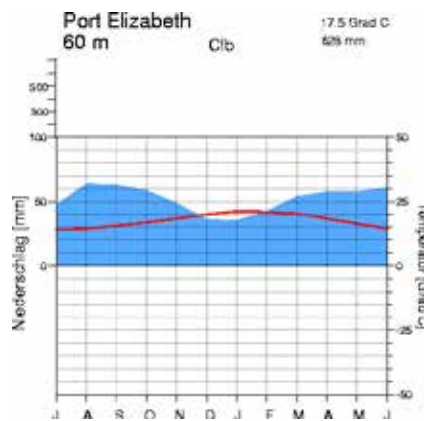
Namibië 'kustwoestijn'



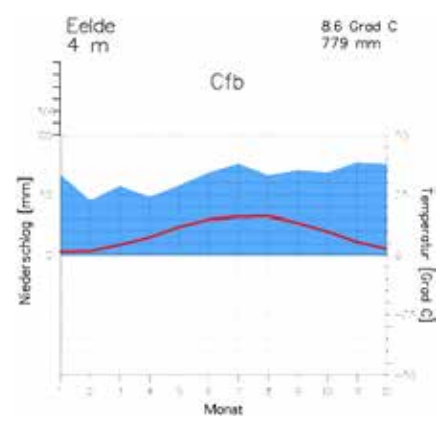
Kameroen 'regenwoud'



Amazone 'regenwoud'



Zuid-Afrika Oostkaap



Nederland

**Tot ziens in de Hortus!**

**de hortus**

**Hortus Botanicus Amsterdam - anno 1638**