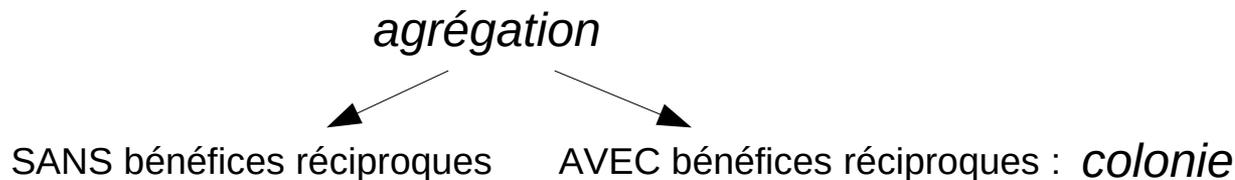


# Evolution de la socialité

Quelques définitions

Coopération: Activité collective dont bénéficient tous les partenaires.

Groupe social: ensemble d'individus de même espèce impliqués dans des interactions coopératives. **Notion d'entre-aide**



Facteurs potentiels de la sélection de l'entre-aide:

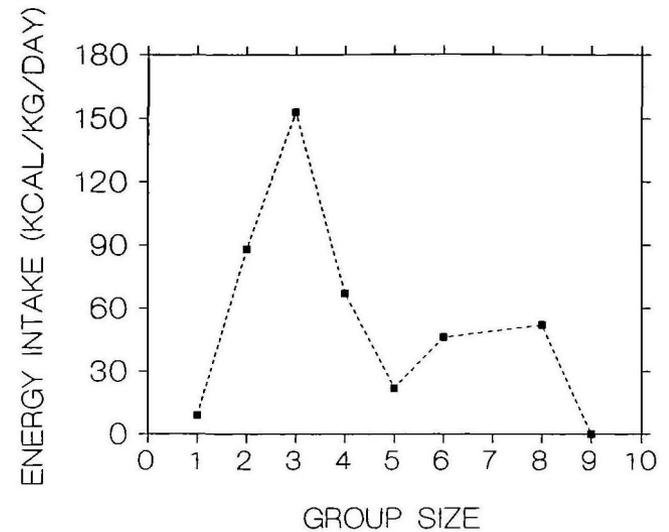
- Bénéfices directs
- Réciprocité
- Sélection de parentèle
- Effet barbe verte

Facteurs potentiels de la sélection de l'entre-aide:

**- Bénéfices directs**

- Réciprocité
- Sélection de parentèle
- Effet barbe verte

Augmentation de la fitness due à son propre comportement



Baird & Dill 1996

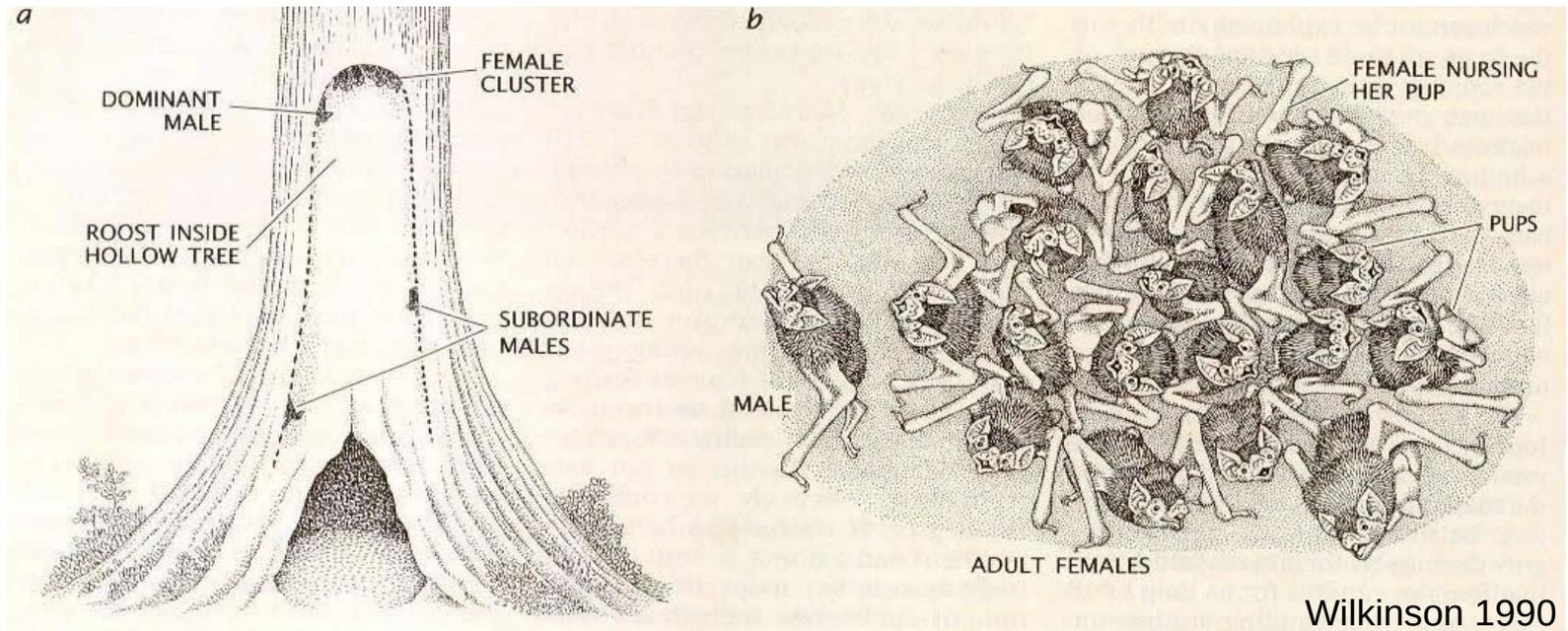
Facteurs potentiels de la sélection de l'entre-aide:

- Bénéfices directs
- **Réciprocité**
- Sélection de parentèle
- Effet barbe verte

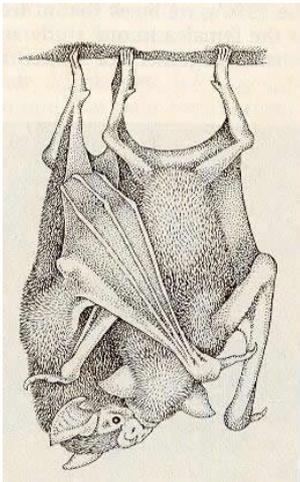
Augmentation de la fitness due au comportement de l'individu aidé

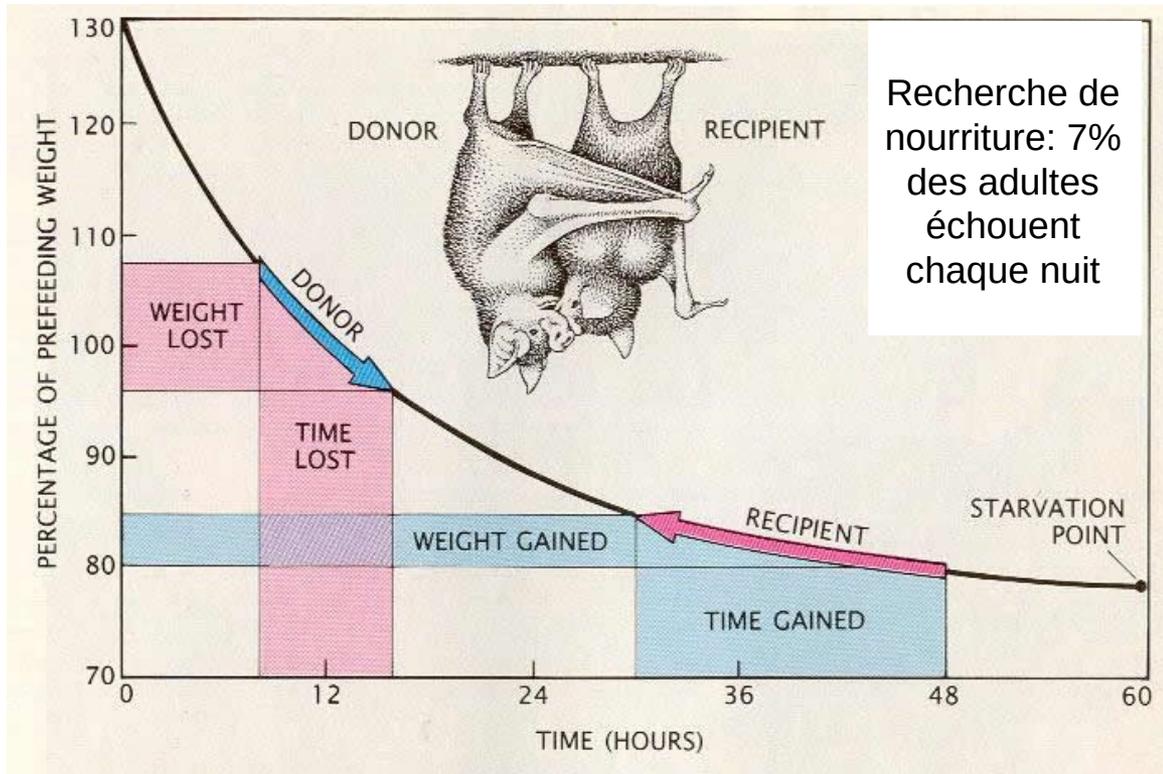
*Exemple: Partage de la nourriture chez Desmodus rotundus*





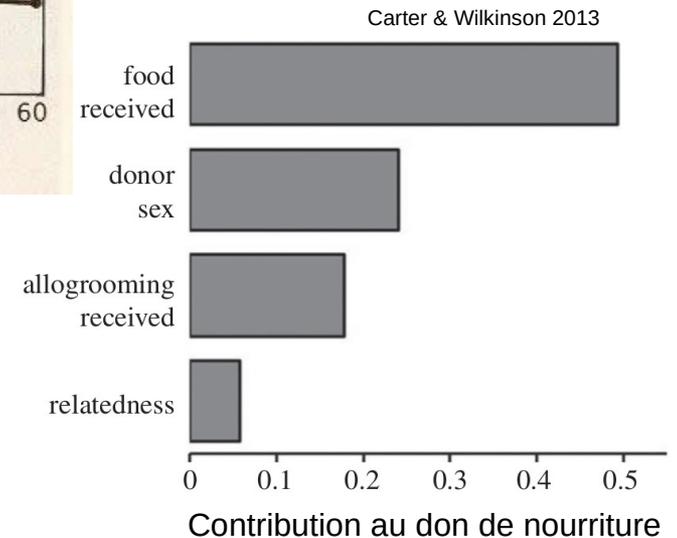
- ▶ Association de femelles sur le long terme  
=> fort potentiel de réciprocité
- ▶ Apparemment faible: 0.02-0.11  
Le partage se fait préférentiellement avec des individus connus
- ▶ Les rôles de donneur et receveur s'inversent fréquemment





Le coût pour le donneur est plus faible que le bénéfice pour le receveur

- Reconnaissance individuelle
- Plus forte probabilité de recevoir quand on a déjà donné
- Mais tricherie et réprimandes jamais démontrées



➔ Réciprocité (parfois appelé à tort "altruisme réciproque")

Facteurs potentiels de la sélection de l'entre-aide:

- Bénéfices directs
- Réciprocité
- **Sélection de parentèle (*kin selection*)**
- Effet barbe verte

Bénéfice indirect lié à l'augmentation de fitness des apparentés aidés

Notion d'*inclusive fitness* (valeur sélective inclusive):  
fitness liée à la reproduction  
+ fitness liée à la reproduction d'individus apparentés

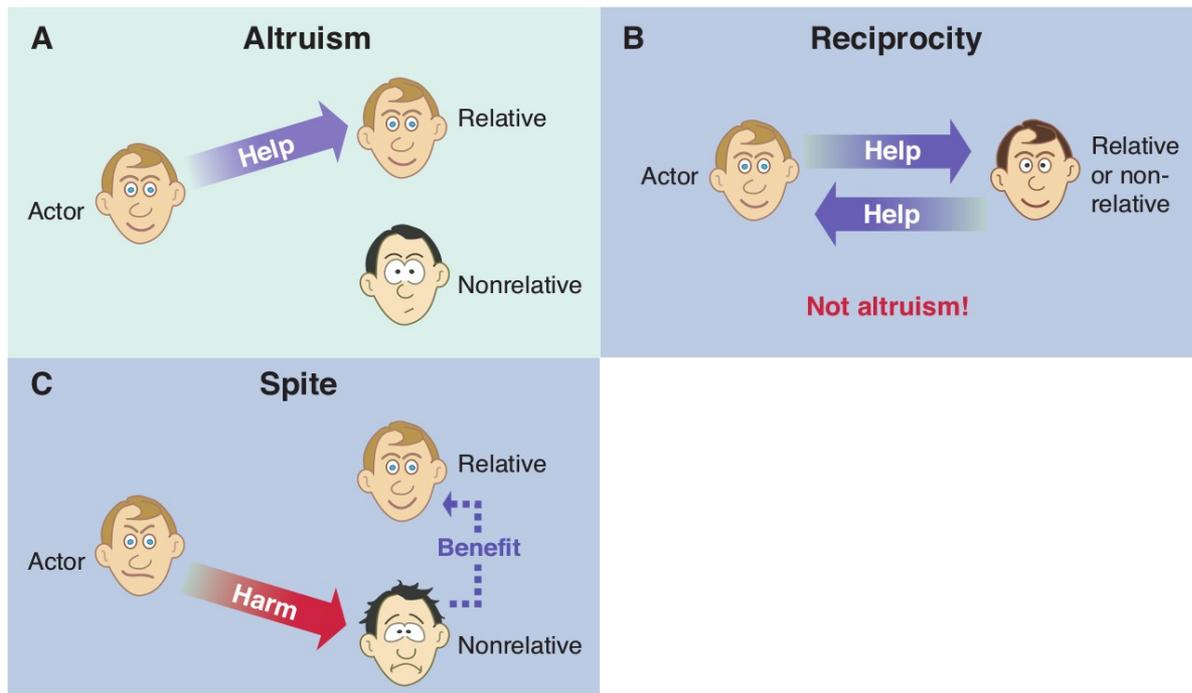
Sélection de parentèle: Processus par lequel des traits sont favorisés pour leurs effets bénéfiques sur les apparentés

# Règle de Hamilton (1964)

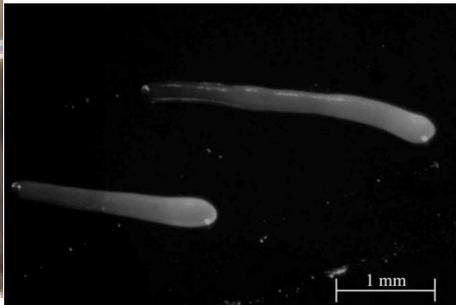
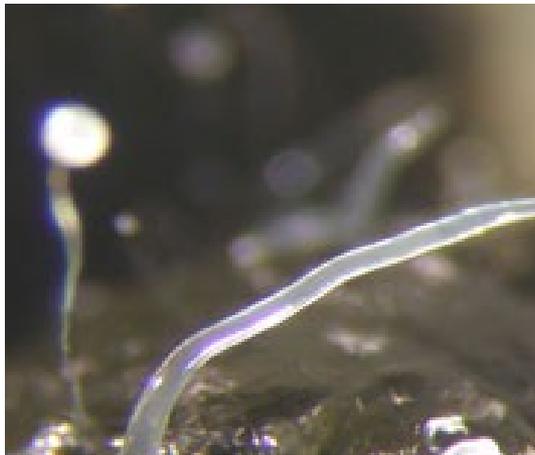
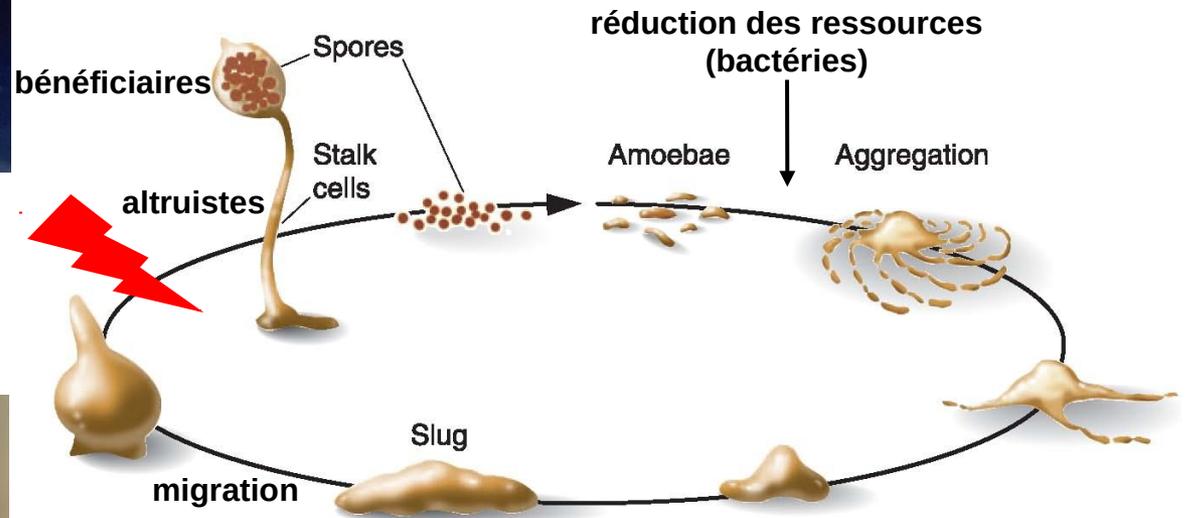
**Comportement altruiste**: Acte qui implique un coût à l'individu qui le réalise et qui implique un bénéfice à celui qui le reçoit.

L'altruisme d'un individu x vers un individu y

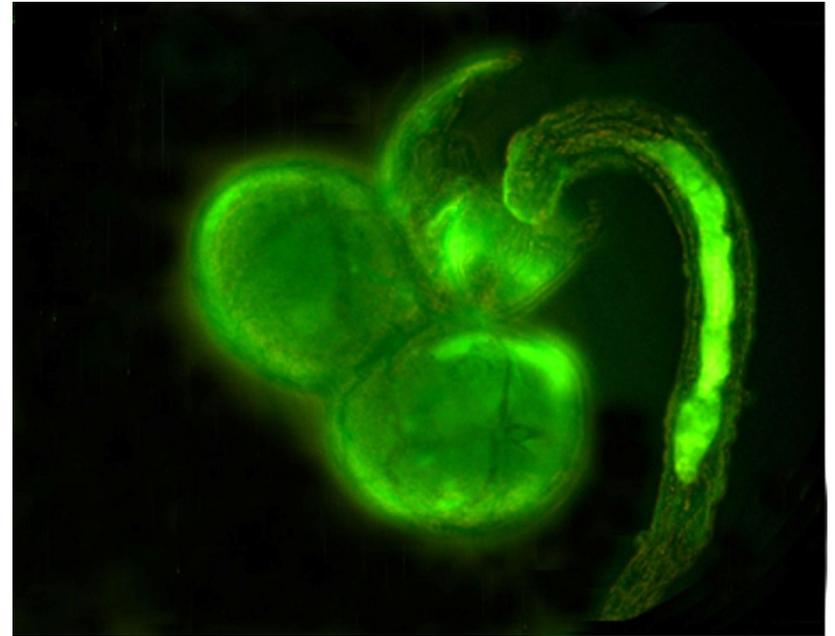
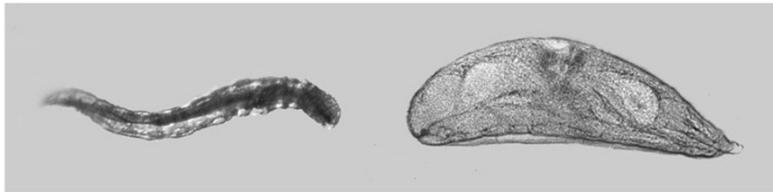
- implique par définition que  $B_x < C_x$
- peut évoluer si  $r_{yx}B_y > C_x$



# Exemple: l'altruisme chez l'amibe *Dictyostelium discoideum*



# Evolution de la malveillance chez les guêpes parasitoïdes polyembryonnaires

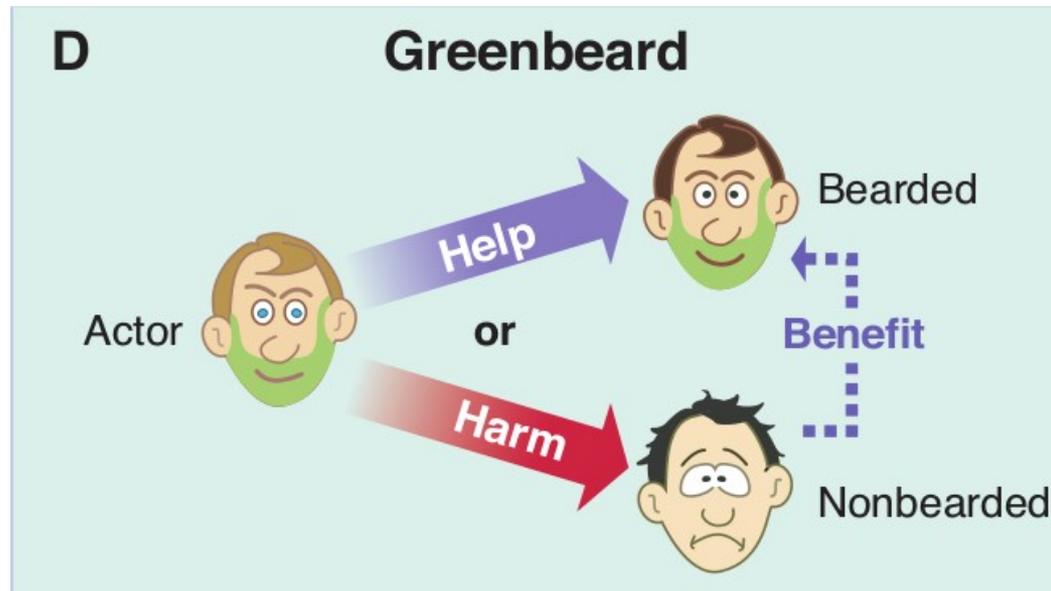


photos: M. Strand, D. Giron

Facteurs potentiels de la sélection de l'entre-aide:

- Bénéfices directs
- Réciprocité
- Sélection de parentèle
- **Effet barbe verte (*greenbeard effect*)**

Un individu porteur d'un gène à effet barbe verte reconnaît les autres porteurs de ce gène et se comporte de façon altruiste envers eux



- Effet phénotypique
- Détection de cet effet
- Comportement différentiel

# Effet barbe verte

1964 : Conceptualisé par Hamilton.

1976 : Illustré, nommé et médiatisé par R. Dawkins dans son livre *The selfish gene*.

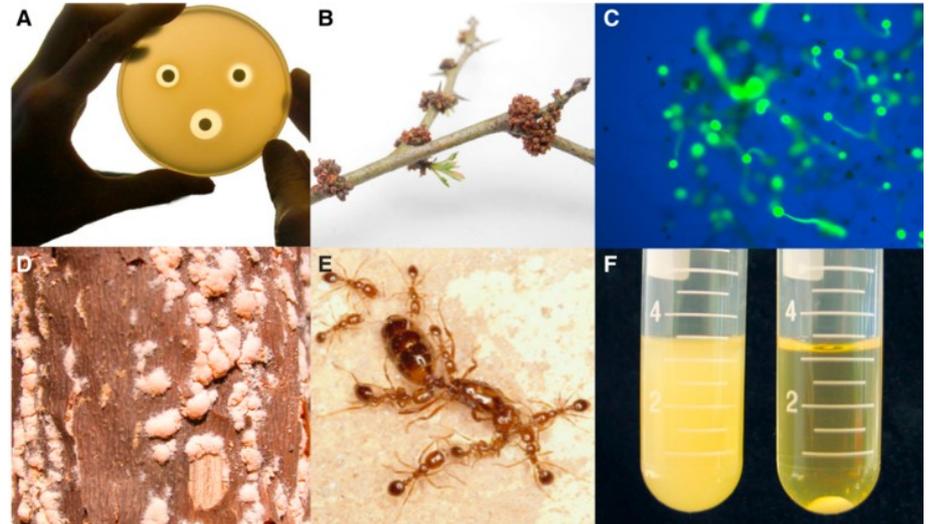
## *Greenbeard gene* (*sensus* Dawkins)

Un même gène pléiotropique qui code pour :

- Un trait phénotypique.
- La détection de ce trait.
- Un comportement différentiel en faveur des porteurs de ce trait.

## *Greenbeard effect*

(déséquilibre de liaison : supergènes et clonalité, facteurs d'appariement, etc.)



Gardner 2019



# Evolution de l'eusocialité

## Les principales définitions de l'eusocialité:

Wilson 1971

- Elevage en commun des jeunes
- Superposition des générations
- Division du travail reproducteur

Crespi & Yanega 1995

### - Présence de castes

*Caste = groupe d'individus qui, avant la maturité sexuelle, deviennent distincts d'un point de vue comportemental de manière irréversible*

*2 traits de ces sociétés: - aide de la part de la caste la moins reproductrice  
- totipotence comportementale (si elle existe) que chez la caste la plus reproductrice*

Sherman et al 1995

### - Le continuum de l'eusocialité



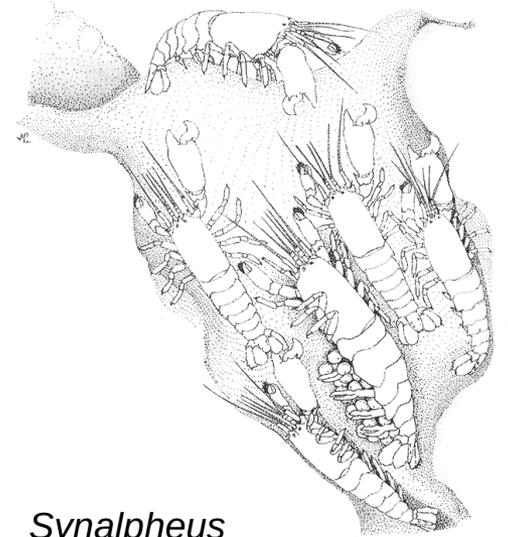
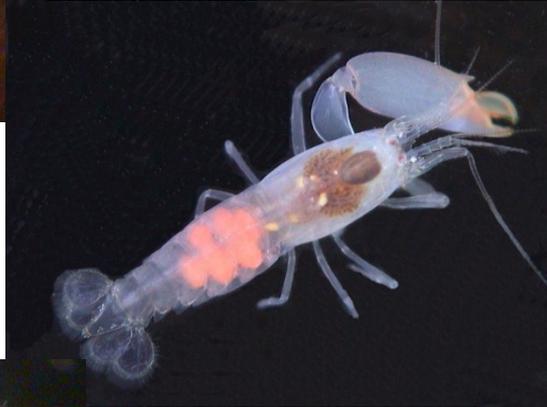
# Distribution de l'eusocialité

<u>Classe</u>	<u>Ordre</u>	<u>Espèces eusociales</u>	<u>Evènements indépendants d'apparition de l'eusocialité</u>
Insectes (10 <sup>6</sup> espèces)	Coléoptères	1	1
	Hémiptères	50	17
	Hyménoptères	15 000	7
	Isoptères	2 600	1
	Thysanoptères	10	1
Malacostracés (25000 espèces)	Décapodes	5	3
Trématodes	Echinostomida	1	1
Mammifères (5000 espèces)	Rongeurs	2	2

Les insectes eusociaux représentent < 2 % des espèces d'insectes  
> 50 % de la biomasse d'insectes



photos: Alex Wild



*Synalpheus*



photos: Emmett Duffy

# Comment l'eusocialité a-t-elle pu être sélectionnée ?

Eusocialité  $\Leftrightarrow$  un individu produit des soeurs et des frères au lieu de filles et fils

Règle de Hamilton dans le cadre de l'évolution de l'eusocialité  
(présence d'une caste stérile, dans un groupe parental):

$$r_s B_Y > r_o C_X$$

**X = donneur (altruiste)**

Y = receveur

$r_s$  = apparentement moyen entre l'individu altruiste et sa fratrie

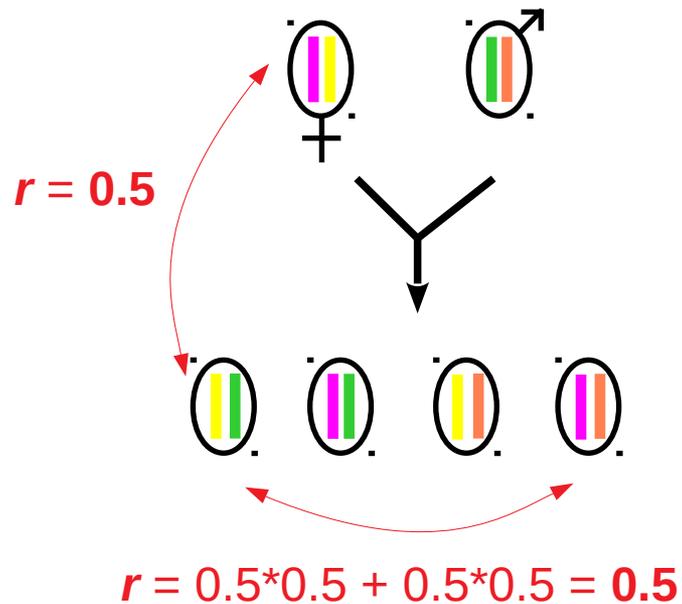
$r_o$  = apparentement moyen entre l'individu altruiste et sa descendance directe



# L'apparentement dans un groupe parental

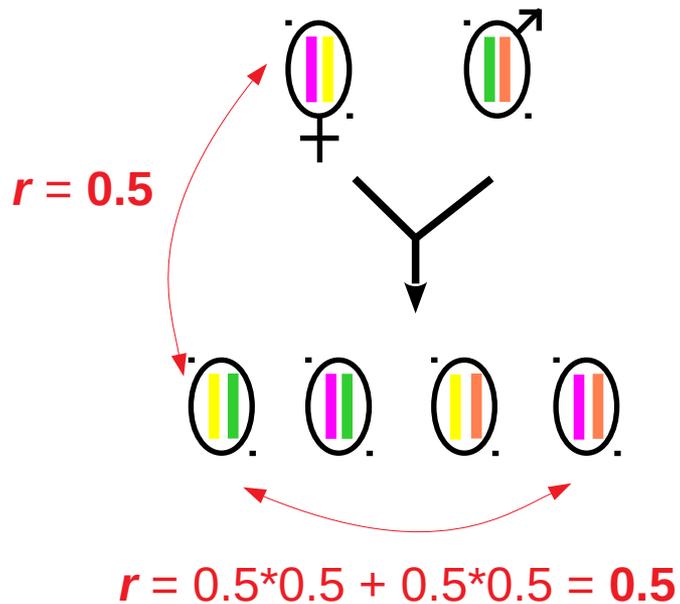
Mode **diploïde** et monogame strict (= 1♀ + 1♂ pour la vie)

Ex. : Termites



# L'apparentement dans un groupe parental

Mode **diploïde** et monogame strict (= 1♀ + 1♂ pour la vie)



$$r_s B_Y > r_o C_X$$

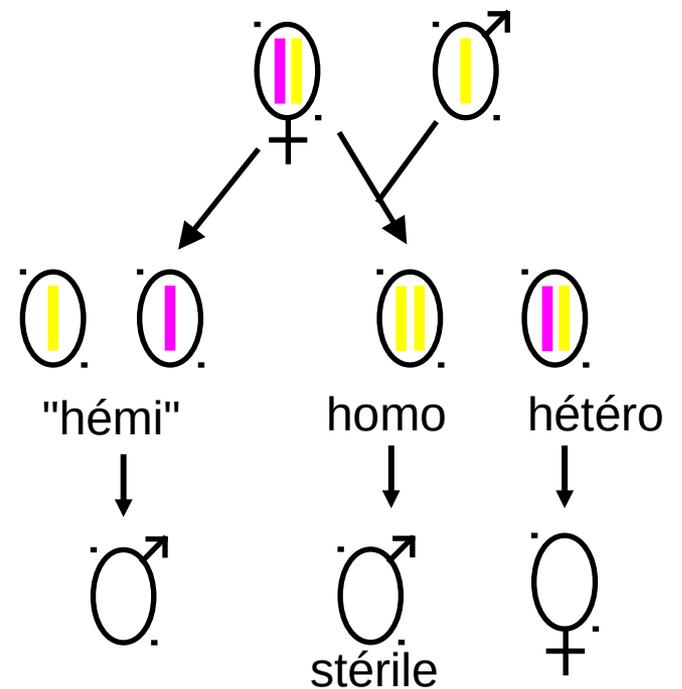
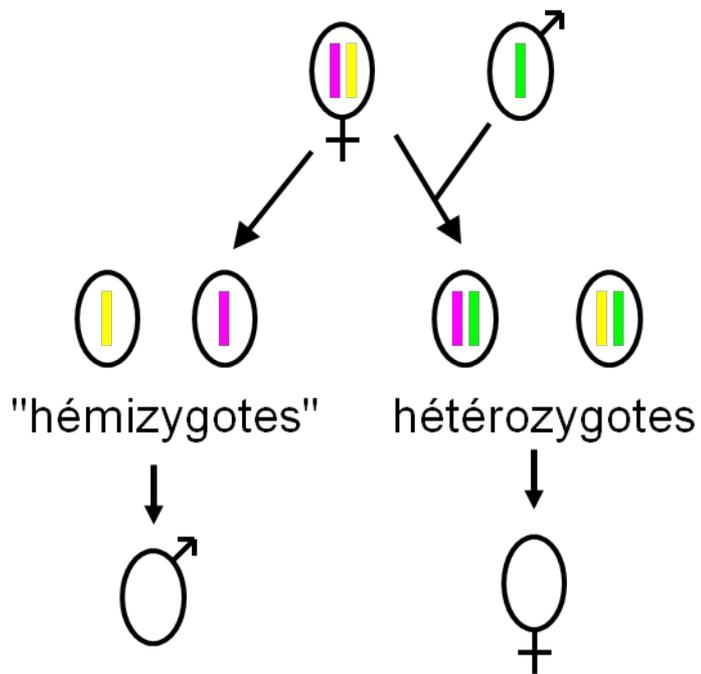
*Condition pour l'évolution de l'eusocialité:*

$$\frac{B_Y}{C_X} > 1$$

# L'apparentement dans un groupe parental

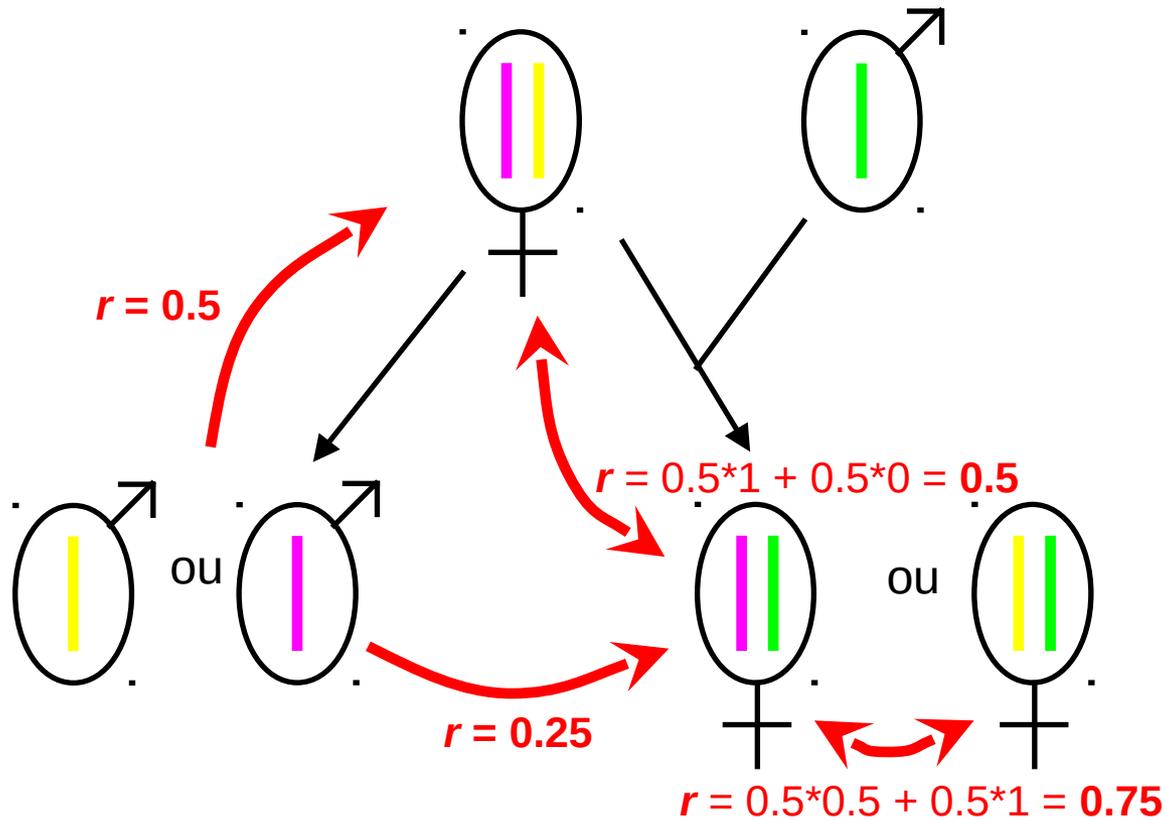
Mode **haplodiploïde** et monogame strict (= 1♀ + 1♂ pour la vie)

**Ex. : Hyménoptères**  
1 locus très polymorphe



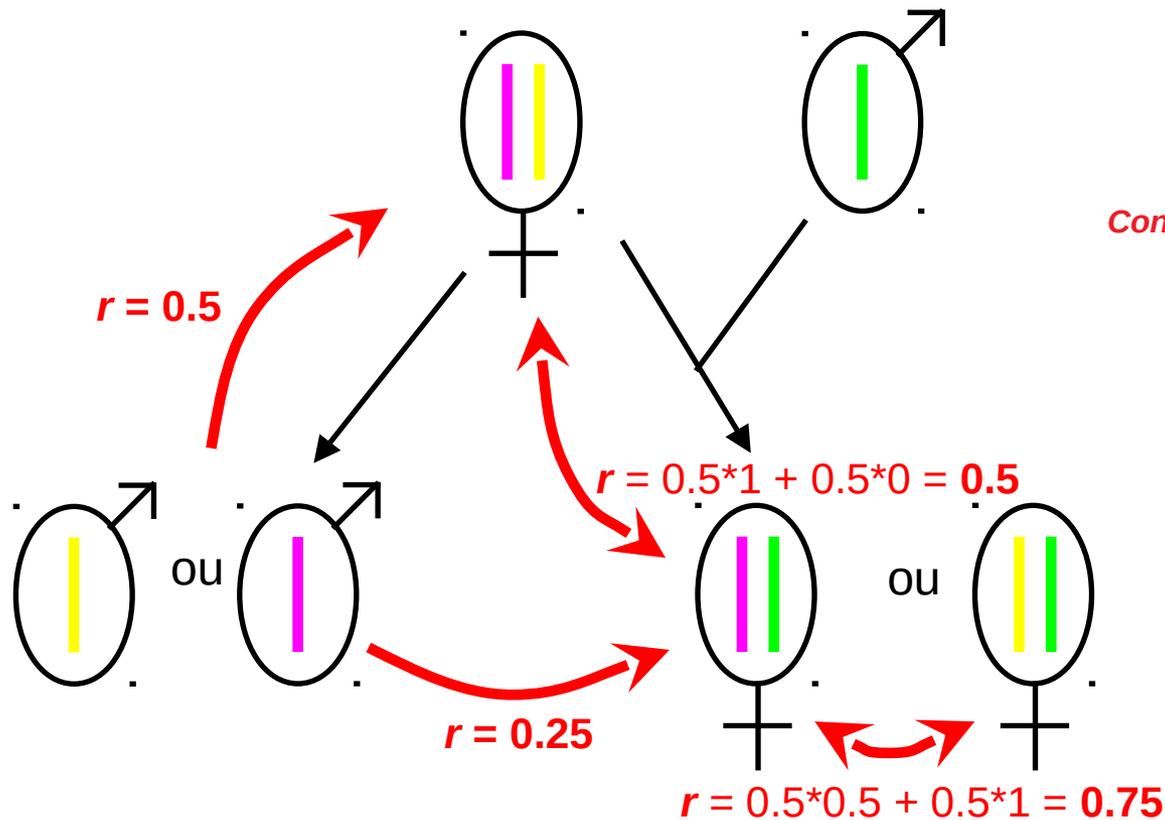
# L'apparentement dans un groupe parental

Mode **haplodiploïde** et monogame strict (= 1♀ + 1♂ pour la vie)



# L'apparentement dans un groupe parental

Mode **haplodiploïde** et monogame strict (= 1♀ + 1♂ pour la vie)



$$r_s B_Y > r_o C_X$$

Condition pour l'évolution de l'eusocialité:

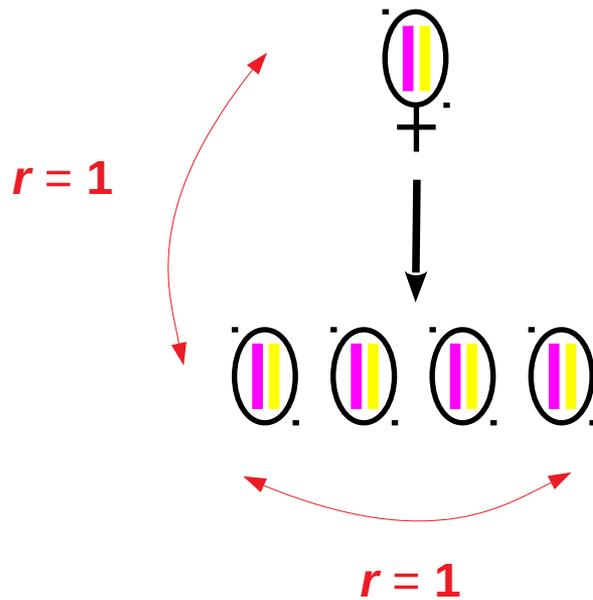
$$\frac{(0.25 + 0.75) B_Y}{2} > 0.5 C_X$$

$$\frac{B_Y}{C_X} > 1$$

# L'apparentement dans un groupe parental

Mode **clonal**

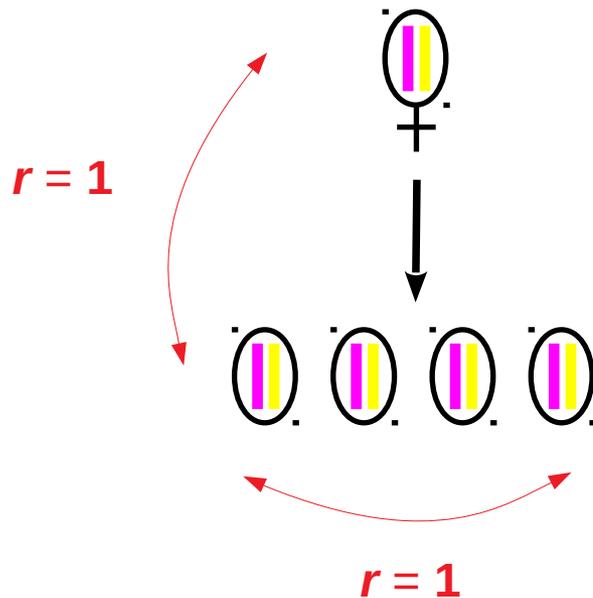
Ex. : Pucerons



# L'apparentement dans un groupe parental

Mode **clonal**

Ex. : Pucerons



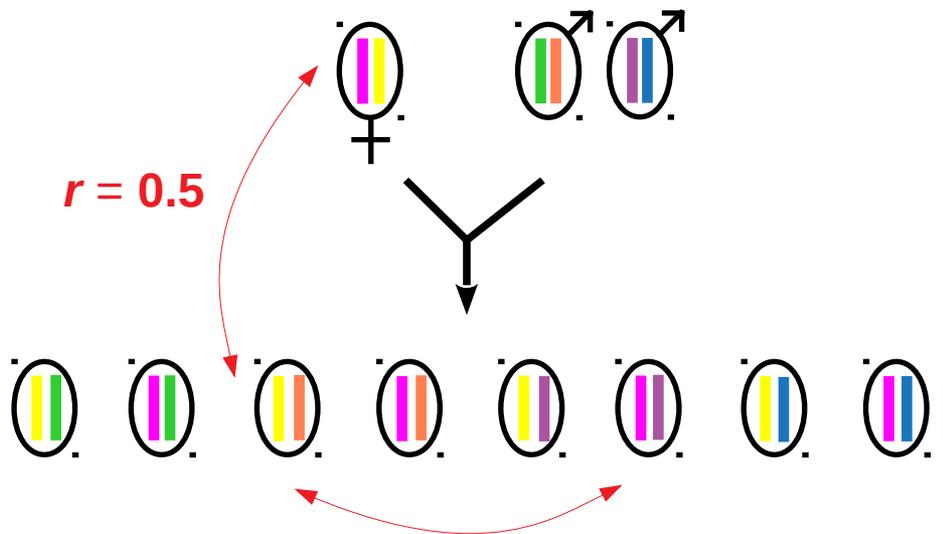
$$r_s B_Y > r_o C_X$$

*Condition pour l'évolution de l'eusocialité:*

$$\frac{B_Y}{C_X} > 1$$

# L'apparentement dans un groupe parental

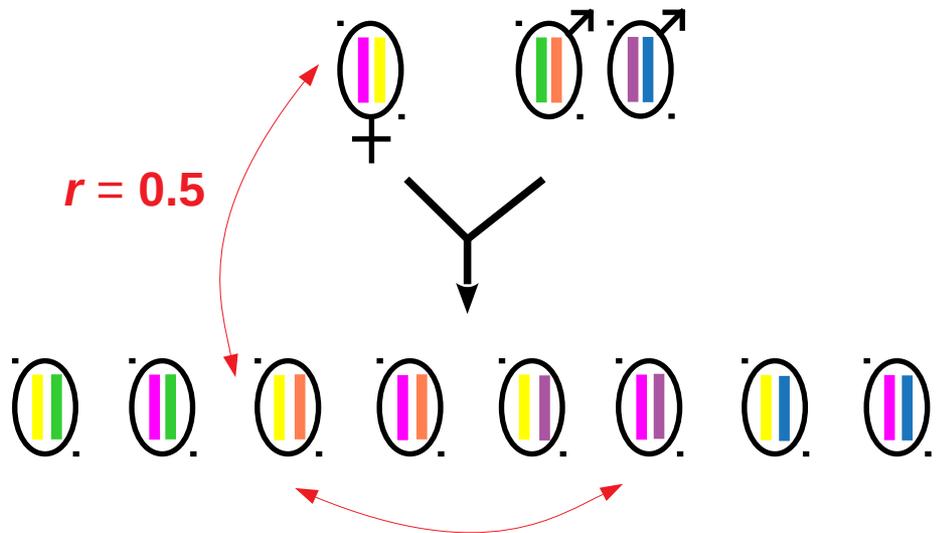
Mode **diploïde** et **polygame**



$$r = 0.5 \cdot 0.5 + (0.5/2 + 0/2) \cdot 0.5 = 0.375$$

# L'apparentement dans un groupe parental

Mode **diploïde** et **polygame**



$$r_s B_Y > r_o C_X$$

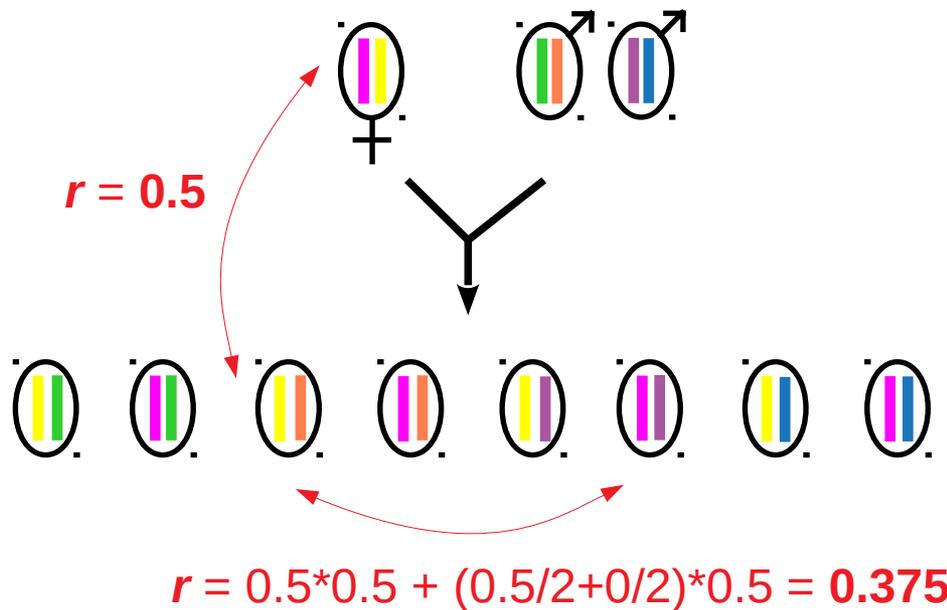
*Condition pour l'évolution de l'eusocialité:*

$$\frac{B_Y}{C_X} > 1.33$$

$$r = 0.5 * 0.5 + (0.5/2 + 0/2) * 0.5 = 0.375$$

# L'apparentement dans un groupe parental

Mode **diploïde** et **polygame**



$$r_s B_Y > r_o C_X$$

Condition pour l'évolution de l'eusocialité:

$$\frac{B_Y}{C_X} > 1.33 \quad \text{2 mâles}$$

$$\frac{B_Y}{C_X} > 1.5 \quad \text{3 mâles}$$

$$\frac{B_Y}{C_X} > 1.87 \quad \text{17 mâles}$$

L'apparentement dans un groupe de *Desmodus rotundus* :

non parental,  $r = 0.1$

$$r_s B_Y > r_o C_X$$

*Condition pour l'évolution de l'eusocialité:*

$$\frac{B_Y}{C_X} > 5$$

# Comment l'eusocialité a-t-elle pu être sélectionnée ?

Règle de Hamilton (1964) :  $b_{yx} B_y > C_x$

*Conditions favorables à l'évolution de l'eusocialité:*

## **Promiscuité**

(nécessaire pour qu'il y ait entraide;  
ex.: construction d'un nid commun)

**+**

## **Groupe parental**

(= apparemment élevé entre les individus  
+ superposition des générations)

**+**

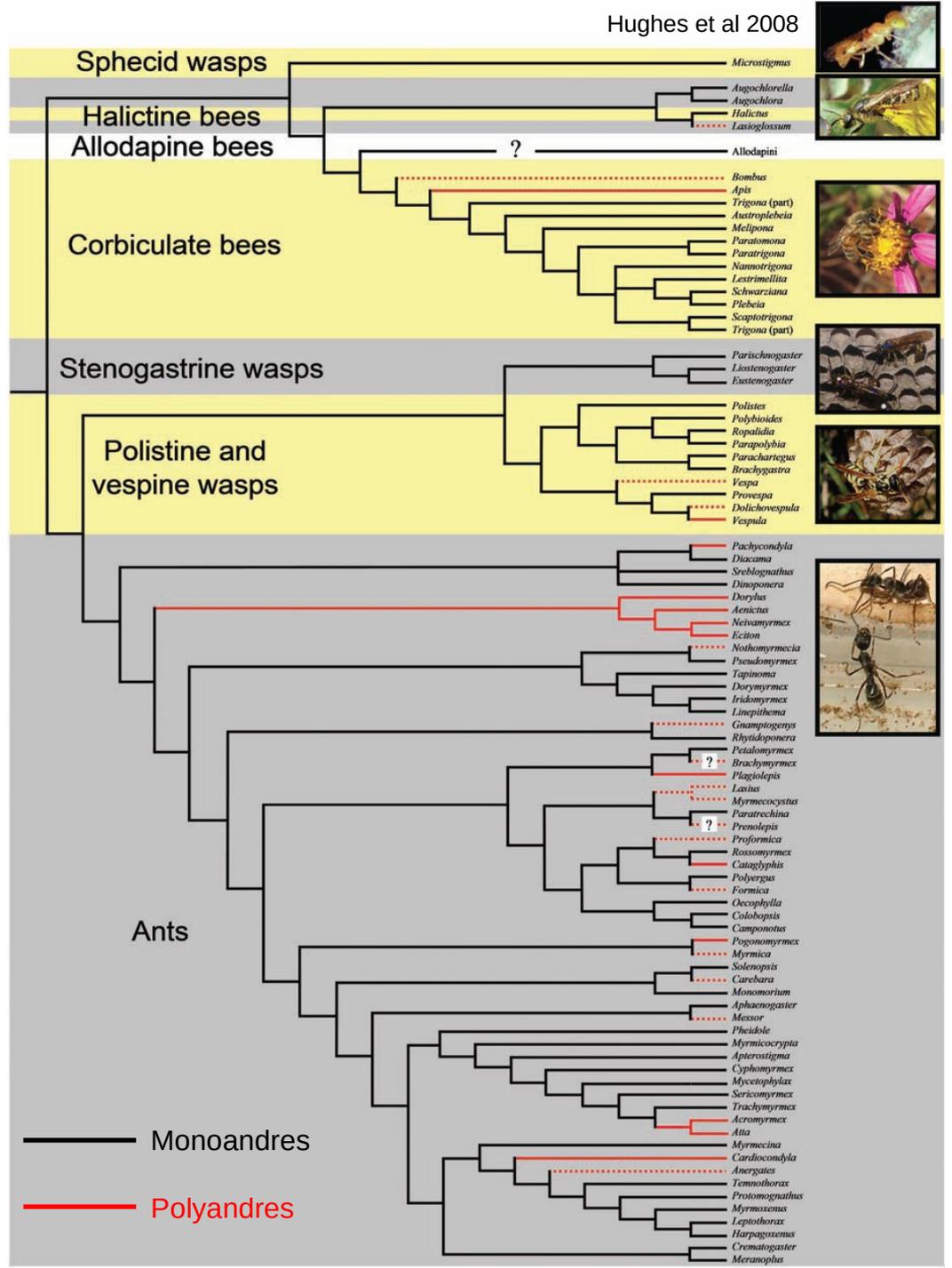
## **Monogamie stricte**

$$\frac{B_Y}{C_X} > 1$$

$$r_s B_Y > r_o C_X$$

# Phylogénie des Hyménoptères eusociaux

## La monogamie est ancestrale





# L'eusocialité chez les rongeurs

## Les rats-taupes

18 espèces de Bathyergidae: 4 solitaires  
12 à reproduction coopérative  
2 eusociales:

*Heterocephallus glaber*  
(rat-taupe glabre)

*Fukomys damarensis*  
(rat-taupe de Damaraland)

Colonies

80 (300)

16 (40)

Poids

30 g

130 g

Réseau de tunnels

3.5 km

>1 km

poïkilotherme

Endotherme



## Autres caractéristiques des sociétés de rats-taupes

Division du travail reproducteur: 1 femelle + 1-3 mâles

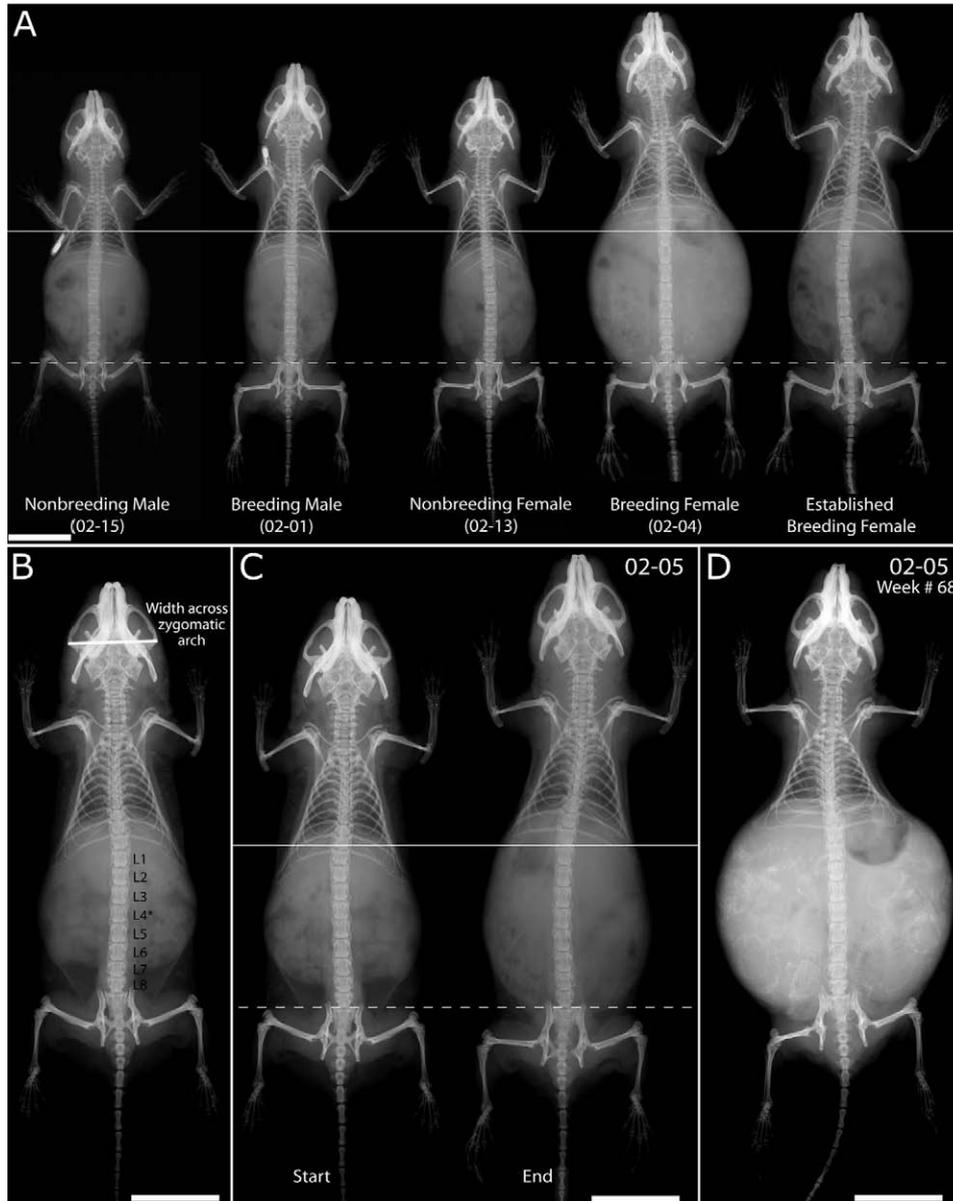
Inhibition comportementale de la reproduction des subordonnés

Les reproducteurs sont plus grands (allongement du corps)

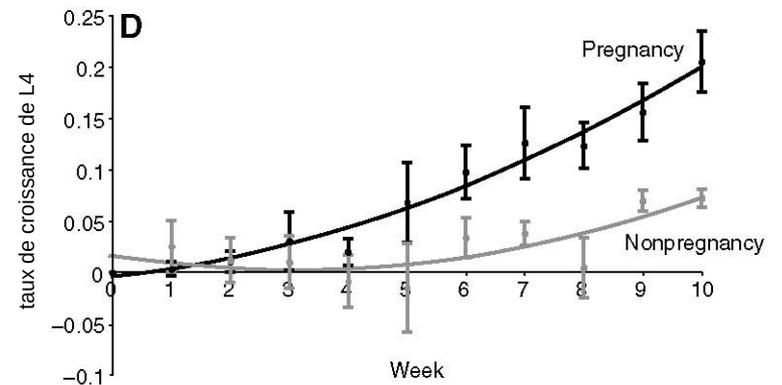
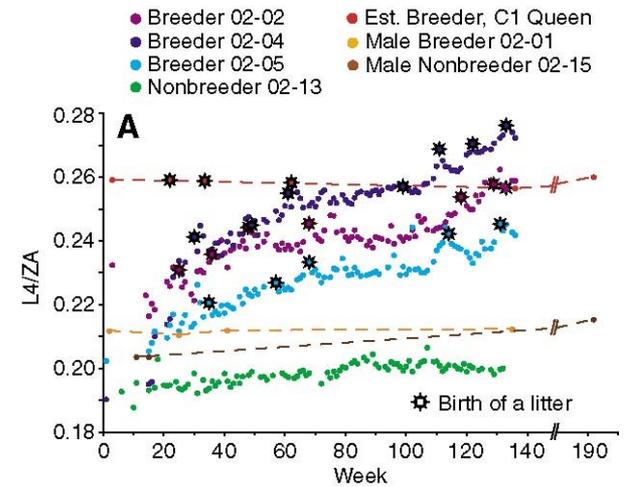
La grande majorité des subordonnés meurent avant d'avoir accès à la reproduction

Elevage des jeunes en commun (soins alloparentaux)

# Différentiation des castes



Henry et al 2007



**Promiscuité**  
(réseau de galeries communes)

+

**Groupe parental**  
(couple reproducteur + enfants)

+

**Monogamie quasi stricte**  
(le mâle peut changer)

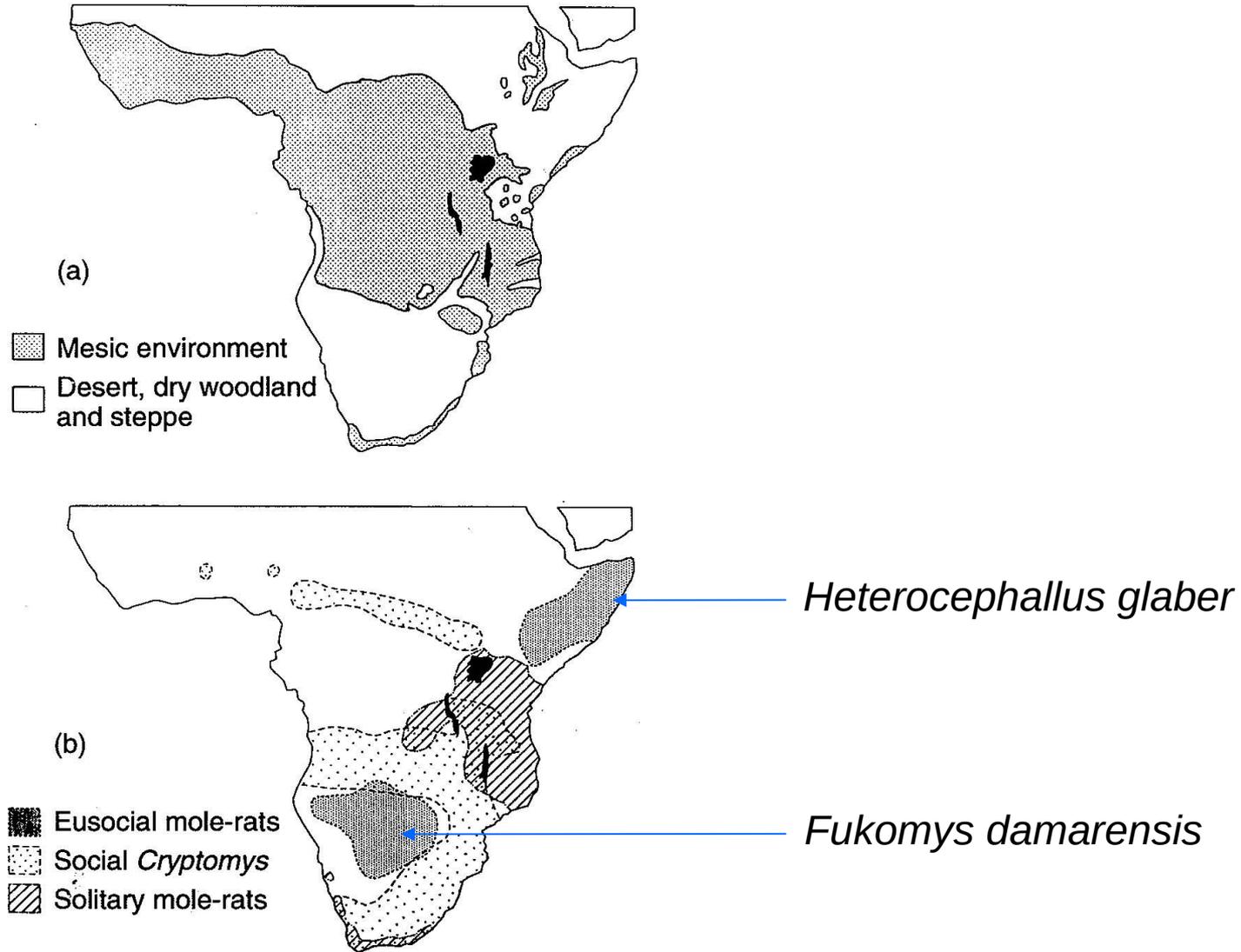
$$\frac{B_Y}{C_X} > 1 + \alpha$$



**Eusocialité “incomplète”:**

Tous les individus ont conservé la possibilité de se reproduire si l'occasion se présente (mort du couple reproducteur ou rencontre fortuite d'un partenaire adéquat)

# Rôle des contraintes écologiques



# Rôle des contraintes écologiques

