

Dispersió poblacional en la prehistòria



Joaquim Fort

Universitat de Girona (UdG) i

Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA)

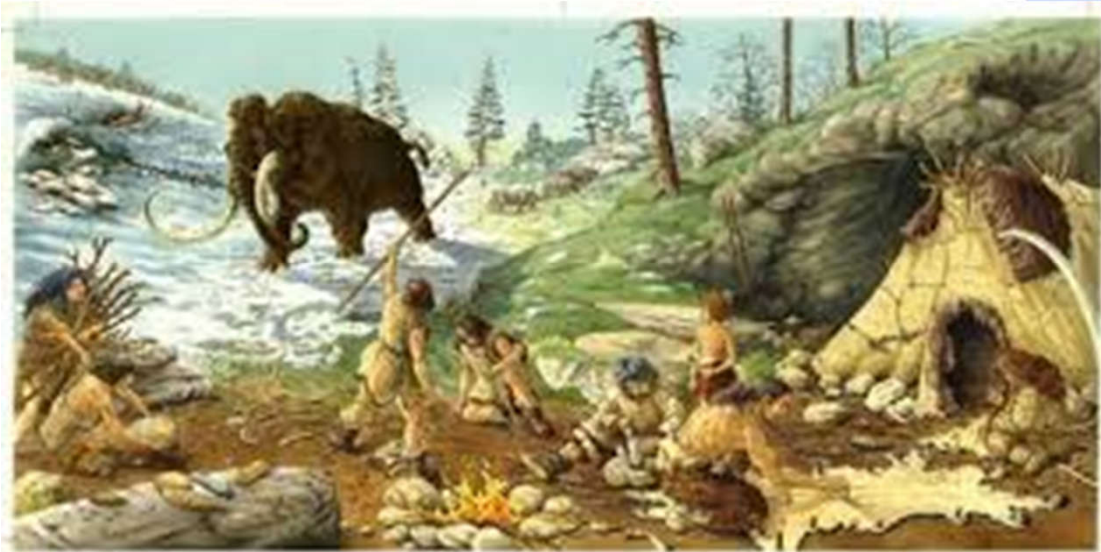
Pint of Science <http://pintofscience.es/>

"Una història matemàtica"

Girona, 15 maig 2018

Transició del Neolític

- És el canvi d'una economia basada en la cacera i recol·lecció (Paleolític) a una altra basada en l'agricultura i ramaderia (Neolític).
- És la principal transició que ha experimentat la humanitat.



Paleolític (cacera i recol·lecció) → Neolític (agricultura)

- A Europa fa 9.000 anys no hi havia agricultura, només caçadors-recolectors.

Què va passar abans?

- Els primers humans moderns van arribar fa 45.000 anys.
- Abans a Europa hi havia hagut Neandertals (fa 400.000-45.000 anys), Homo Heidelbergensis (fa 850.000-200.000 anys), etc. (resta més antiga: 1.8 milions d'anys)→ hem sigut agricultors només el darrer <1% del temps.
- Hi ha poques dades→estudiem el Neolític.

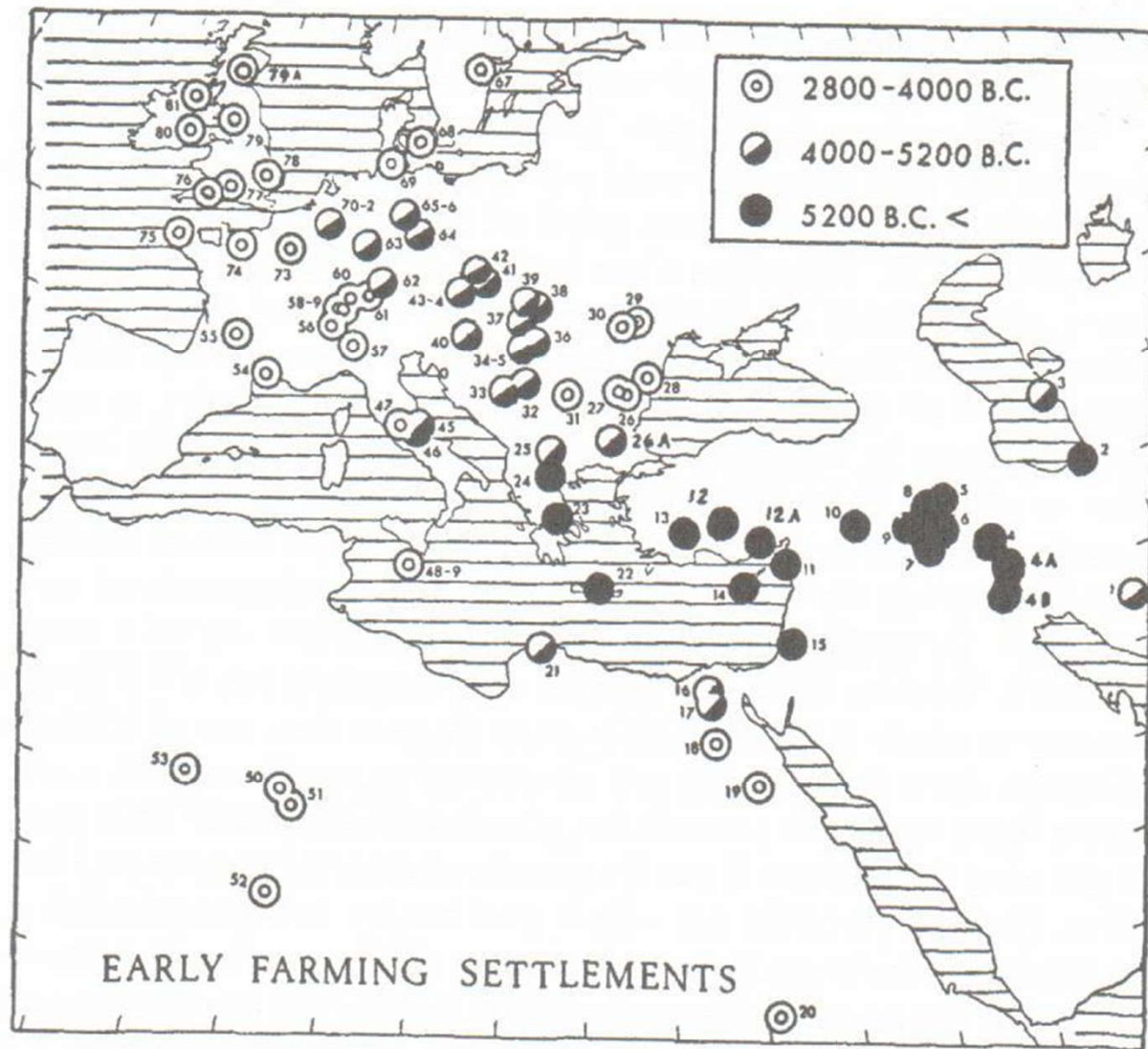
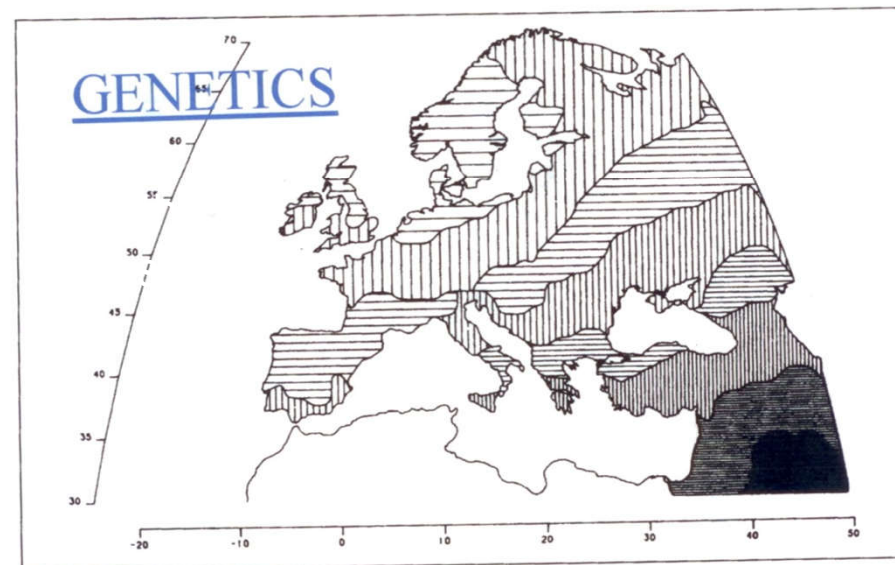
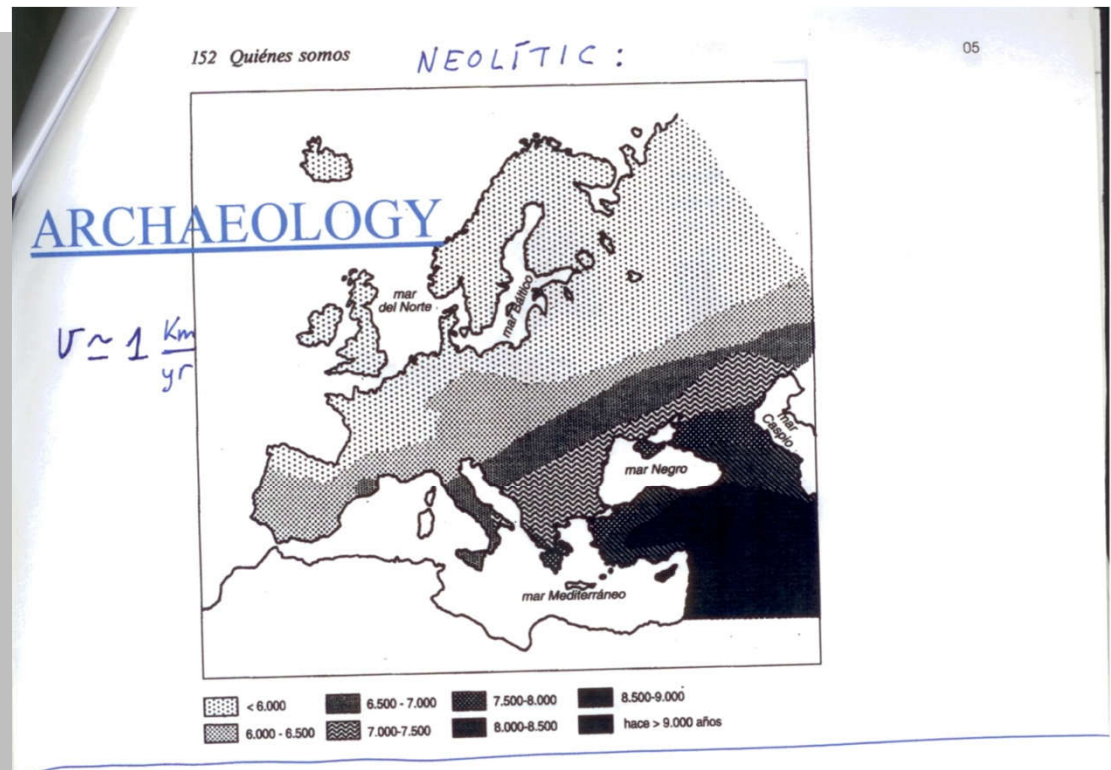


FIGURE 4.1. Map of early farming sites published by Clark in 1965. The dates of the symbols are in uncalibrated radiocarbon ages.

Transició
del neolític:
En acabar la
darrera glaciació,
fa uns 10.000 anys

El mapa inferior és
un promig de
freqüències
genètiques actuals



116 Genes, pueblos y lenguas

9. Mapa del primer componente principal de los genes de Europa (con 95 genes; 1993), que muestra la expansión de los primeros agricultores neolíticos a partir de Oriente Próximo. Esta es la espina dorsal de la genética europea.

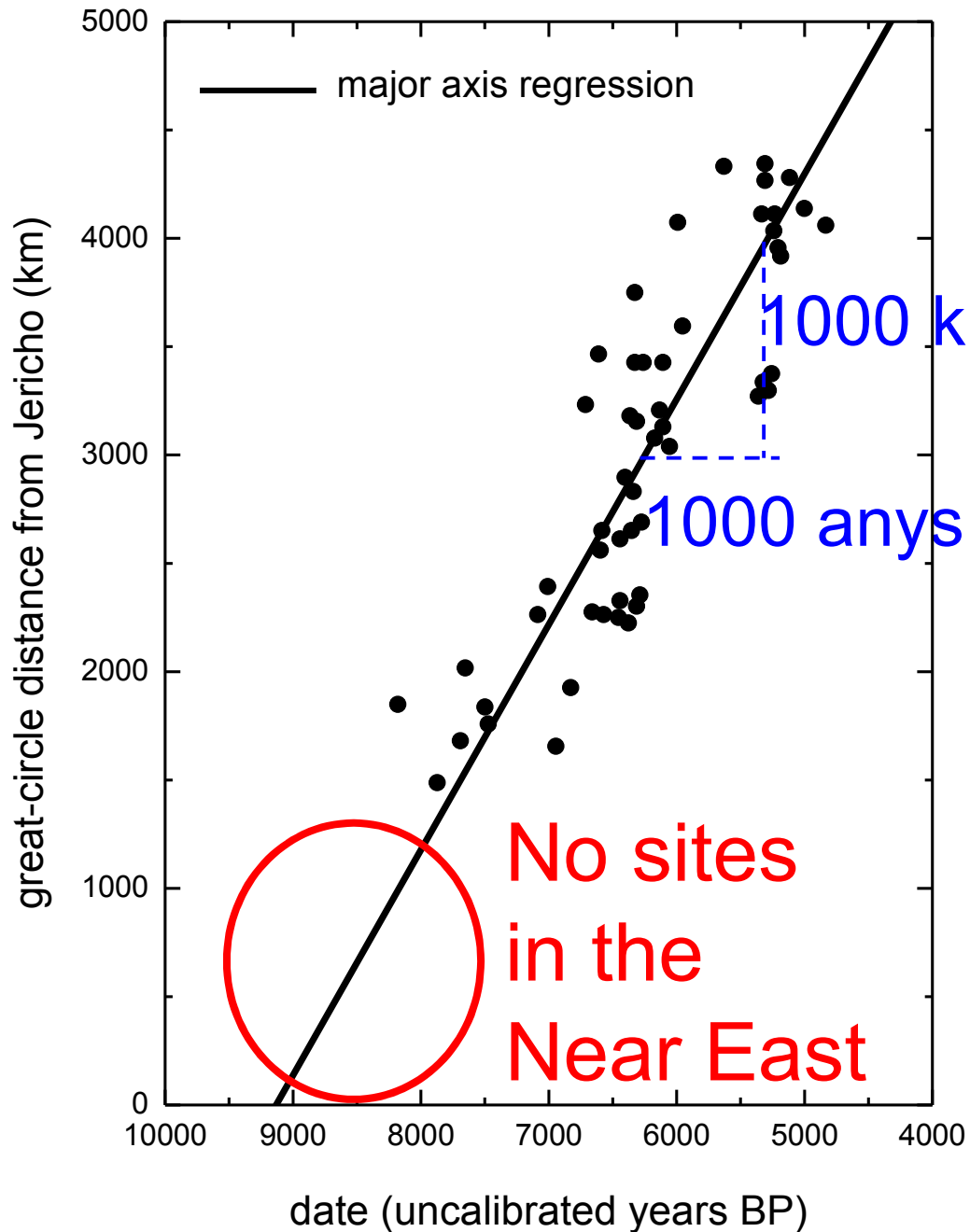
Hi ha 2 models de la transició del neolític a Europa:

1- model dèmic: suposa que el neolític va arribar a Europa degut a la dispersió de poblacions agrícoles.

2-Model cultural: suposa que va ser una dispersió d'idees, no de persones (o sigui, que els agricultors van transmetre les plantes, animals i coneixements agrícoles als caçadors-recol·lectors europeus).

Quin model descriu millor les dades?



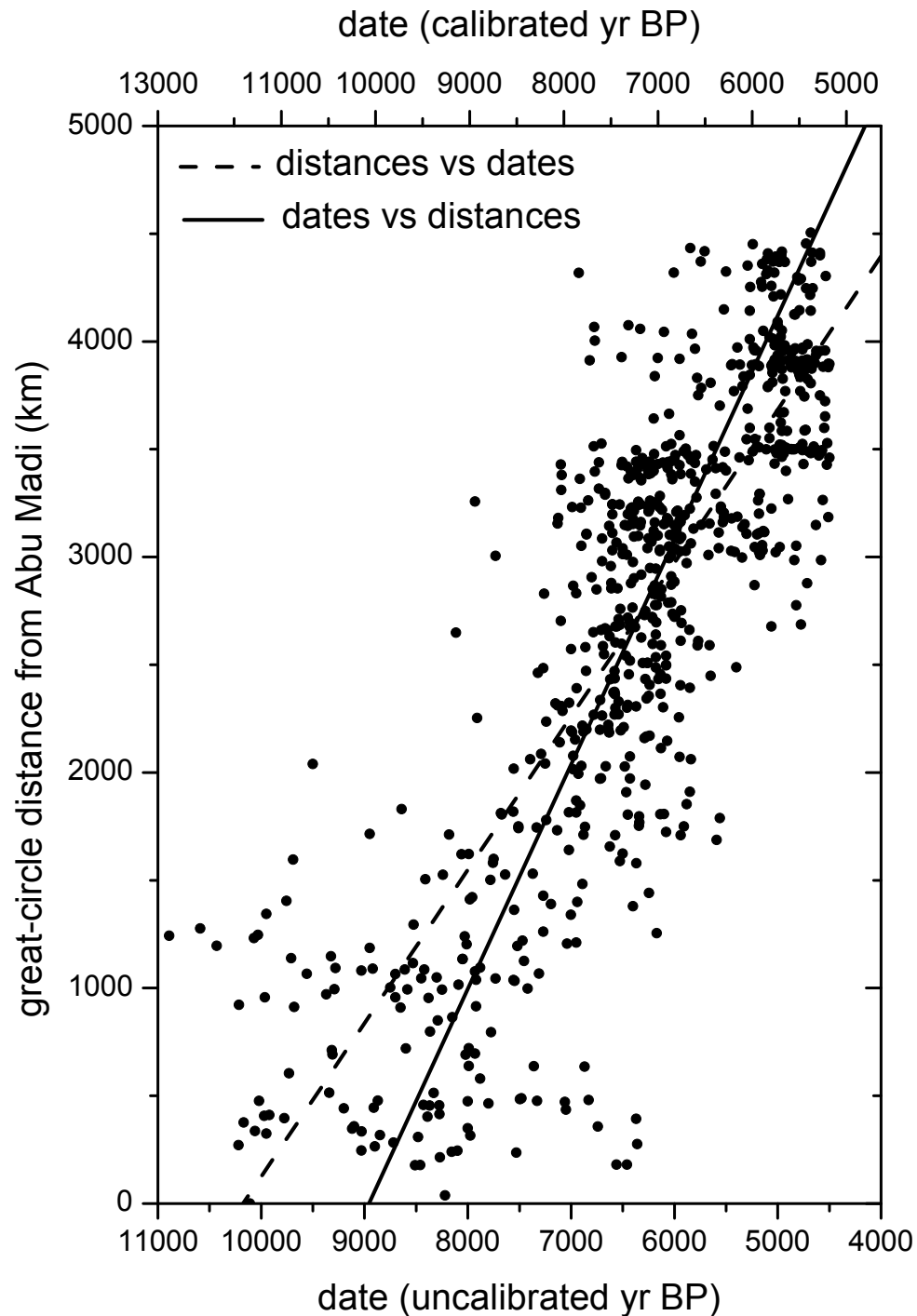


Ammerman & Cavalli-Sforza (1971)

53 jaciments a Europa
 velocitat = 1.0 km/any

(0.8-1.2 km/yr from 2 regressions)

$r = 0.89$ (Jericho, highest- r origin)₇



Pinhasi, Fort &
 Ammerman,
PLoS Biol. (2005)

735 jaciments a Europa i
 l'Orient proper
 velocitat = 1.0 km/any

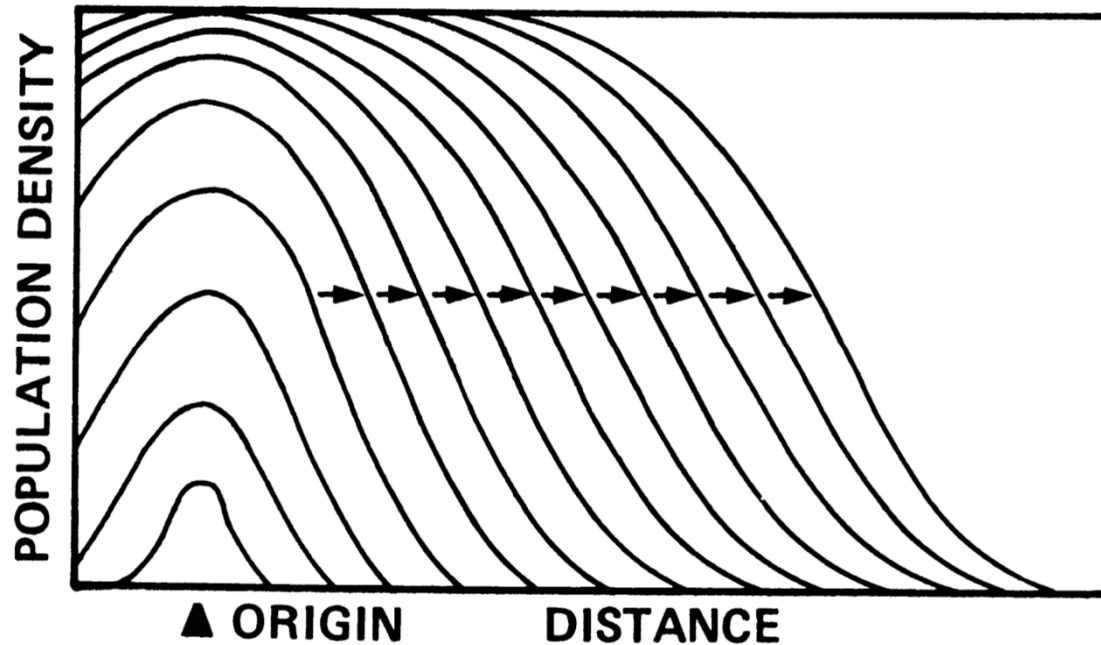
(0.9-1.3 km/yr)

$r = 0.83$ (dates vs
 distances, great circles &
 shortest paths)

Ammerman & Cavalli-Sforza (1973)

THE MODEL

69



Model dèmic
"de l'ona
d'avanç"

$$v_{Fisher} = \sqrt{\frac{r m}{T}}$$

FIGURE 5.2. Fisher's model of a population wave of advance. This graphic representation shows the rise in local population density expected with increasing distance

Preindustrial farmers :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Reproduction : } r = 0.032 \text{ yr}^{-1} \\ \text{Mobility : } m = 1544 \text{ km}^2 \\ \text{Generation time : } T = 25 \text{ yr} \end{array} \right\} \rightarrow v_{Fisher} = 1.4 \text{ km/yr}$$

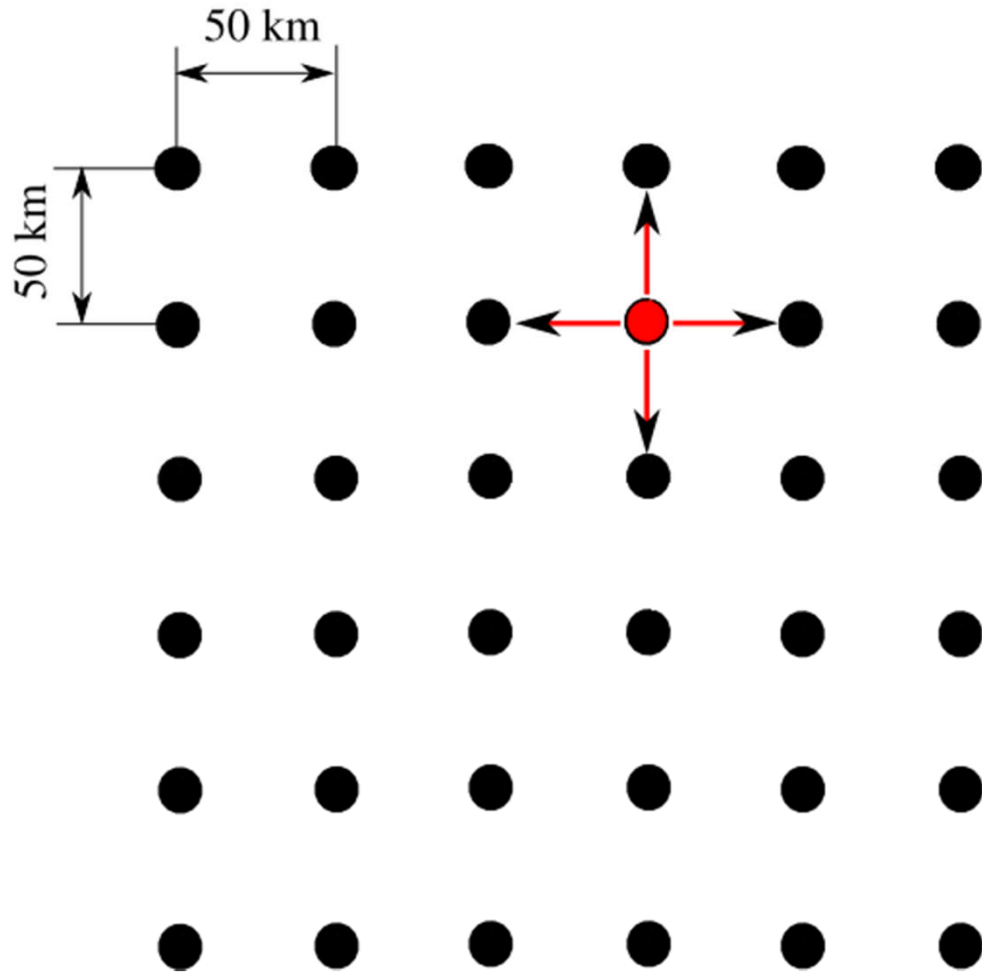
Model dèmic 'del temps de retràs'

Té en compte que els nens passen algun temps amb els seus pares abans de fer-se adults i dispersar-se

$$v = \frac{v_{Fisher}}{1 + \frac{rT}{2}} = 1.0 \text{ km/yr} \rightarrow 40\%$$

Fort & Méndez, *Phys. Rev. Lett.* (1999)

Simulacions



$0 < p_e < 1$ persistència

● una fracció p_e es queda

● $(1-p_e)/4$ es mouen en
● cada direcció

$$P(t+1) = R_0 P(t)$$

● agricultors pre-industrials:

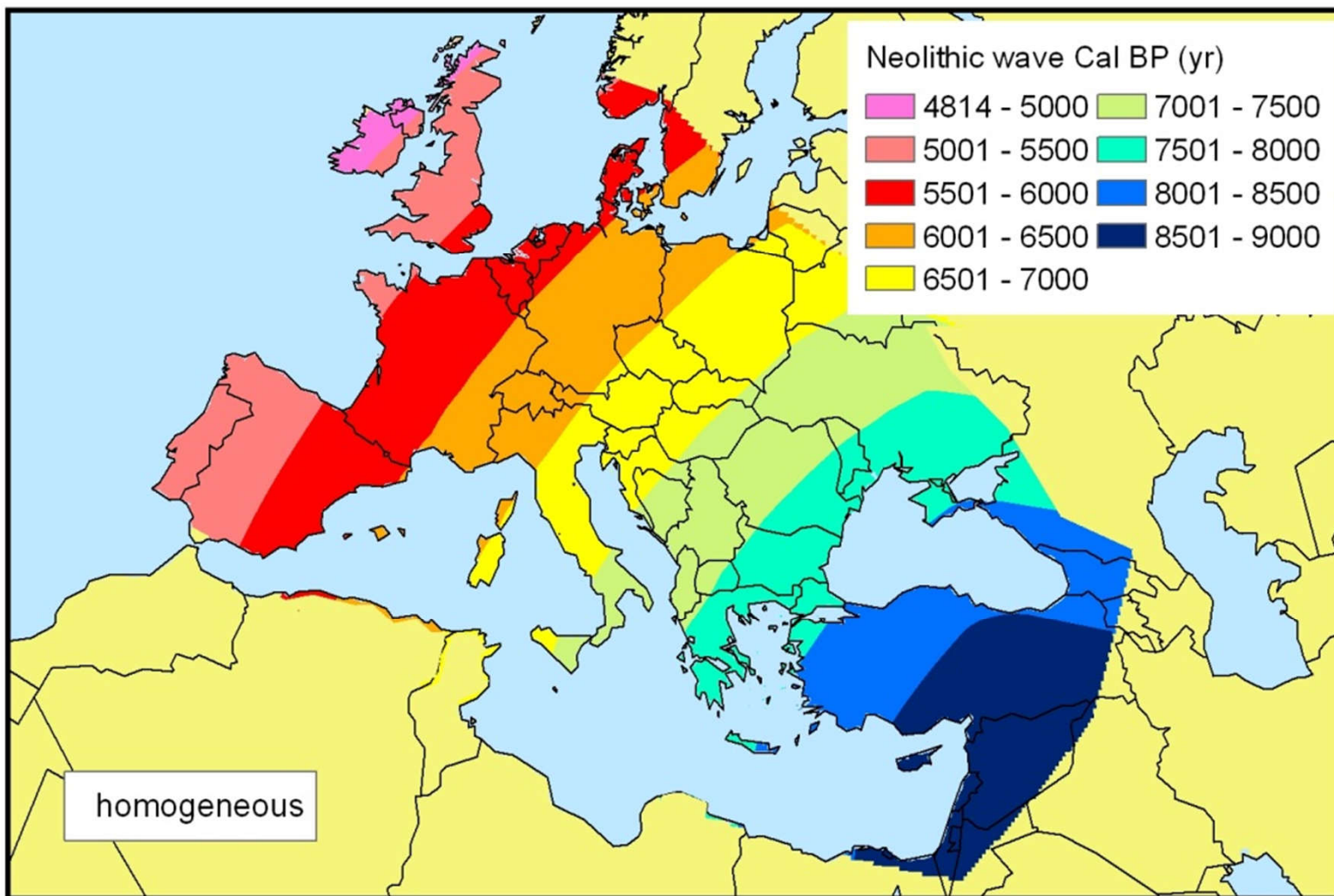
● Reproducció: $R_0 = 2.2$

● per generació

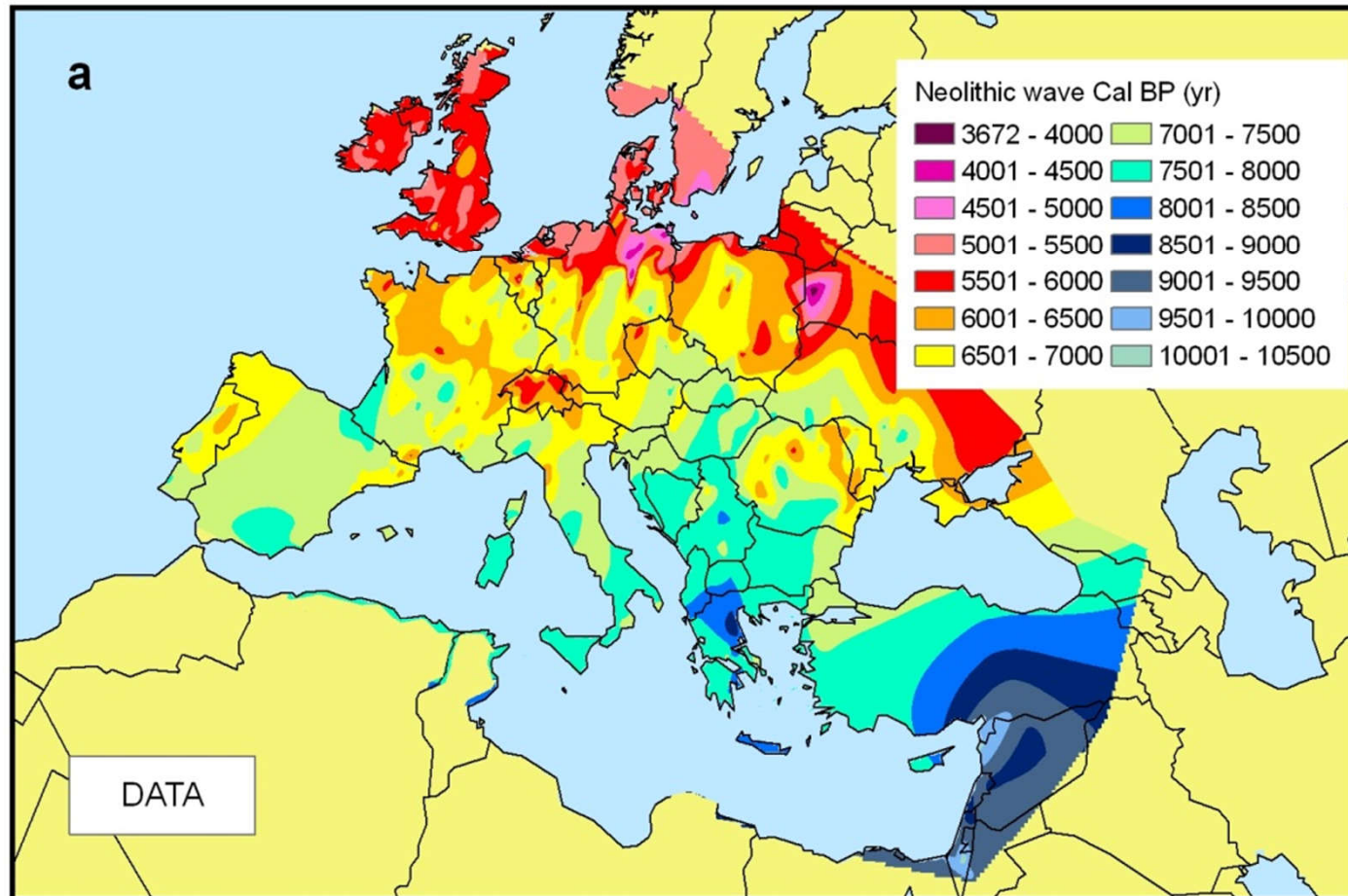
● $p_e = 0.38$, $d = 50$ km

simulacions: model dèmic homogeni

Velocitat mitja: 1 km/yr

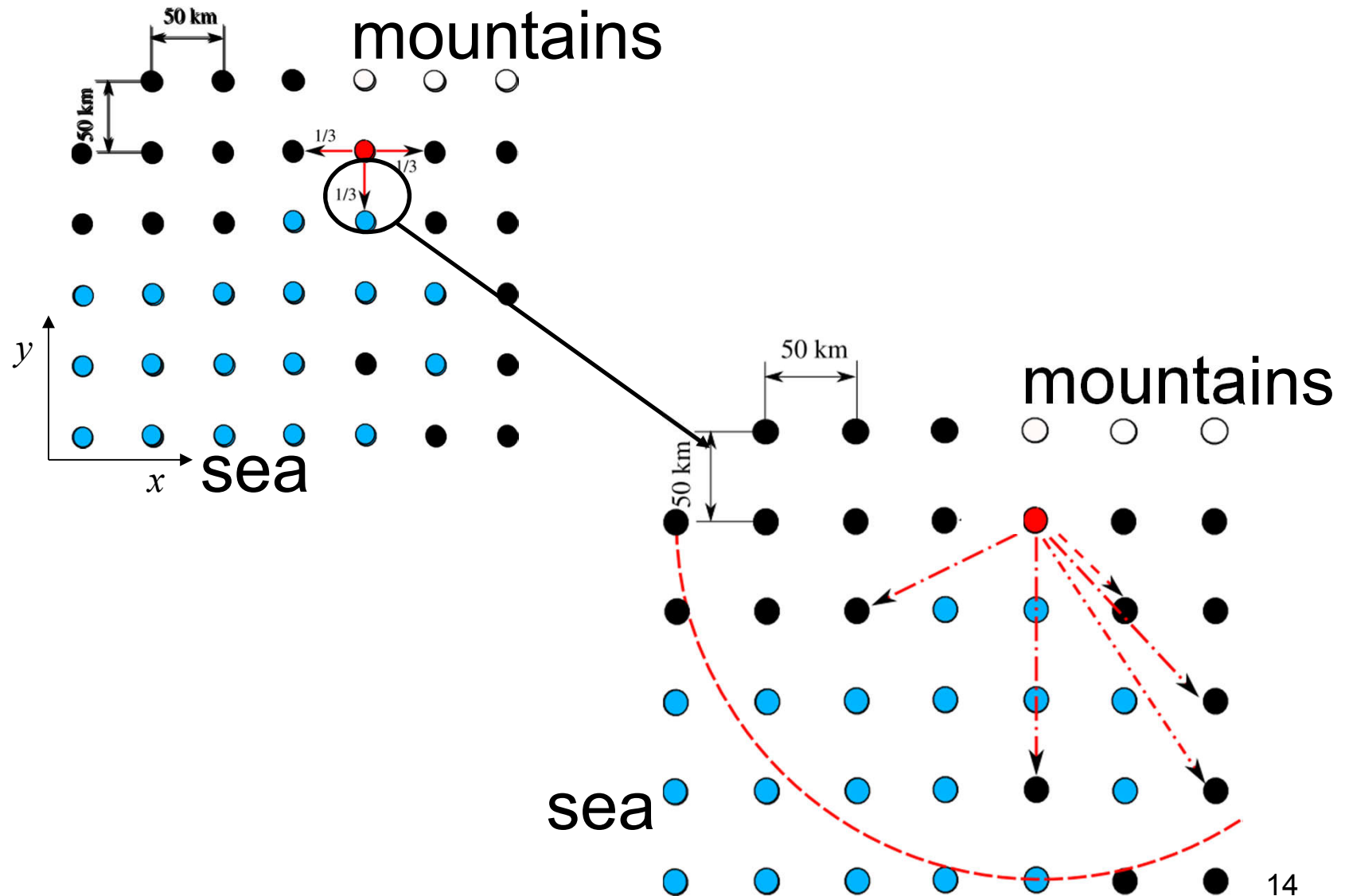


Dades arqueològiques



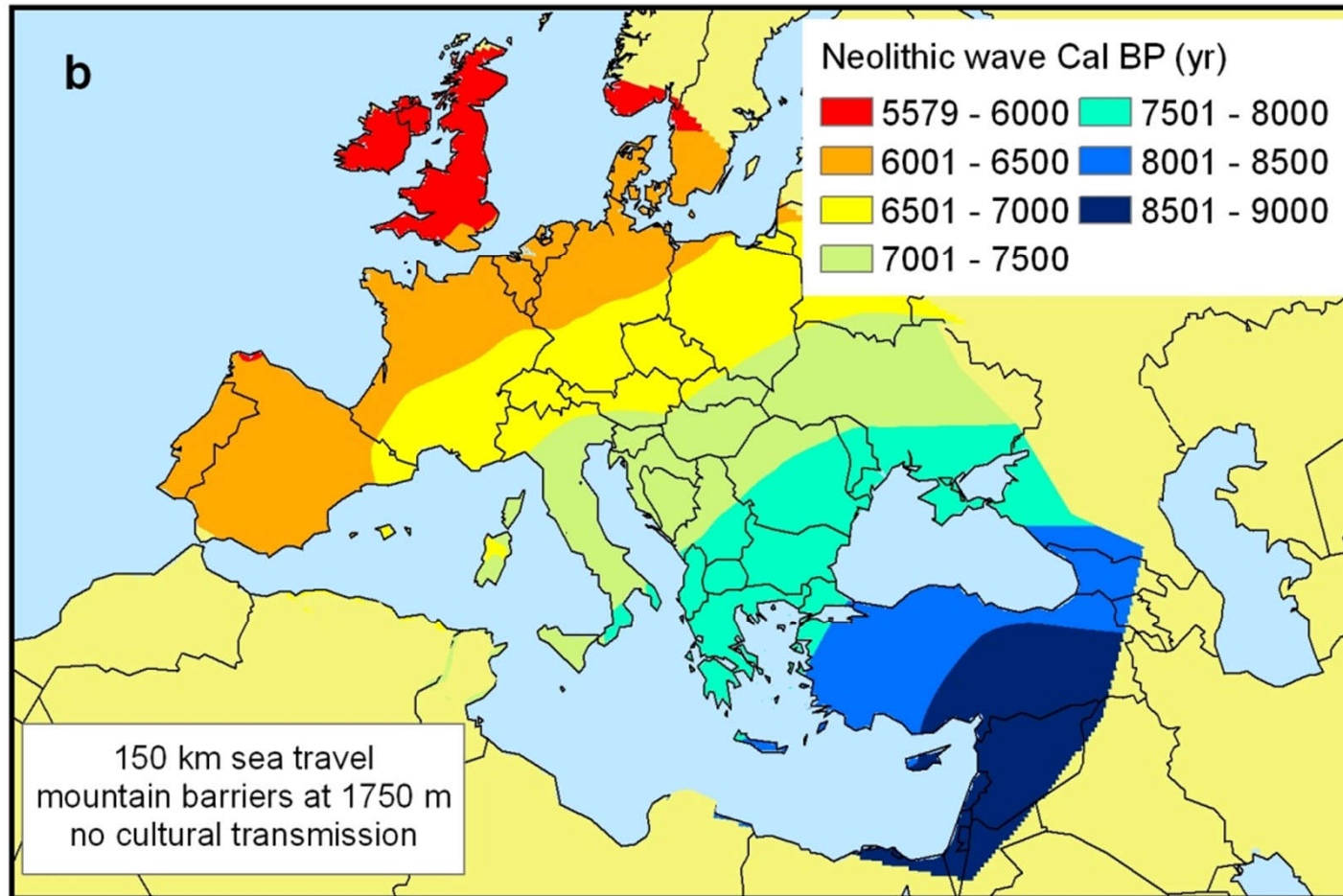
1 km/any,
com al
mapa
anterior,
però aquí
molt més
ràpid al
Mediterrani

Simulacions amb mar i muntanyes

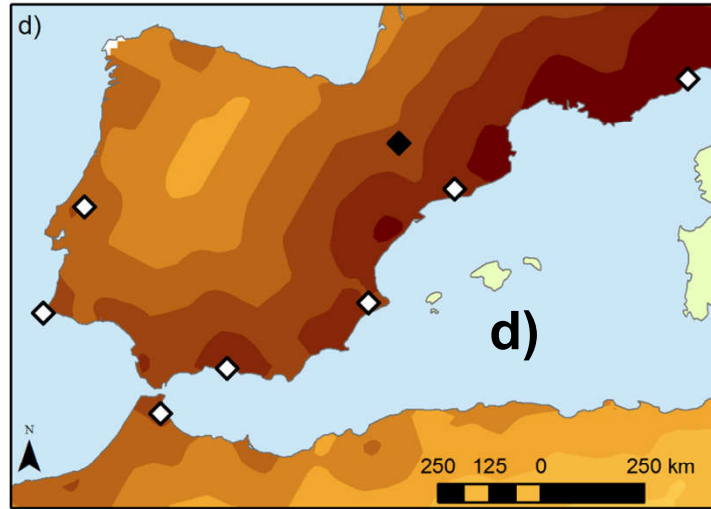
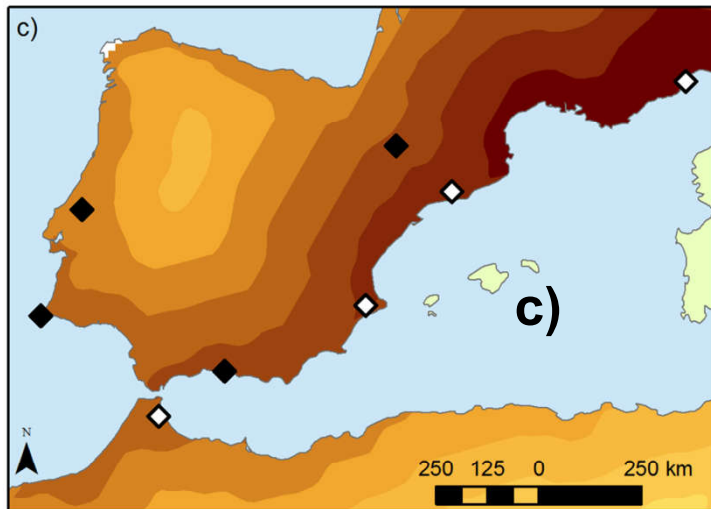
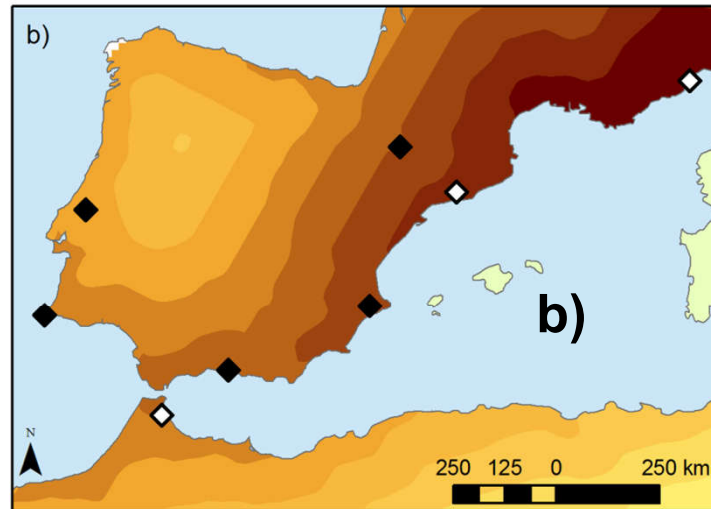
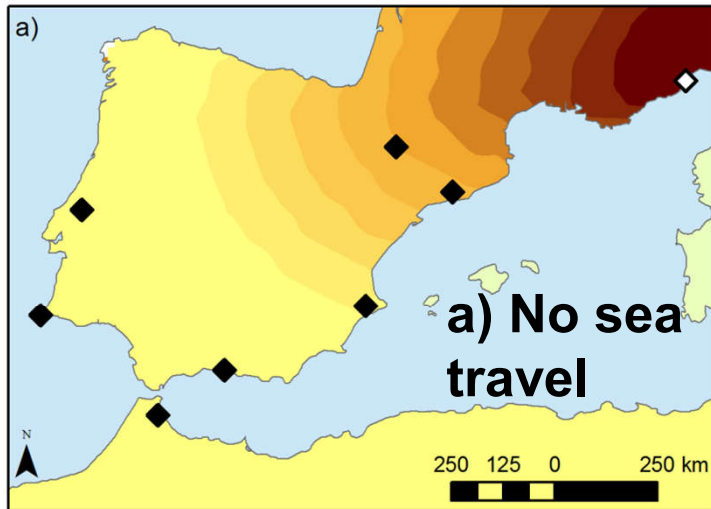


Millor model a nivell d'Europa

viages per mar fins a 150 km



Fort, Pujol & vander Linden, *Amer. Antiq.* (2012)



b)-d) Sea travel up to 350 km

b) preference for closer destinations

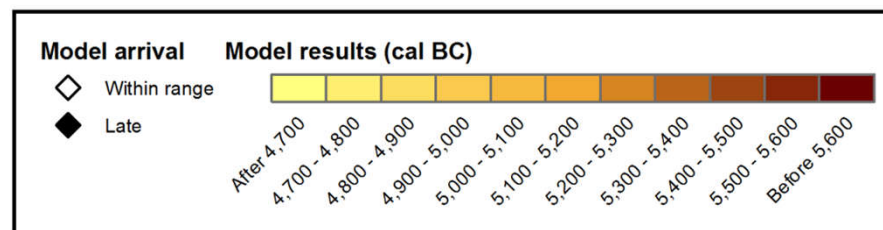
b) all distances within 350 km equally likely

b) all jumps of 350 km

◇ within range

◆ too late

Isern, Zilhao, Fort & Ammerman, *PNAS* 2017



Fins ara hem parlat només de models dèmics

Models culturals:

Número d'individus després (P') i abans (P)
de la transmissió cultural (durant 1 generació):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{agricultors (A): } P'_A = P_A + f \frac{P_A P_C}{P_A + \gamma P_C} \\ \text{caçadors – recol·lectors (C): } P'_C = P_C - f \frac{P_A P_C}{P_A + \gamma P_C} \end{array} \right.$$

Cavalli-Sforza & Feldman,
Cultural transmission and evolution (1979)

Fort, *PNAS* (2012)

$$\begin{cases} P'_A = P_A + f \frac{P_A P_C}{P_A + \gamma P_C} \approx P_A + C P_A & (1) \\ P'_C = P_C - f \frac{P_A P_C}{P_A + \gamma P_C} \approx P_C - C P_A & (2) \end{cases}$$

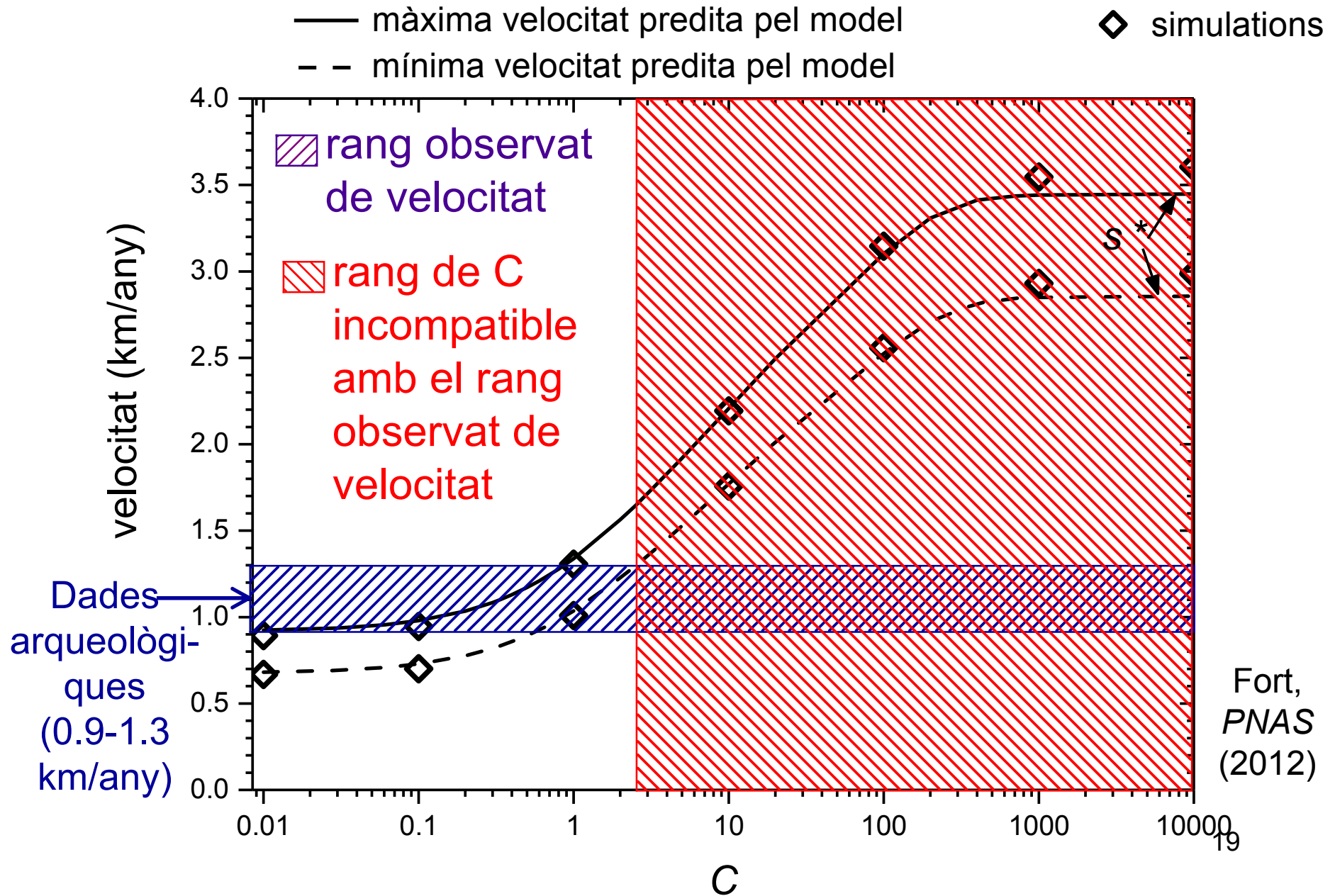
Si $P_A \ll P_C$

$$C = \frac{f}{\gamma}$$

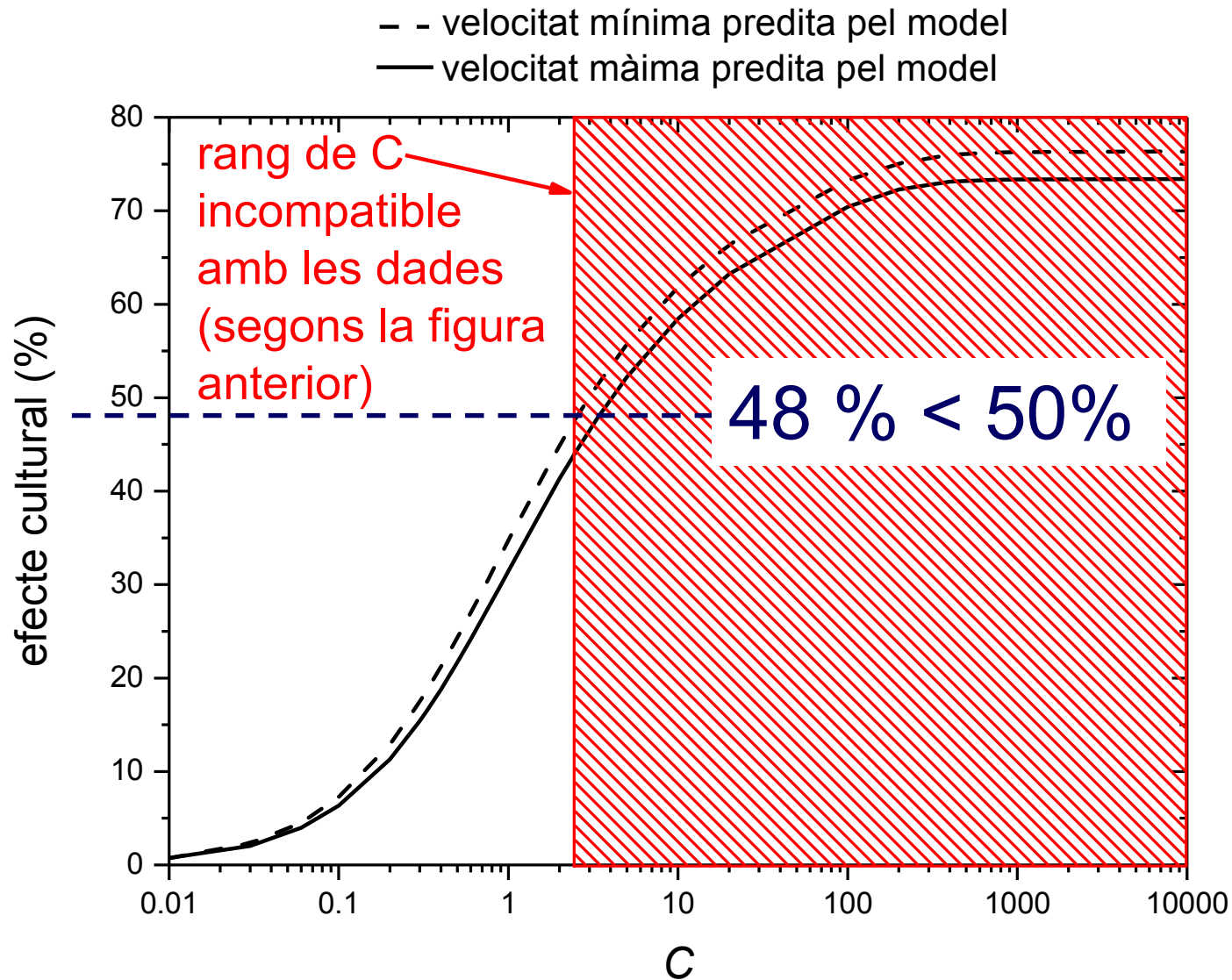
o sigui, quan arriben
els primers agricultors (P_A)
a una regió inicialment poblada per
caçadors recol·lectors (P_C)

Eq. (2) $\rightarrow C = \frac{P_C - P'_C}{P_A} =$ número de caçadors-
recol·lectors convertits per cada agricultor

Efecte de la transmissió cultural



$$\text{Efecte cultural (\%)} = (\text{velocitat} - \text{velocitat d\`emica}) / \text{velocitat} \cdot 100$$



Fort,
PNAS
(2012)

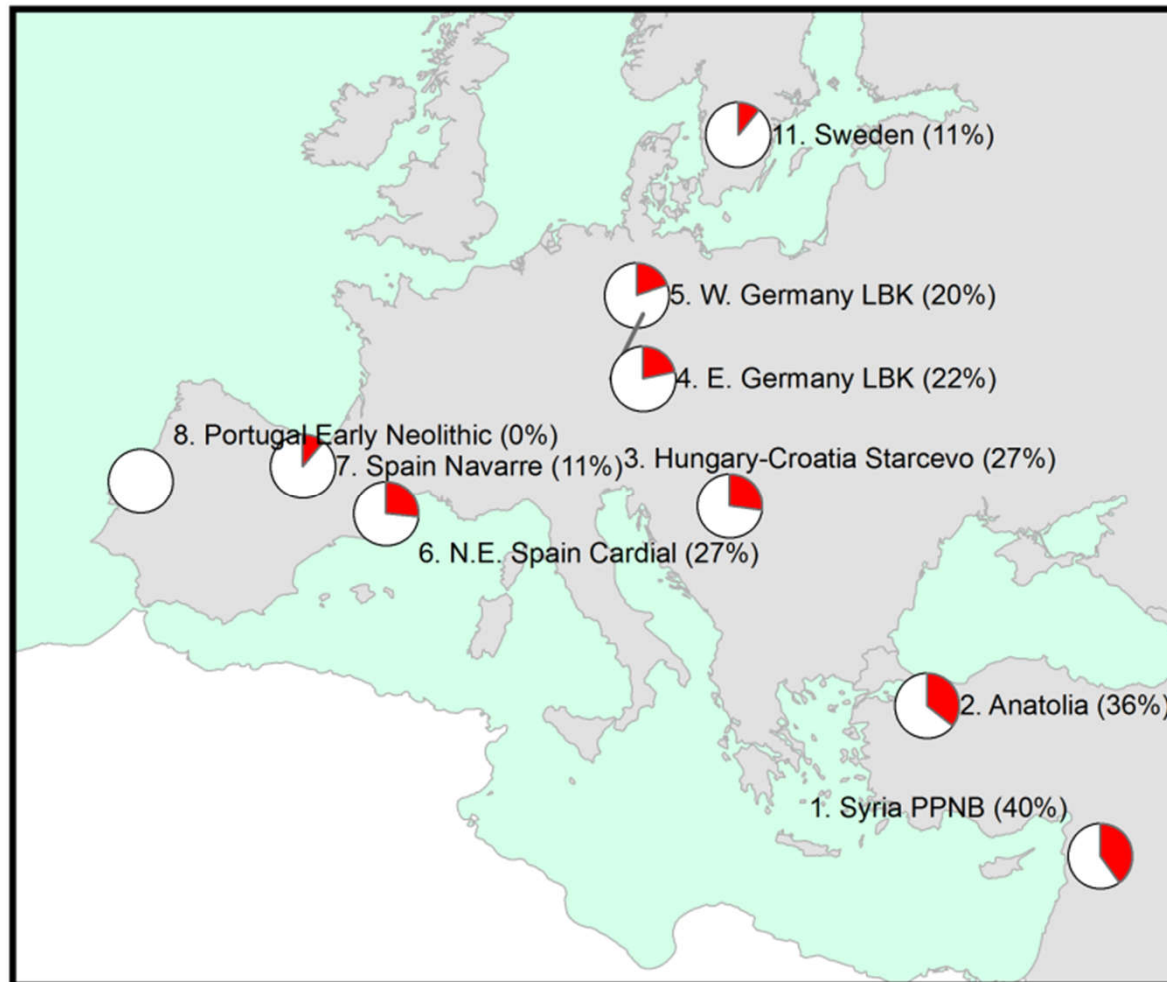
Conclusions

Segons les dades arqueològiques:

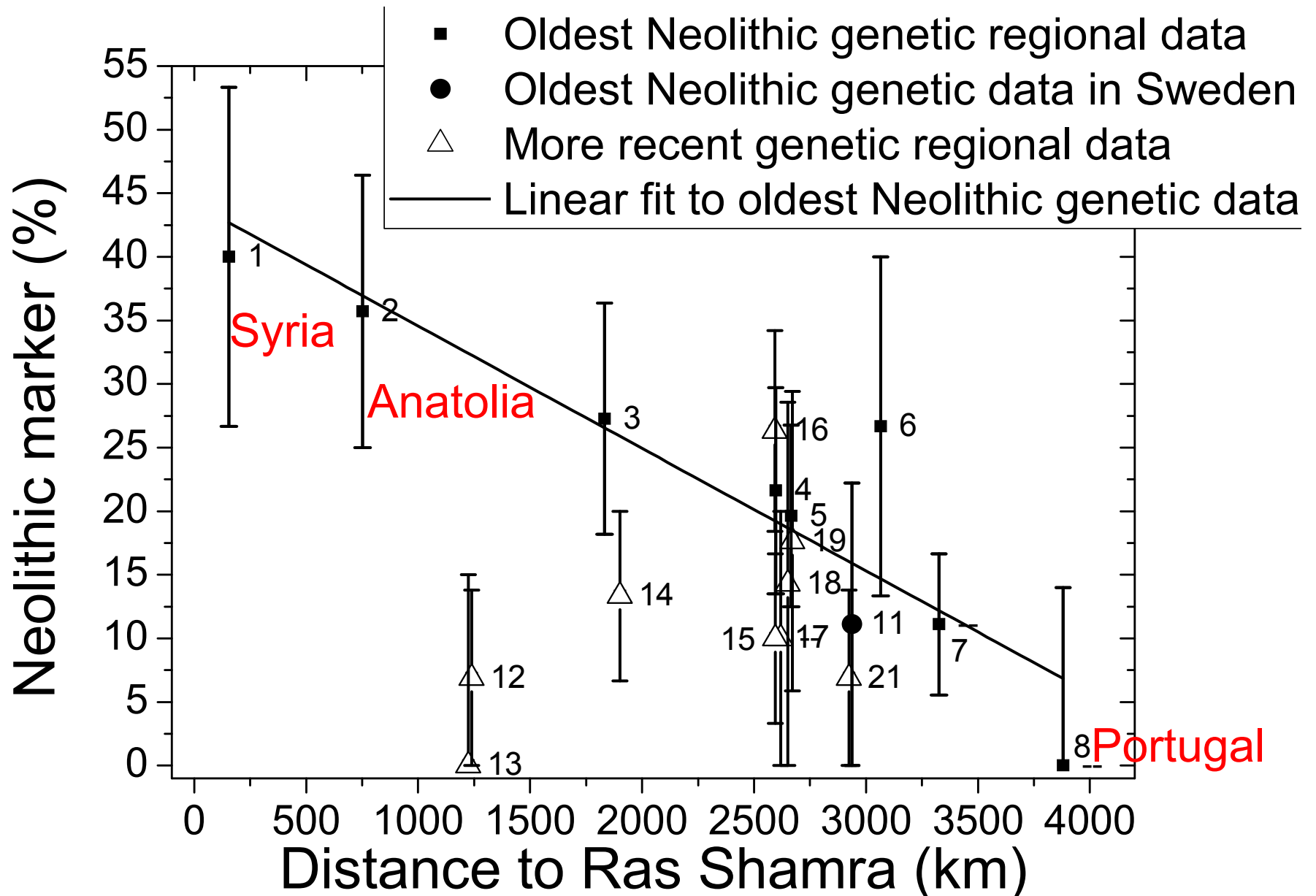
- La propagació del Neolític a Europa va ser sobretot dèmica (efecte cultural $< 50\%$).
- Cada agricultor no va convertir a l'agricultura a més de 3 caçadors-recol·lectors ($C < 3$).
- Si no, la velocitat hauria sigut més ràpida.

Genètica prehistòrica

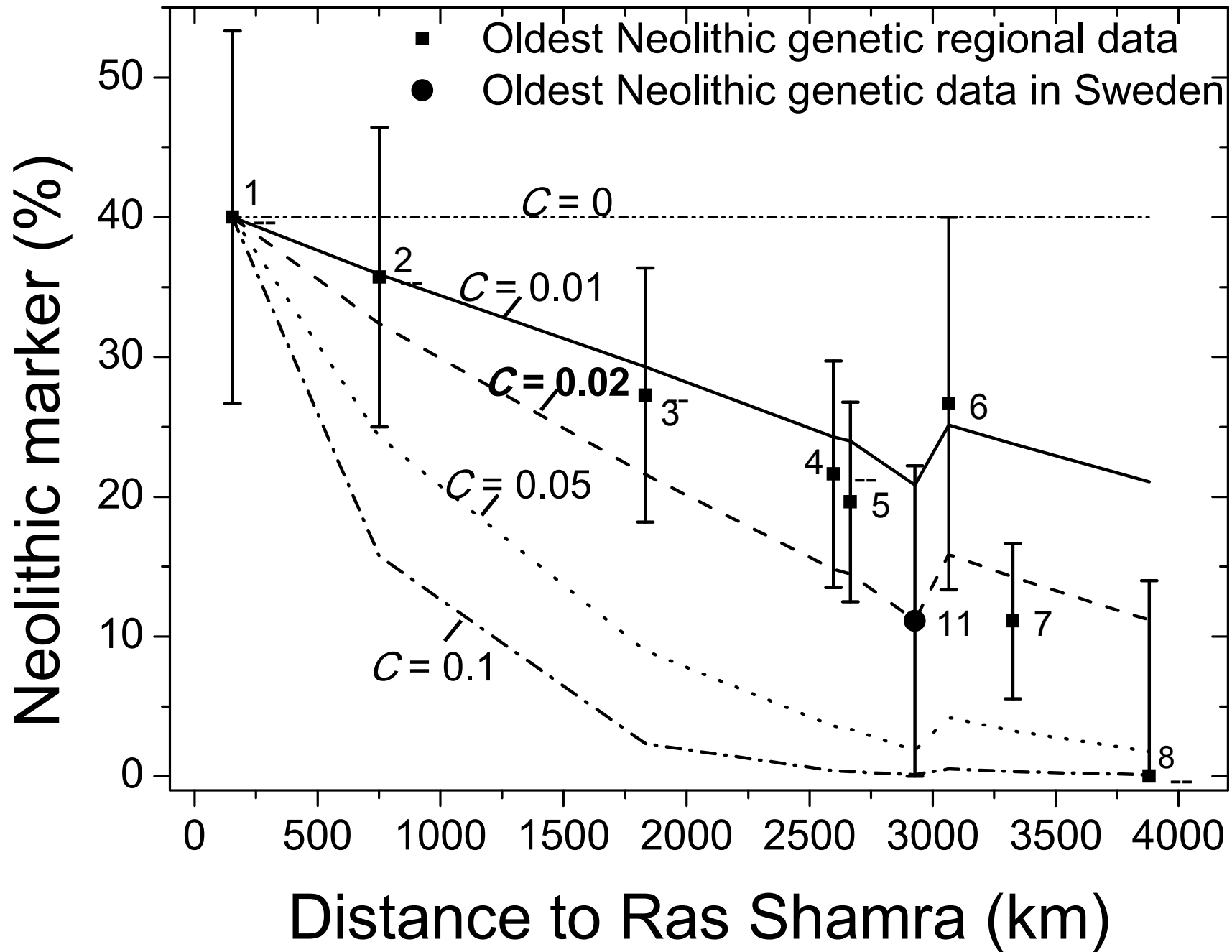
S'ha publicat l'ADN mitocondrial de 514 individus neolítics:



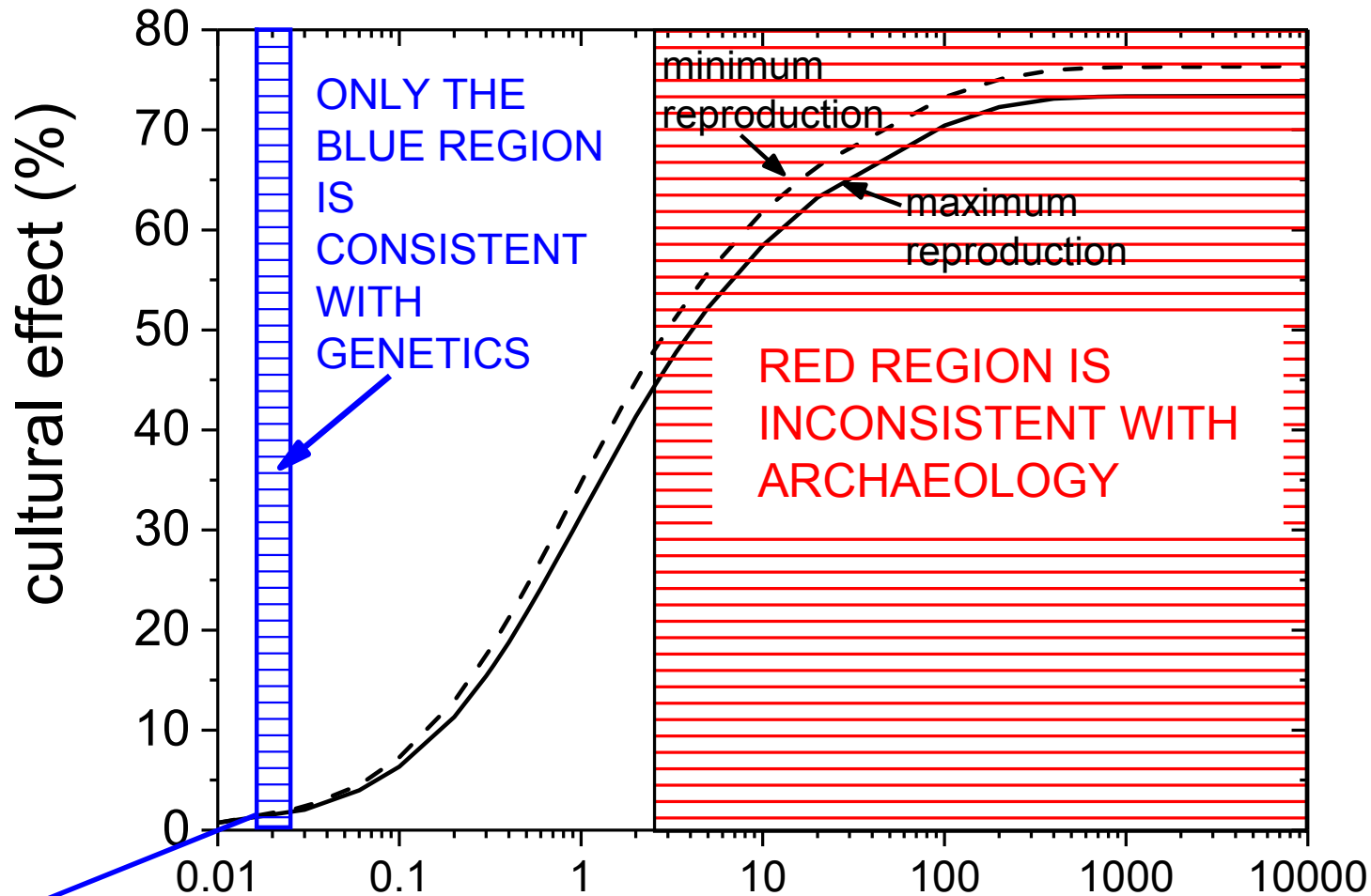
Analitzem la freqüència de l'haplogrup K (vermell) perquè no s'ha trobat cap caçador-recol·lector amb l'haplogrup K, i perquè decreix cap a l'Oest i cap al Nord (vermell).



Simulations begin at Ras Shamra, the oldest PPNB site in Syria from Pinhasi, Fort & Ammerman, *PLoS Biol* (2005), at its reported date and with the observed % of haplogroup K in Syria.



$$\text{Effect (\%)} = (\text{speed} - \text{demic speed}) / \text{speed} \cdot 100$$



cultural effect of only 2%, so demic >> cultural

Conclusions

- **Arqueologia:** efecte cultural $< 50\%$ → **sobretot dèmic**
i
 $C < 3 \rightarrow < 3$ caçadors-recol·lectors
van ser convertits per cada agricultor.
- **Genètica:** efecte cultural $\sim 2\%$ → **dèmic \gg cultural**
i
 $C \approx 0.02 \rightarrow$ per cada 100 agricultors, només
es van convertir 2 caçadors-recol·lectors.

Només $\sim 2\%$ d'agricultors van participar en la difusió cultural.

Abans del neolític: Colonització post-glacial d'Europa

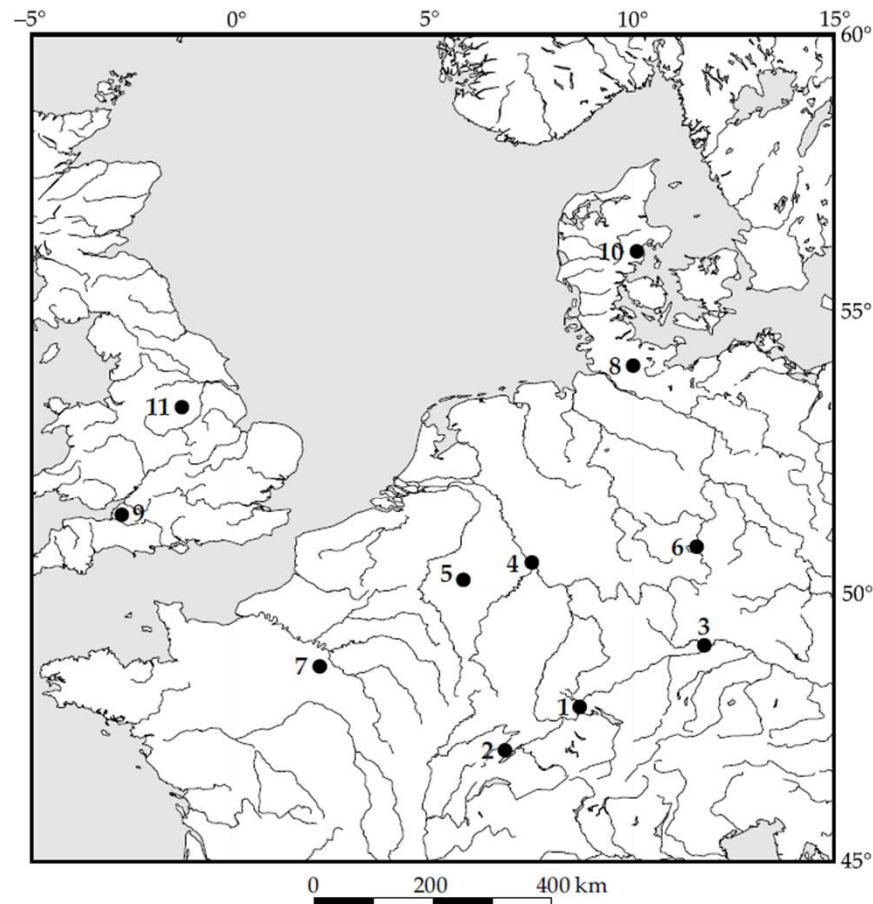
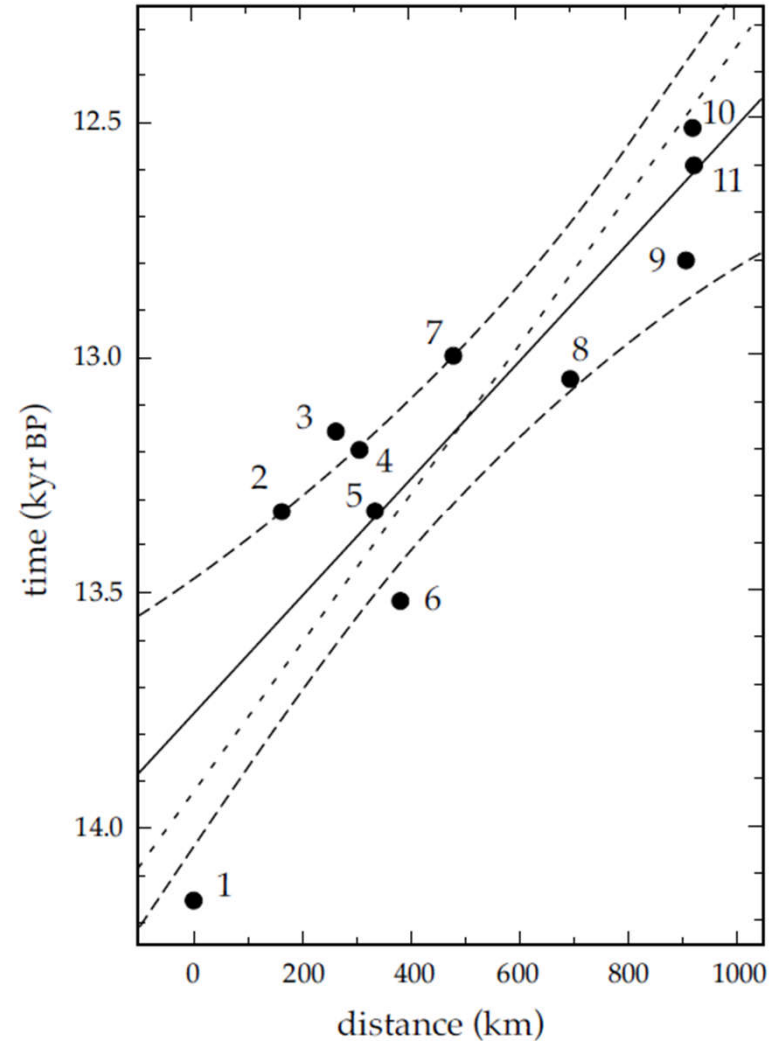


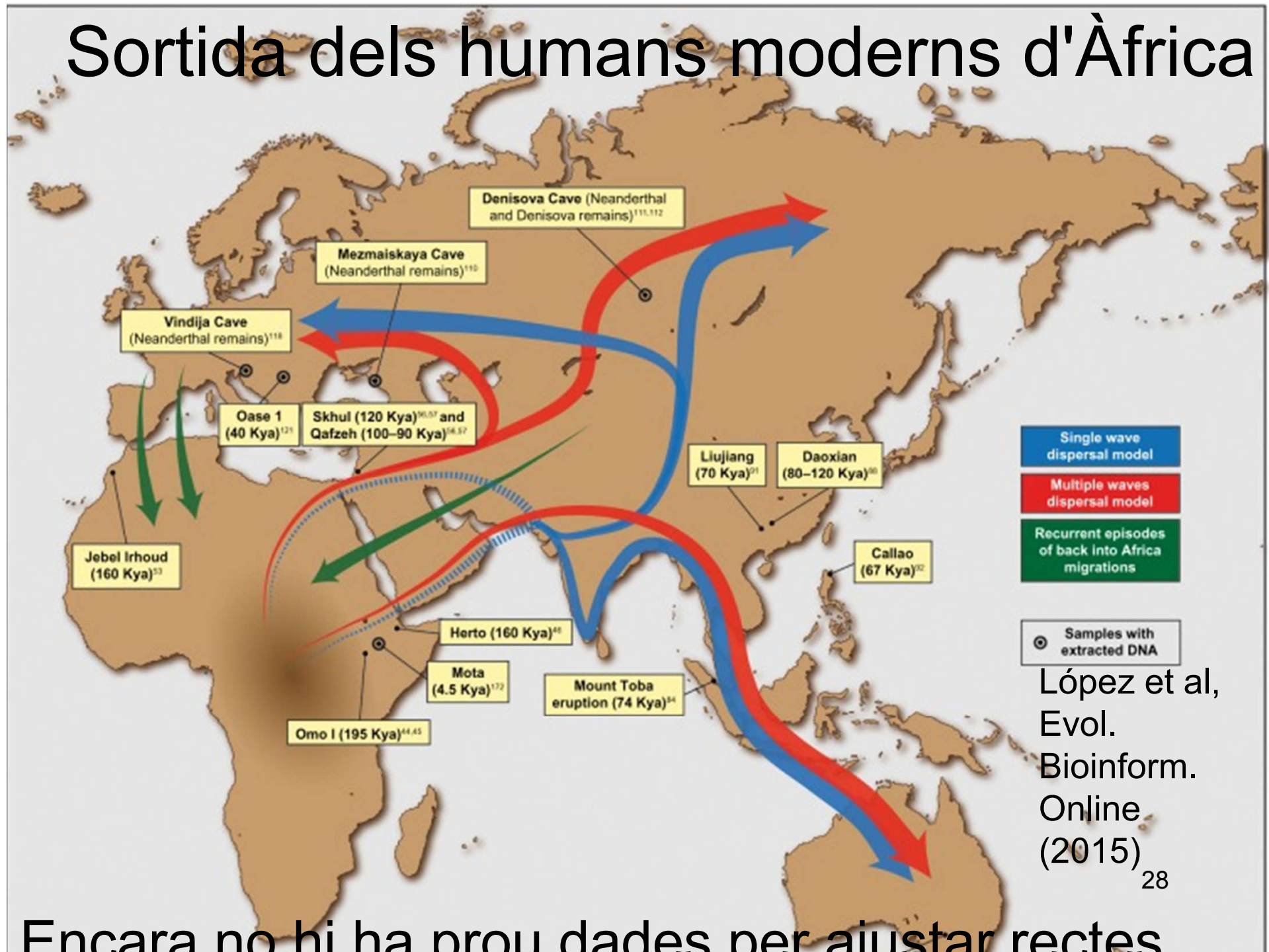
Figure 1. Map of northern Europe. Each number corresponds to the oldest postglacial recolonization site in a region with diameter of about 150 km.



Dades: 0.4-1.1 km/any. Model dèmic: 0.7-1.4 km/any 27

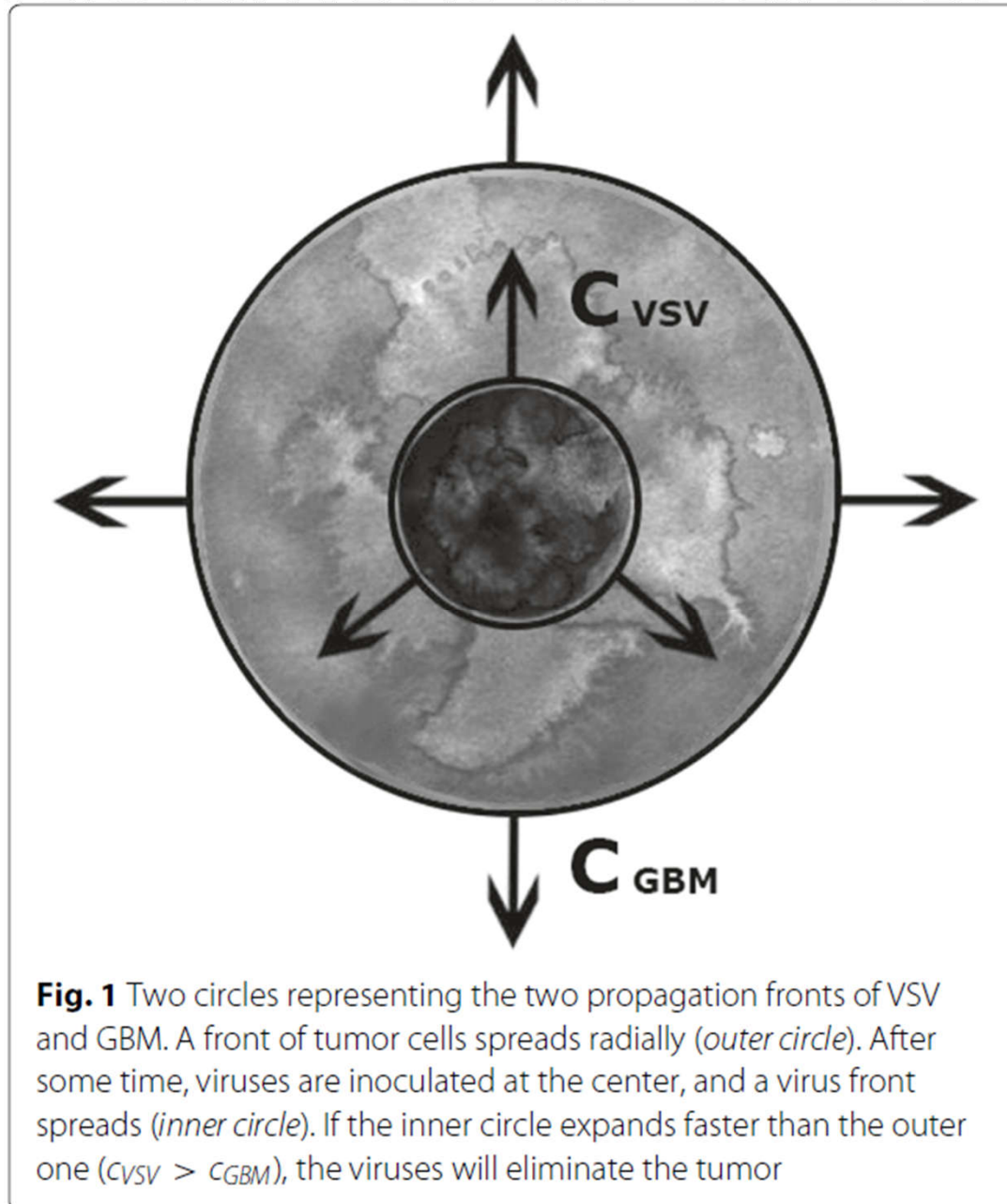
Fort, Pujol & Cavalli-Sforza, *Cambridge Archaeol. J.* (2004)

Sortida dels humans moderns d'Àfrica



Encara no hi ha prou dades per ajustar rectes

Tractament de càncer amb virus



Rioja, Isern
& Fort,
*Biology
Direct*
(2017)

Preguntas?

