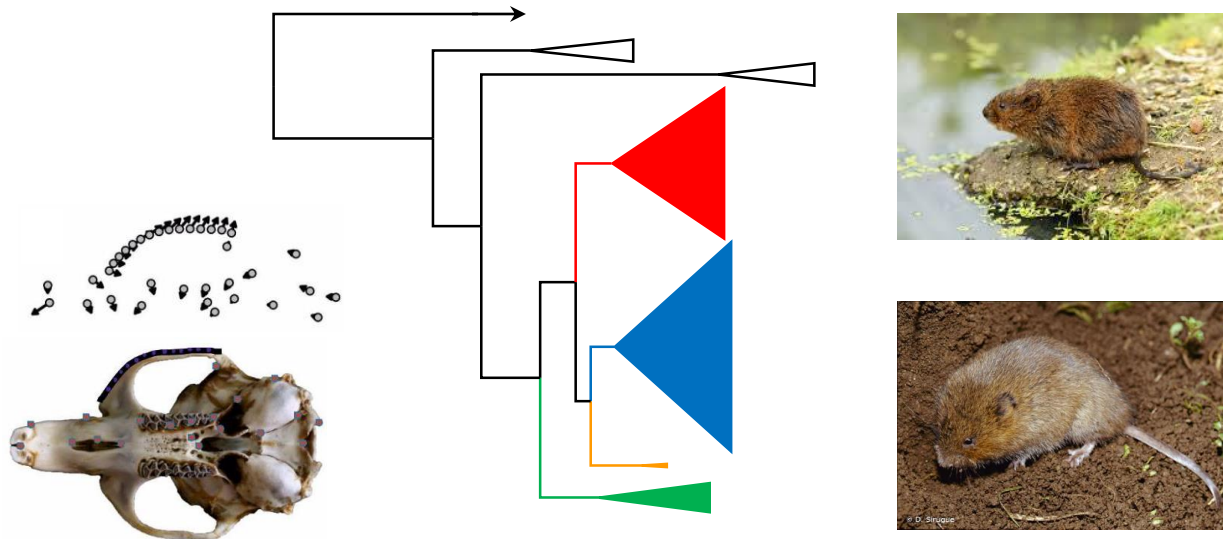


Structure génétique et morphométrie crânienne chez les *Arvicola*.



Pascale CHEVRET, Sabrina RENAUD, Jean-Pierre QUERE & Johan MICHAUX



Campagnols fouisseurs et aquatiques

Arvicola sapidus

Aquatique



Campagnols fouisseurs et aquatiques

Arvicola sapidus

Aquatique



Arvicola amphibius

Aquatique



Fouisseur



Campagnols fouisseurs et aquatiques

Arvicola sapidus

Aquatique



Arvicola amphibius

Aquatique



Fouisseur

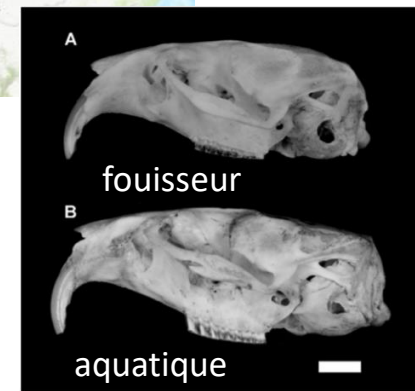


Figure 2 Skulls (in lateral view) of fossorial (A) and aquatic (B)

Krystufek et al. 2015

Campagnols fouisseurs et aquatiques

Arvicola sapidus

Aquatique



Arvicola amphibius

Aquatique



Fouisseur



Une ou plusieurs espèces ?

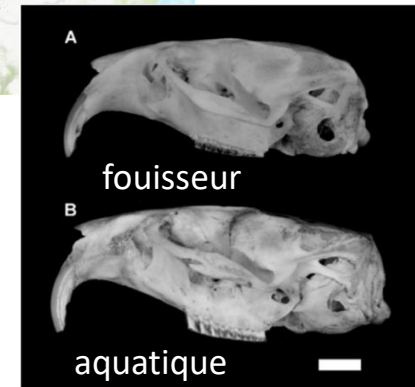


Figure 2 Skulls (in lateral view) of fossorial (A) and aquatic (B)

Krystufek et al. 2015

Arvicola : 1 à 7 espèces

1912 : 7 espèces (Miller)

amphibius

illyricus

italicus

musignani

sapidus

scherman

terrestris

1951 : 1 espèce (Ellerman and Morrison-Scott)

terrestris

Arvicola : 1 à 7 espèces

1912 : 7 espèces (Miller)

amphibius

illyricus

italicus

musignani

sapidus

scherman

terrestris

1951 : 1 espèce (Ellerman and Morrison-Scott)

terrestris

2005 : 3 espèces (Mammal species of the world)

amphibius

scherman

sapidus

Arvicola : 1 à 7 espèces

1912 : 7 espèces (Miller)

amphibius

illyricus

italicus

musignani

sapidus

scherman

terrestris

1951 : 1 espèce (Ellerman and Morrison-Scott)

terrestris

2005 : 3 espèces (Mammal species of the world)

amphibius

scherman

sapidus

2017 : 4 espèces (Handbook of the Mammals of the World. Rodents II)

amphibius

italicus

monticola

sapidus

Arvicola : 1 à 7 espèces

1912 : 7 espèces (Miller)

amphibius

illyricus

italicus

musignani

sapidus

scherman

terrestris

1951 : 1 espèce (Ellerman and Morrison-Scott)

terrestris

2005 : 3 espèces (Mammal species of the world)

amphibius

scherman

sapidus

2017 : 4 espèces (Handbook of the Mammals of the World. Rodents II)

amphibius

italicus

monticola

sapidus

2019 : 1 nouvelle espèce découverte en Iran, *Arvicola persicus* (Mahmoudi et al.)

Phylogénie moléculaire

145 échantillons en Europe :

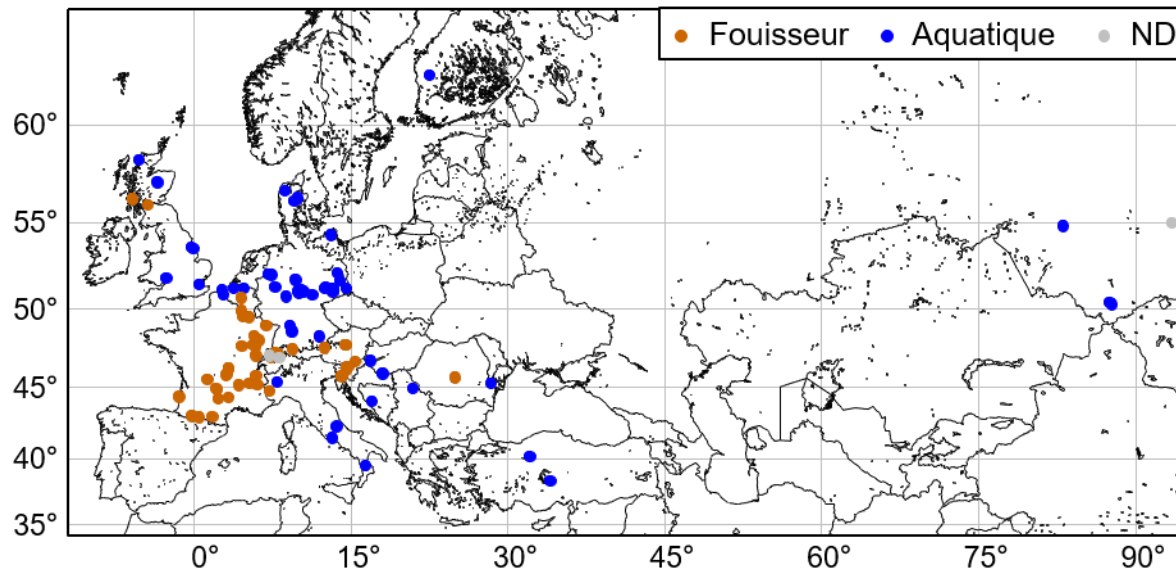
Belgique, Danemark, France, Allemagne, Royaume-Uni et Espagne

Séquençage d'un gene mitochondrial (cytochrome b)

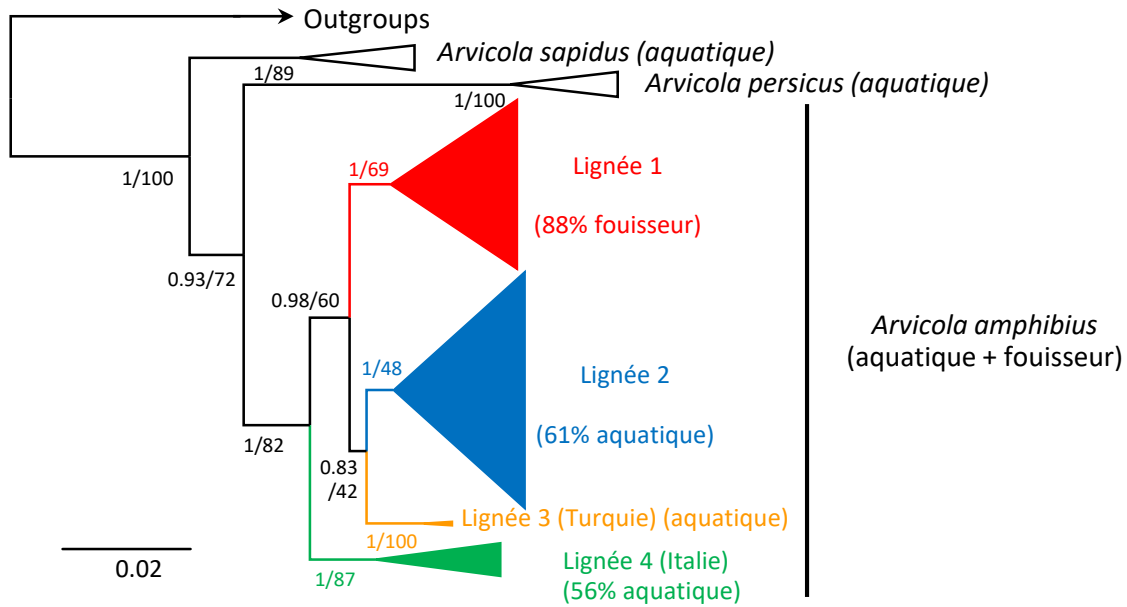
Données génétiques disponibles :

A. amphibius (91), *A. sapidus* (12), and *A. persicus* (14)

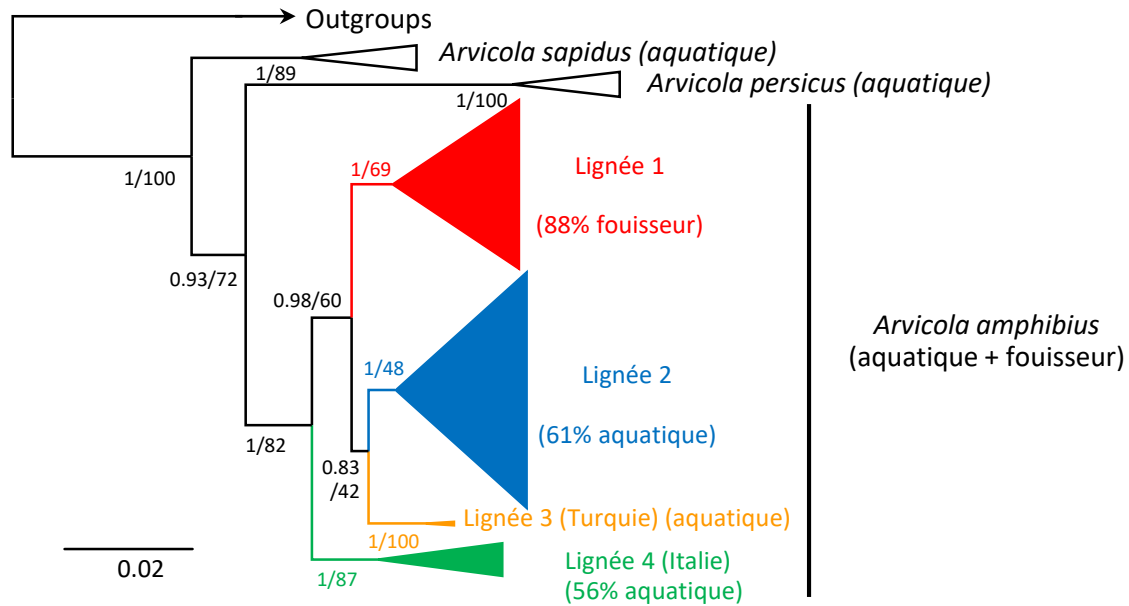
Arvicola amphibius : 236 séquences, 102 localités



Phylogénie moléculaire



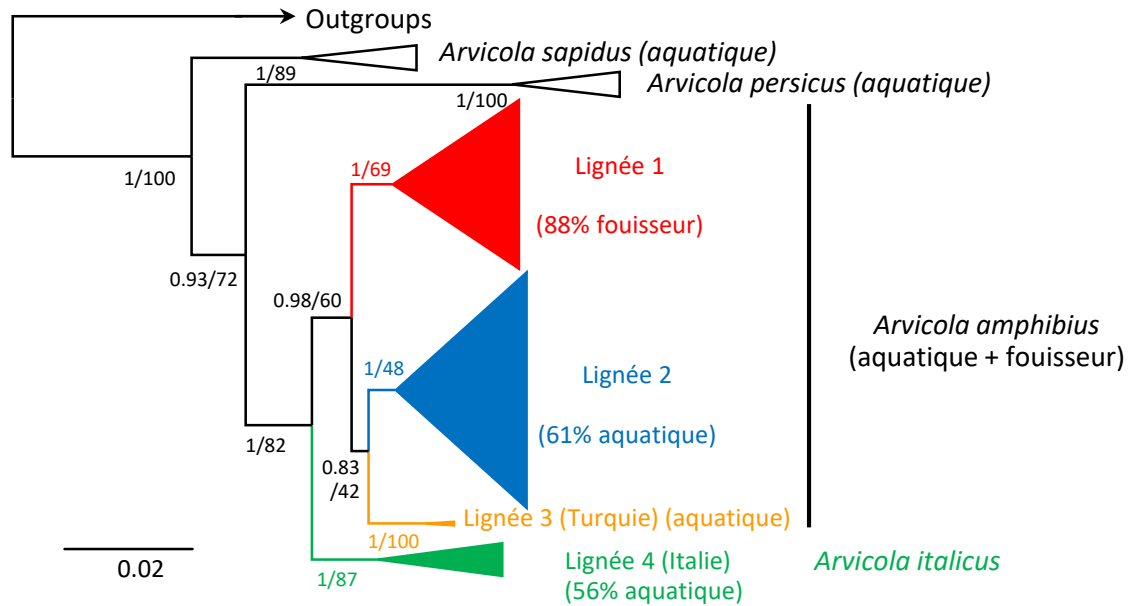
Phylogénie moléculaire



Divergence génétique

	Lignée 1	Lignée 2	Lignée 3	Lignée 4	<i>A. sapidus</i>	<i>A. persicus</i>
Lignée 1	1.3 ± 0.2					
Lignée 2	4.1 ± 0.6	1.2 ± 0.2				
Lignée 3	3.8 ± 0.6	2.9 ± 0.5	0.6 ± 0.2			
Lignée 4	5.1 ± 0.8	4.4 ± 0.7	4.8 ± 0.8	1.6 ± 0.3		
<i>A. sapidus</i>	7.5 ± 1	7.2 ± 0.9	7.6 ± 1	8.1 ± 1.1	0.9 ± 0.2	
<i>A. persicus</i>	9.4 ± 1.2	10.1 ± 1.2	9.8 ± 1.2	9.2 ± 1.1	10 ± 1.2	1.2 ± 0.3

Phylogénie moléculaire



Divergence génétique

	Lignée 1	Lignée 2	Lignée 3	Lignée 4	<i>A. sapidus</i>	<i>A. persicus</i>
Lignée 1	1.3 ± 0.2					
Lignée 2	4.1 ± 0.6	1.2 ± 0.2				
Lignée 3	3.8 ± 0.6	2.9 ± 0.5	0.6 ± 0.2			
Lignée 4	5.1 ± 0.8	4.4 ± 0.7	4.8 ± 0.8	1.6 ± 0.3		
<i>A. sapidus</i>	7.5 ± 1	7.2 ± 0.9	7.6 ± 1	8.1 ± 1.1	0.9 ± 0.2	
<i>A. persicus</i>	9.4 ± 1.2	10.1 ± 1.2	9.8 ± 1.2	9.2 ± 1.1	10 ± 1.2	1.2 ± 0.3

4 espèces :

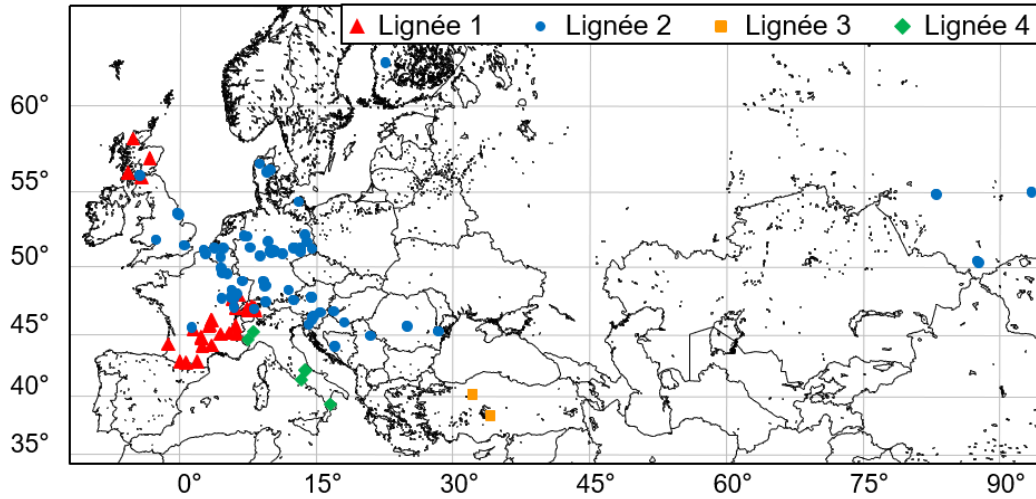
Arvicola amphibius (Lignées 1, 2 et 3)

Lignée 4 = *Arvicola italicus*

Arvicola persicus

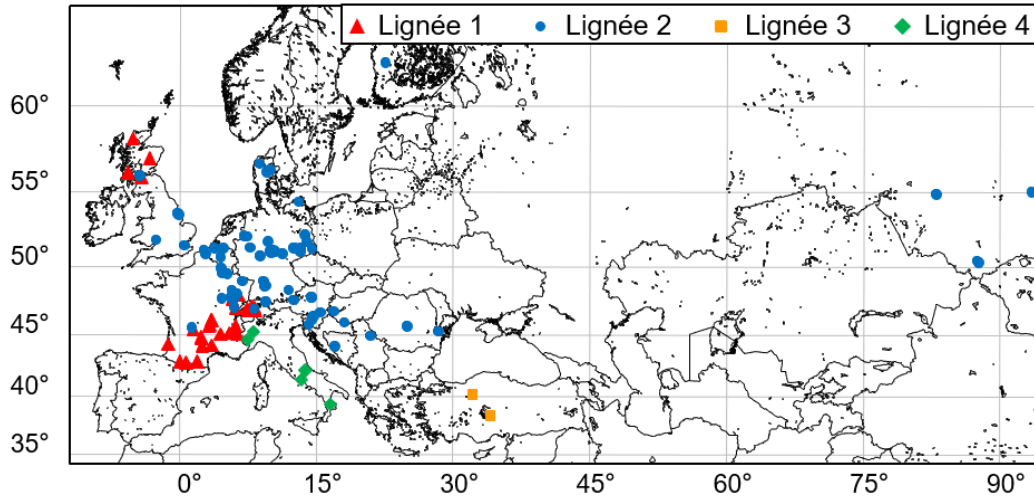
Arvicola sapidus

Ecologie et génétique



Plusieurs lignées génétiques

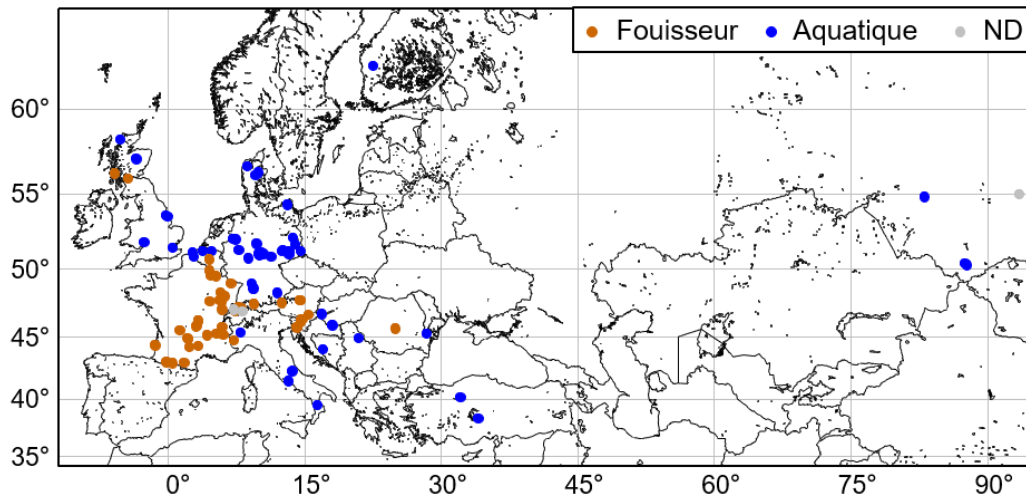
Ecologie et génétique



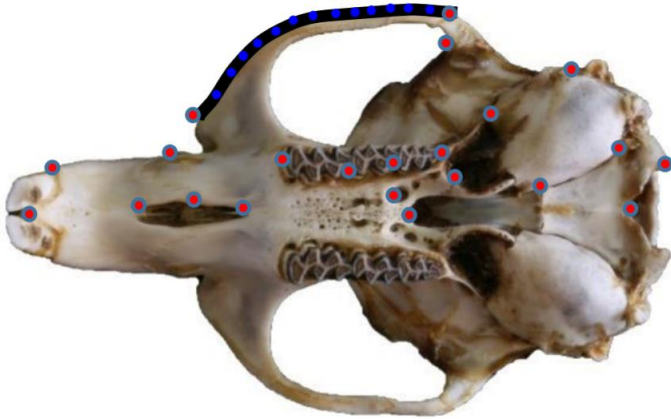
Plusieurs lignées génétiques

Mélange de formes

aquatiques et fouisseuses



Signature morphométrique sur le crâne : taille



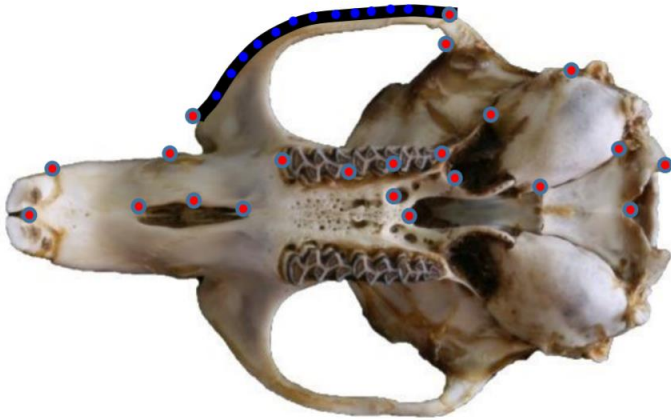
22 landmarks (points repères)

13 semi-landmarks (points glissants)

Superposition Procruste généralisée

Standardisation par la taille, la position et l'orientation

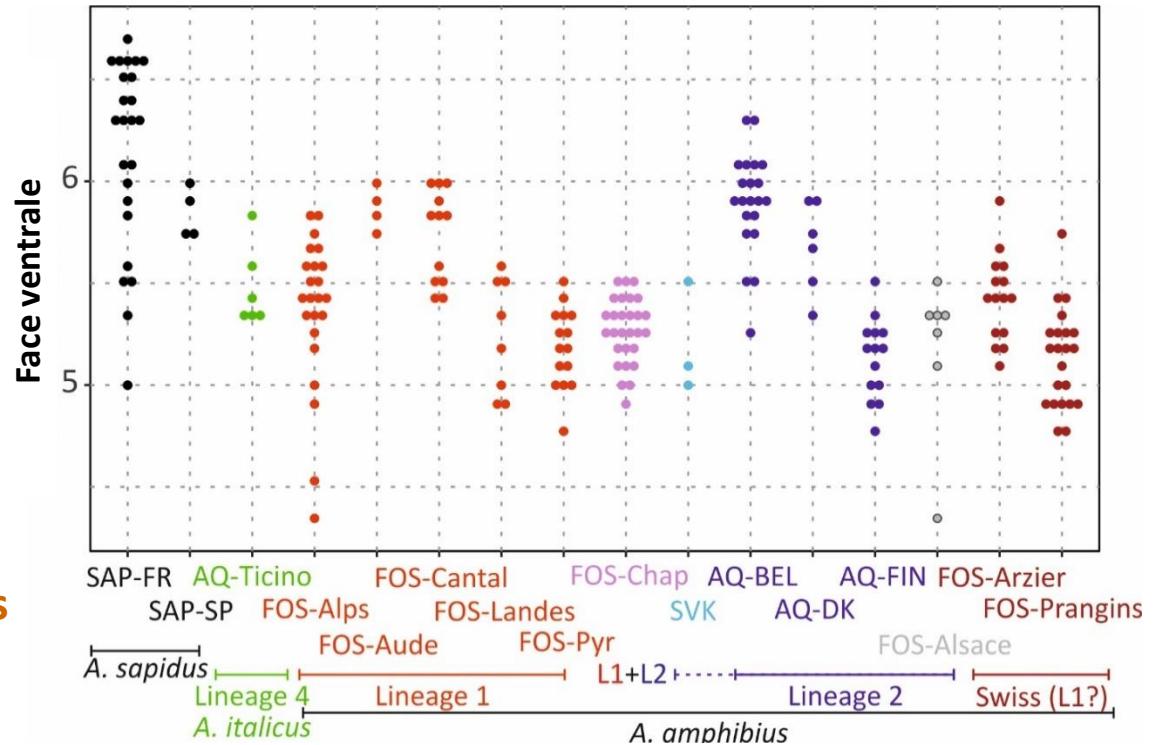
Signature morphométrique sur le crâne : taille



22 landmarks (points repères)
13 semi-landmarks (points glissants)

Superposition Procruste généralisée
Standardisation par la taille, la position et l'orientation

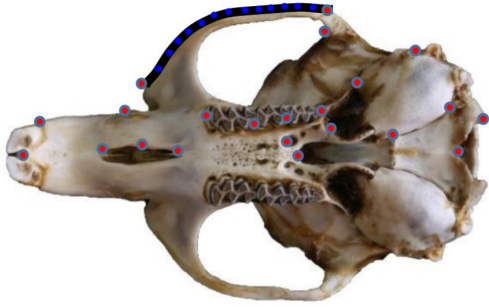
Taille au centroïde



Pas de différence de taille

- Entre lignées
- Entre **aquatiques** / **fouisseurs**

Signature morphométrique sur le crâne : forme

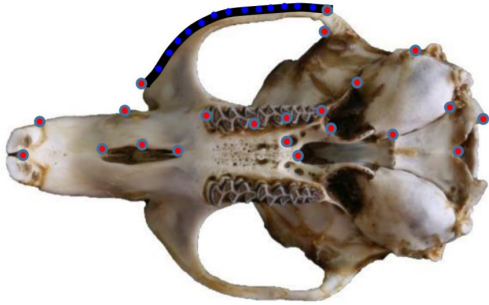


Coordonnées alignées

Analyse multivariée (Analyse discriminante)

maximise la variance inter-groupe/intra-groupe

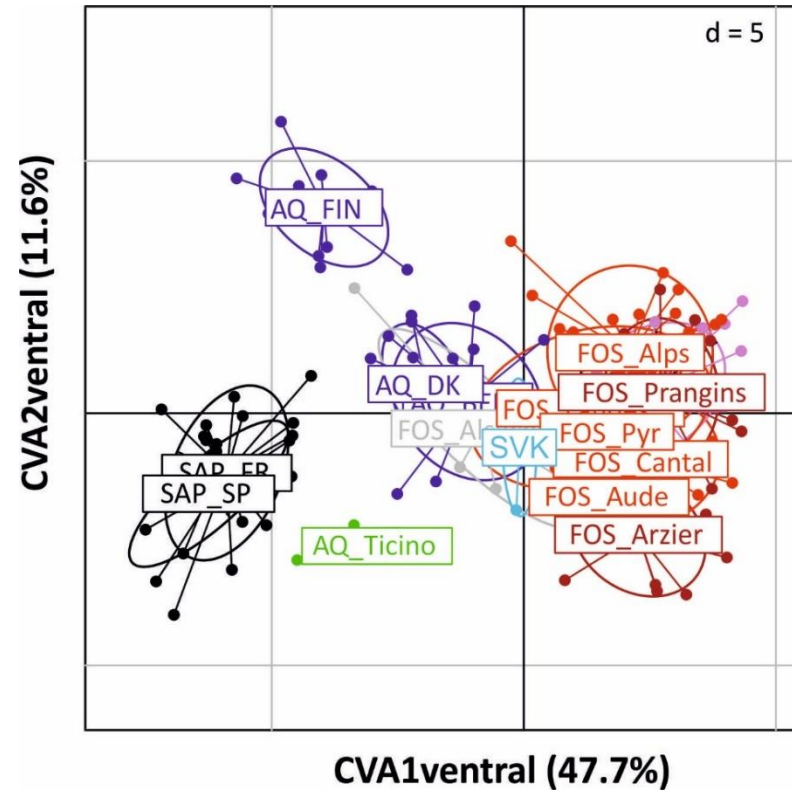
Signature morphométrique sur le crâne : forme



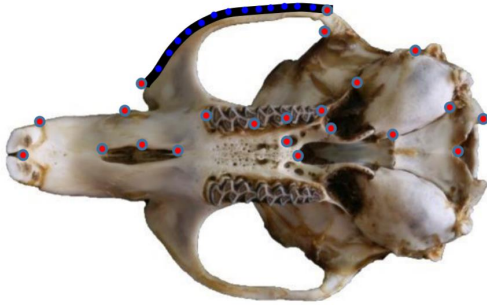
Coordonnées alignées

Analyse multivariée (Analyse discriminante)

maximise la variance inter-groupe/intra-groupe



Signature morphométrique sur le crâne : forme



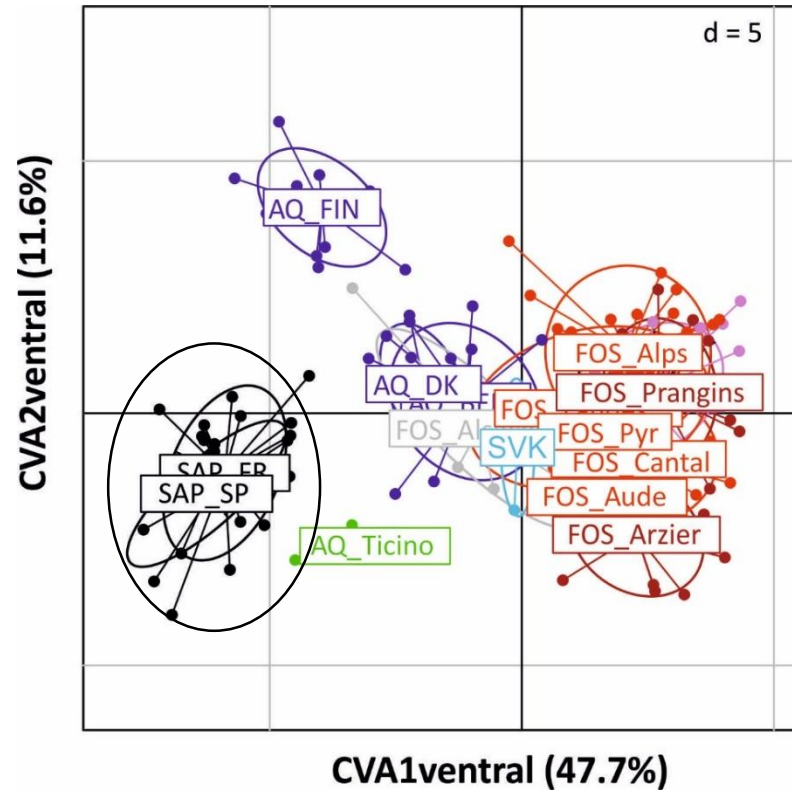
Coordonnées alignées

Analyse multivariée (Analyse discriminante)

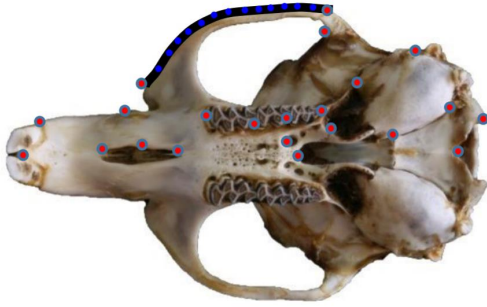
maximise la variance inter-groupe/intra-groupe

● *A. sapidus*

Aquatique



Signature morphométrique sur le crâne : forme



Coordonnées alignées

Analyse multivariée (Analyse discriminante)

maximise la variance inter-groupe/intra-groupe

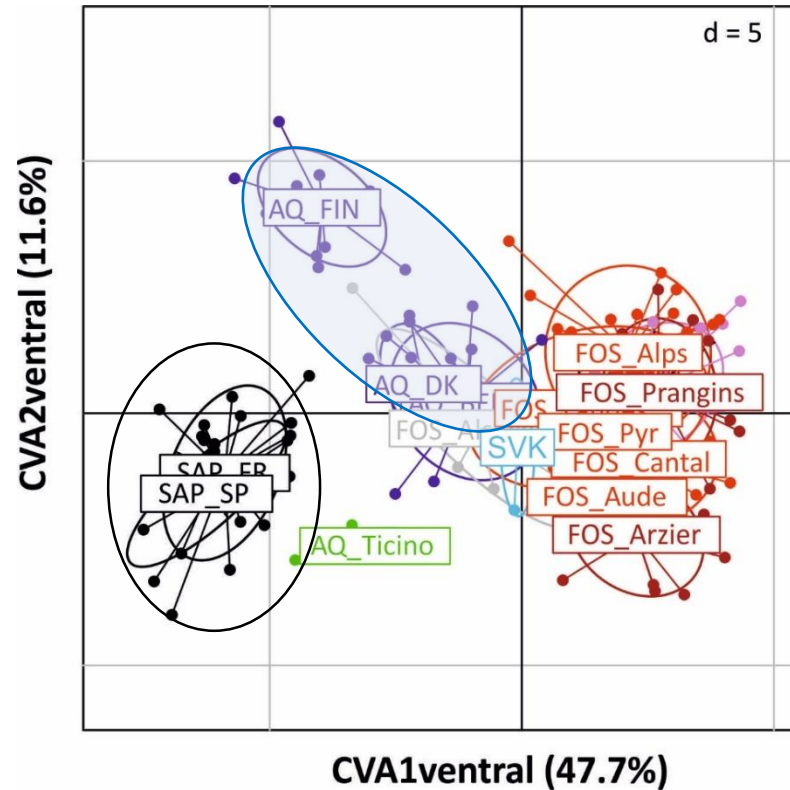
● Lignée 2

Aquatique

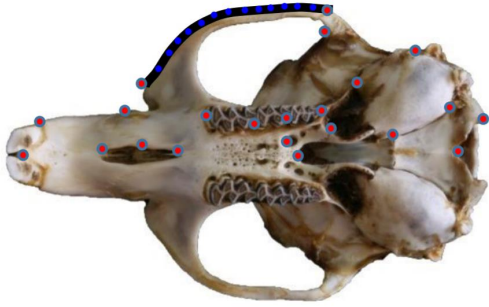


● *A. sapidus*

Aquatique



Signature morphométrique sur le crâne : forme



Coordonnées alignées

Analyse multivariée (Analyse discriminante)

maximise la variance inter-groupe/intra-groupe

● Lignée 2

Aquatique



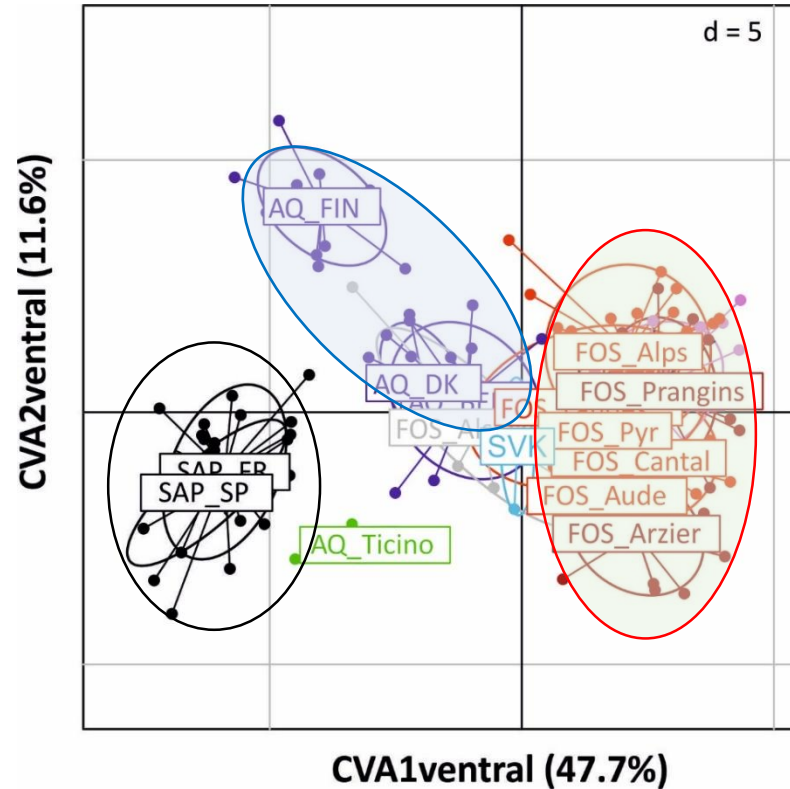
● *A. sapidus*

Aquatique

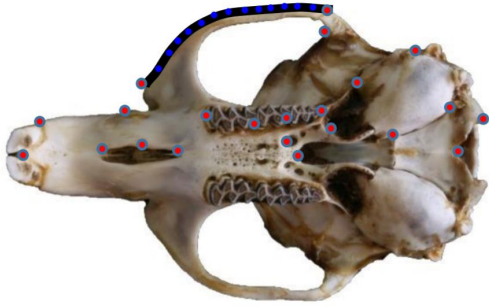


● Lignée 1

Fouisseur



Signature morphométrique sur le crâne : forme



Coordonnées alignées

Analyse multivariée (Analyse discriminante)

maximise la variance inter-groupe/intra-groupe

● Lignée 2

Aquatique



● *A. sapidus*

Aquatique



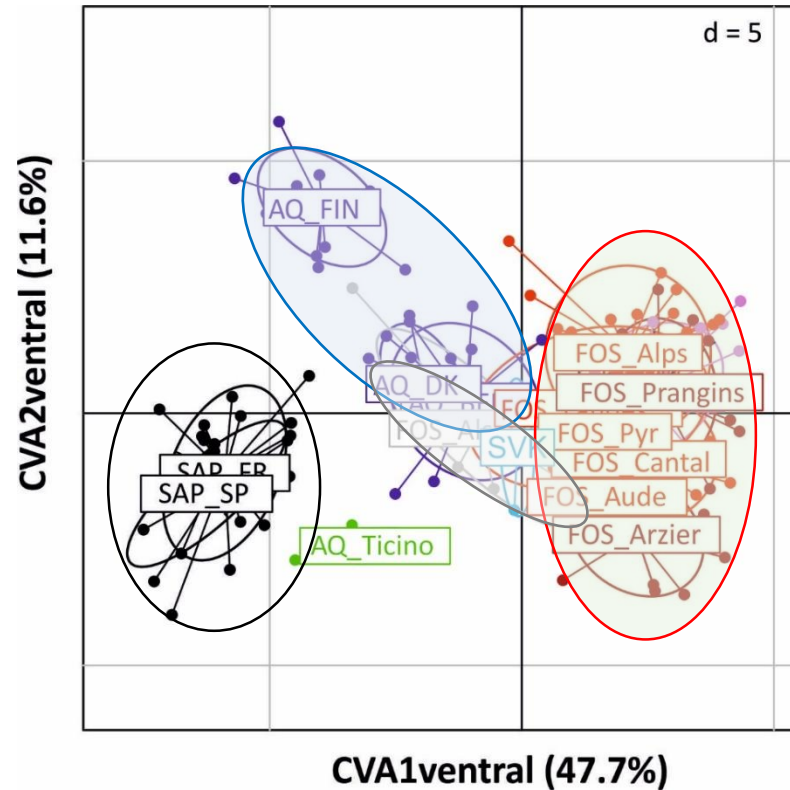
● Lignée 1

Fouisseur



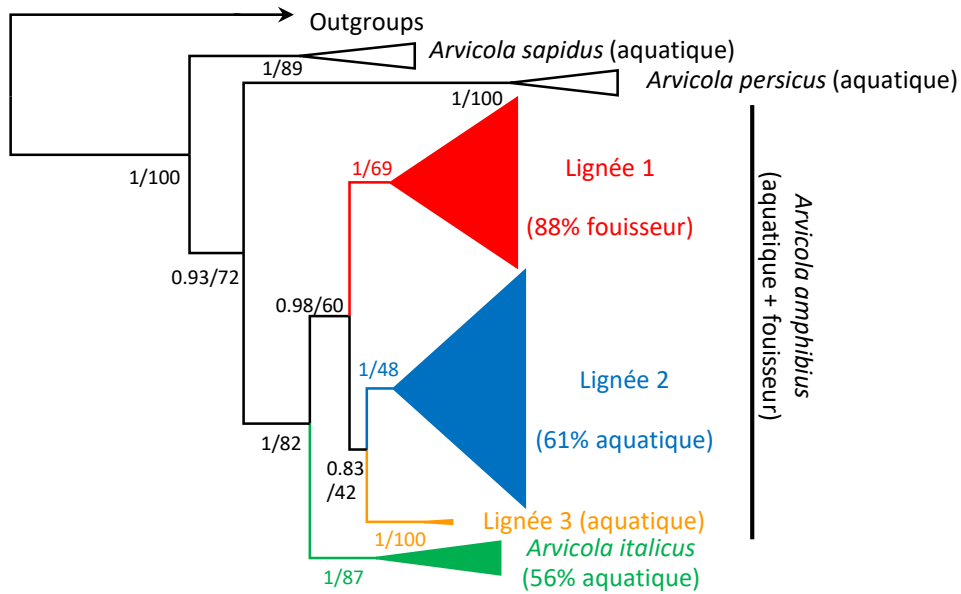
● Lignée 2

Fouisseur



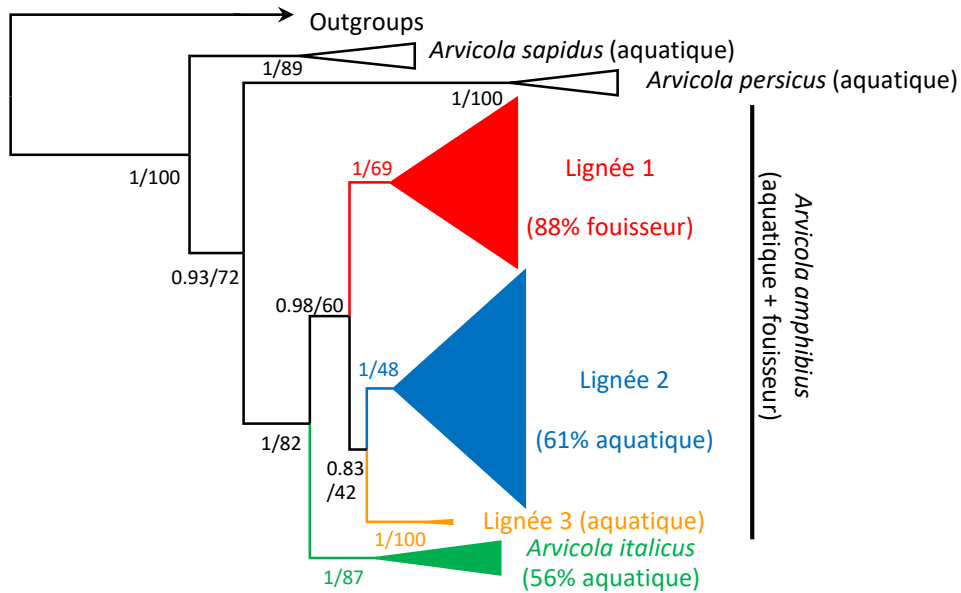
Adaptation et plasticité

1. Signature phylogénétique



Adaptation et plasticité

1. Signature phylogénétique

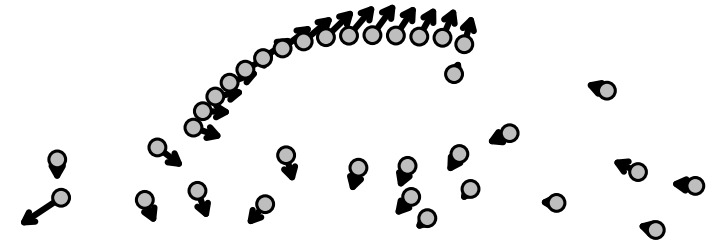


2. Signature adaptive

Lignée 2: majoritairement **aquatique**

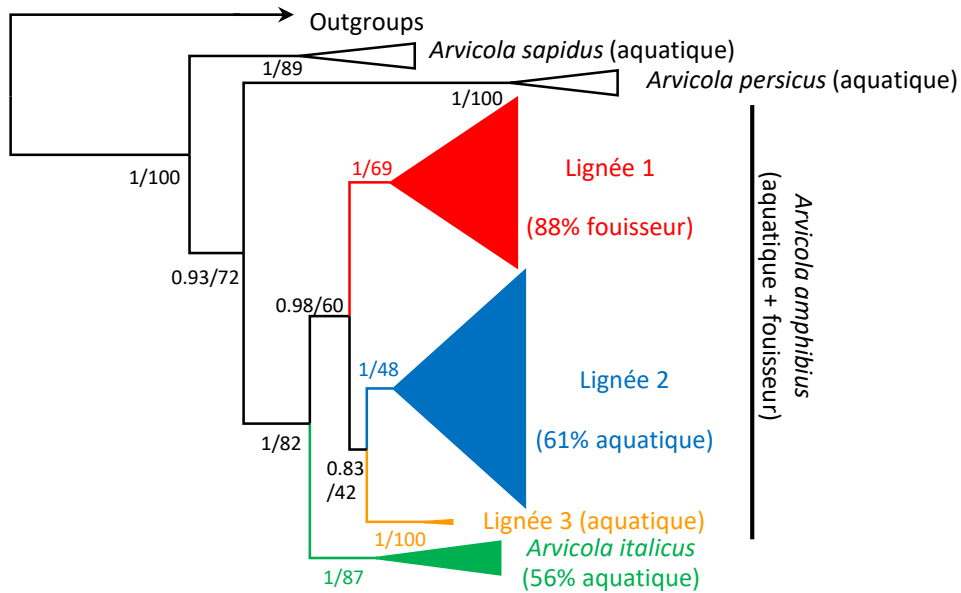


Lignée 1: majoritairement **fouisseur**



Adaptation et plasticité

1. Signature phylogénétique



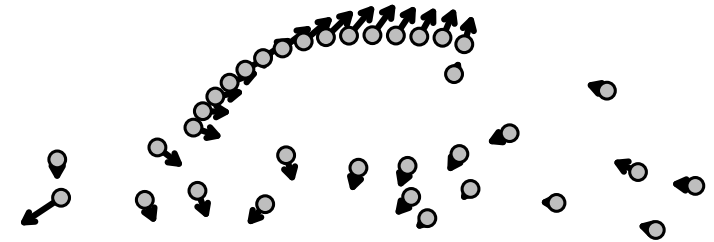
2. Signature adaptive

Lignée 2: majoritairement **aquatique**



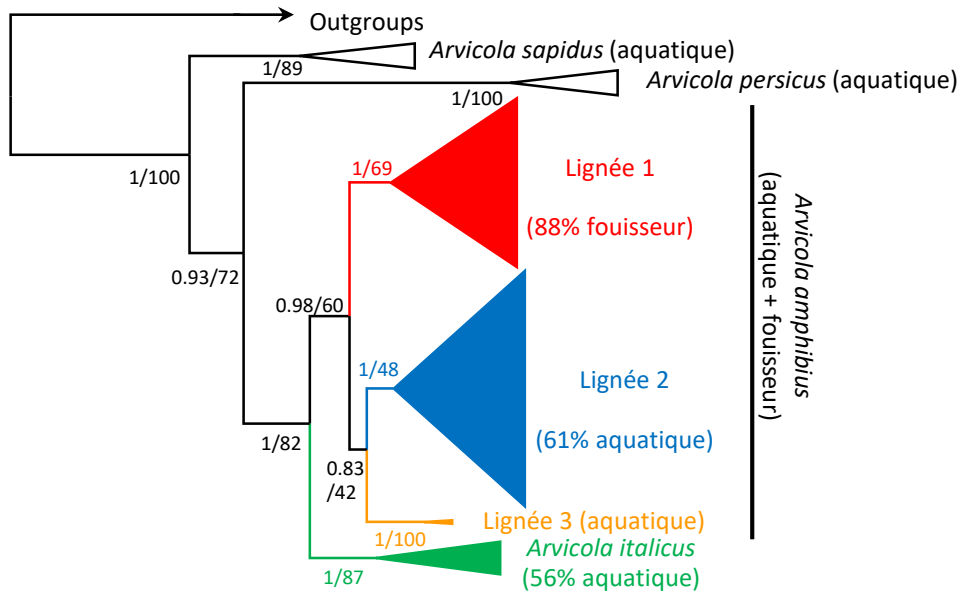
Lignée 1: majoritairement **fouisseur**

Expansion des muscles masseters



Adaptation et plasticité

1. Signature phylogénétique



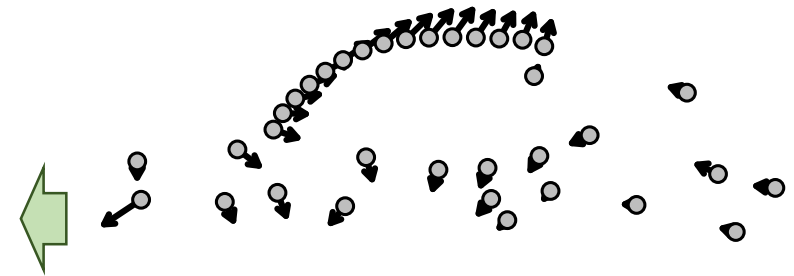
2. Signature adaptive

Lignée 2: majoritairement **aquatique**



Lignée 1: majoritairement **fouisseur**

Expansion des muscles masseters

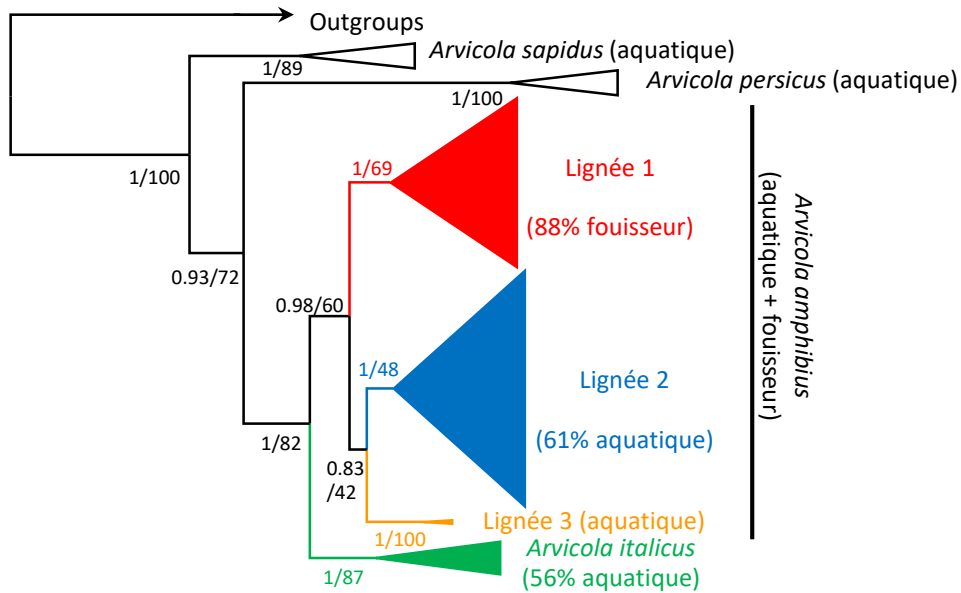


Incisivés pointant vers l'avant

→ Utilisation des dents pour creuser

Adaptation et plasticité

1. Signature phylogénétique



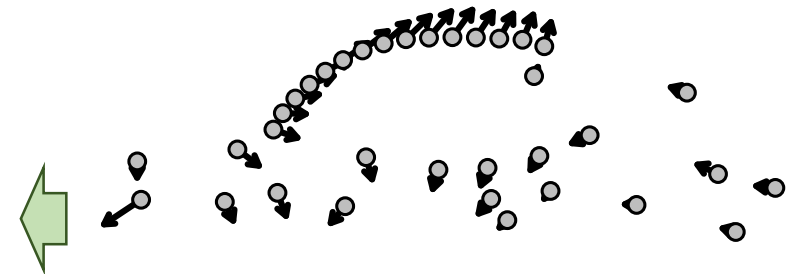
2. Signature adaptive

Lignée 2: majoritairement **aquatique**



Lignée 1: majoritairement **fouisseur**

Expansion des muscles masseters



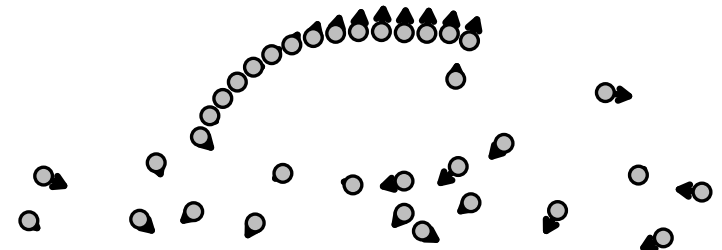
Incisives pointant vers l'avant

→ Utilisation des dents pour creuser

3. Signature plastique

Intra lignées

Réponse à une versatilité écologique

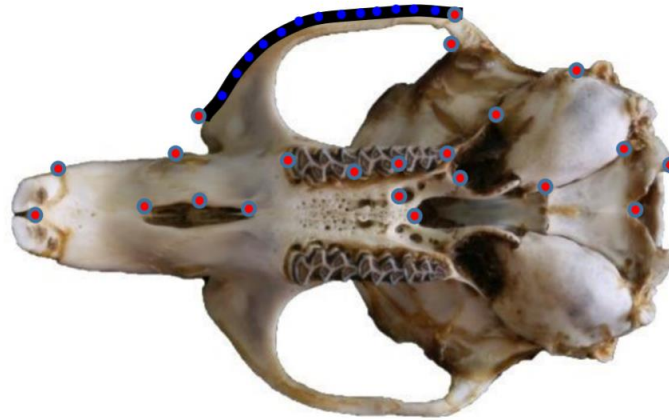


Lignée 2: **Aquatique** → **Fouisseur**

Crâne : influences génétiques et non-génétiques sur la forme du crâne

1. Signature phylogénétique

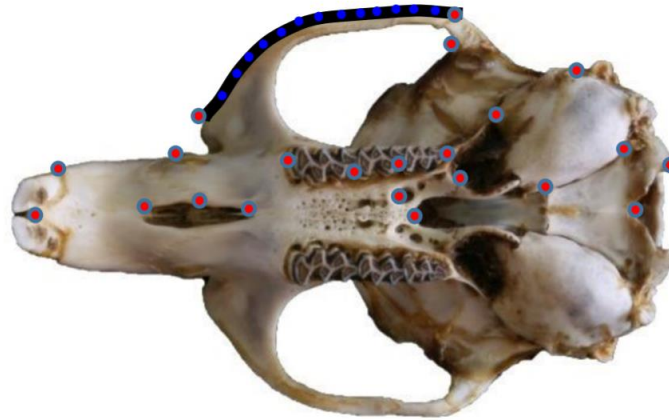
Les différences de forme augmentent avec la divergence génétique



Crâne : influences génétiques et non-génétiques sur la forme du crâne

1. Signature phylogénétique

Les différences de forme augmentent avec la divergence génétique



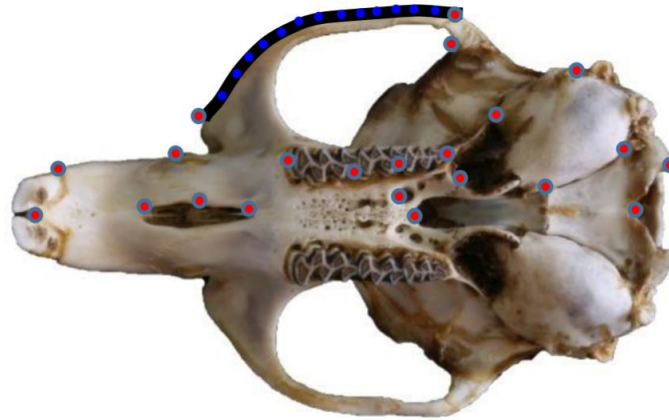
2. Réponse à la sélection

Différences adaptatives

Crâne : influences génétiques et non-génétiques sur la forme du crâne

1. Signature phylogénétique

Les différences de forme augmentent avec la divergence génétique

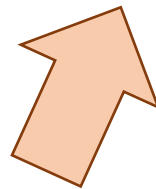


2. Réponse à la sélection

Différences adaptatives

3. Facteurs non-génétiques

Plasticité: remodelage osseux



Structure génétique et morphométrie crânienne chez les *Arvicola*.

Cytochrome b

4 espèces dans le genre *Arvicola*

Arvicola amphibius (3 lignées)

Arvicola italicus

Arvicola persicus

Arvicola sapidus



Morphométrie

Composante génétique (inter-lignées)

Réponse plastique à la versatilité écologique



Genetic structure, ecological versatility, and skull shape differentiation in *Arvicola* water voles (Rodentia, Cricetidae)

Pascale Chevret, Sabrina Renaud, Zeycan Helvaci, Rainer Ulrich, Jean-Pierre Quéré, Johan R. Michaux

J. Zool. Syst. Evol. Res. 2020

Structure génétique et morphométrie crânienne chez les *Arvicola*.

Cytochrome b

4 espèces dans le genre *Arvicola*

Arvicola amphibius (3 lignées)

Arvicola italicus

Arvicola persicus

Arvicola sapidus



Morphométrie

Composante génétique (inter-lignées)

Réponse plastique à la versatilité écologique



→ Marqueurs moléculaires complémentaires

→ Limites entre les lignées/espèces

→ Recherche de critères morphologiques

Genetic structure, ecological versatility, and skull shape differentiation in *Arvicola* water voles (Rodentia, Cricetidae)

Pascale Chevret, Sabrina Renaud, Zeycan Helvacı, Rainer Ulrich, Jean-Pierre Quéré, Johan R. Michaux

J. Zool. Syst. Evol. Res. 2020