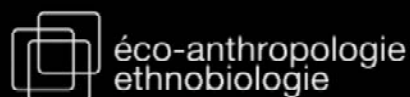

Inférence statistique des changements linguistiques et démographiques en Asie Centrale

16 Décembre 2015

Valentin Thouzeau



Introduction

Principes de la Génétique des Populations Humaines

- ◆ **Objet d'étude** : Populations humaines actuelles et anciennes
- ◆ **Objectif** : Décrire l'histoire des populations et leur diversité actuelle
- ◆ **Matériel** : Données génétiques
- ◆ **Méthode** : Description statistique de la diversité génétique, modélisation formelle
- ◆ **Paradigme** : Théorie synthétique de l'évolution génétique

4

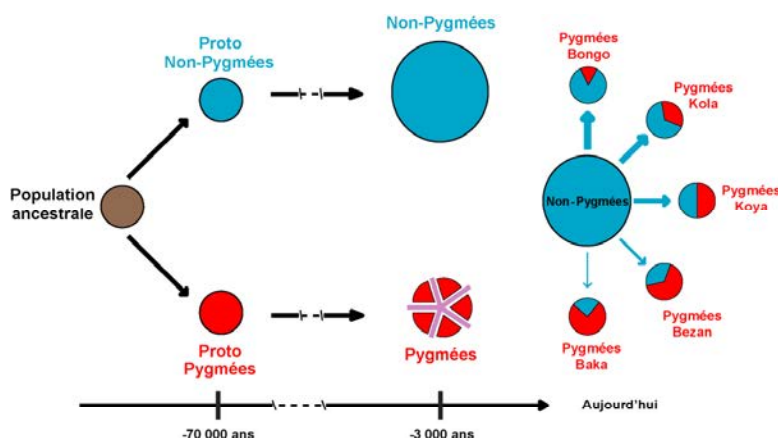
Introduction



MUSÉE DE L'HOMME

Un exemple d'inférence en Génétique des Populations

- ◆ Reconstruction de l'histoire démographique et d'admixture des populations pygmées



(Verdu et. al., 2009) 5

Introduction



MUSÉE DE L'HOMME

Principes de la « Linguistique des Populations »

- ◆ **Objet d'étude** : Populations humaines actuelles et anciennes
- ◆ **Objectif** : Décrire l'histoire des populations et leur diversité actuelle
- ◆ **Matériel** : Données linguistiques (mots, syntaxe...)
- ◆ **Méthode** : Description statistique de la diversité linguistique, modélisation formelle
- ◆ **Paradigme en construction**: Théorie de l'évolution linguistique

6

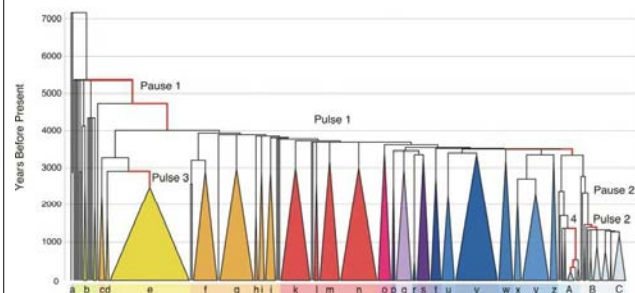
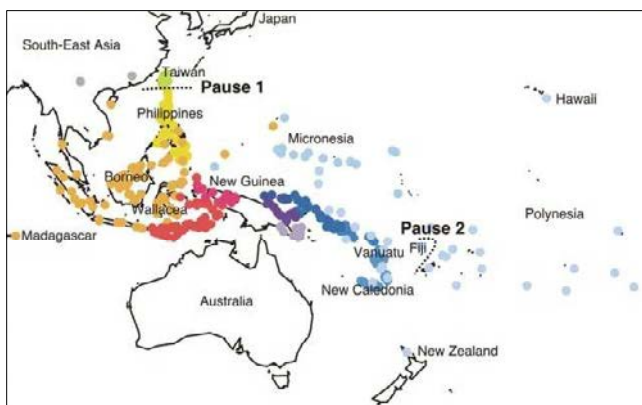
Introduction



MUSÉE DE L'HOMME

Un exemple d'inférence linguistique

- ◆ Reconstruction de l'histoire du peuplement des Îles Austronésiennes



(Gray et. al., 2008) 7

Introduction



MUSÉE DE L'HOMME

Principes de l'approche conjointe

- ♦ **Objet d'étude** : Populations humaines actuelles et anciennes.
- ♦ **Objectif** : Décrire l'histoire des populations et leur diversité actuelle
- ♦ **Matériel** : Données génétiques et linguistiques
- ♦ **Méthode** : Description statistique des diversité génétiques et linguistiques, modélisation formelle
- ♦ **Paradigme** : Théorie de l'évolution génétique et théorie de l'évolution linguistique

Caractéristiques de la génétique et de la linguistique des populations

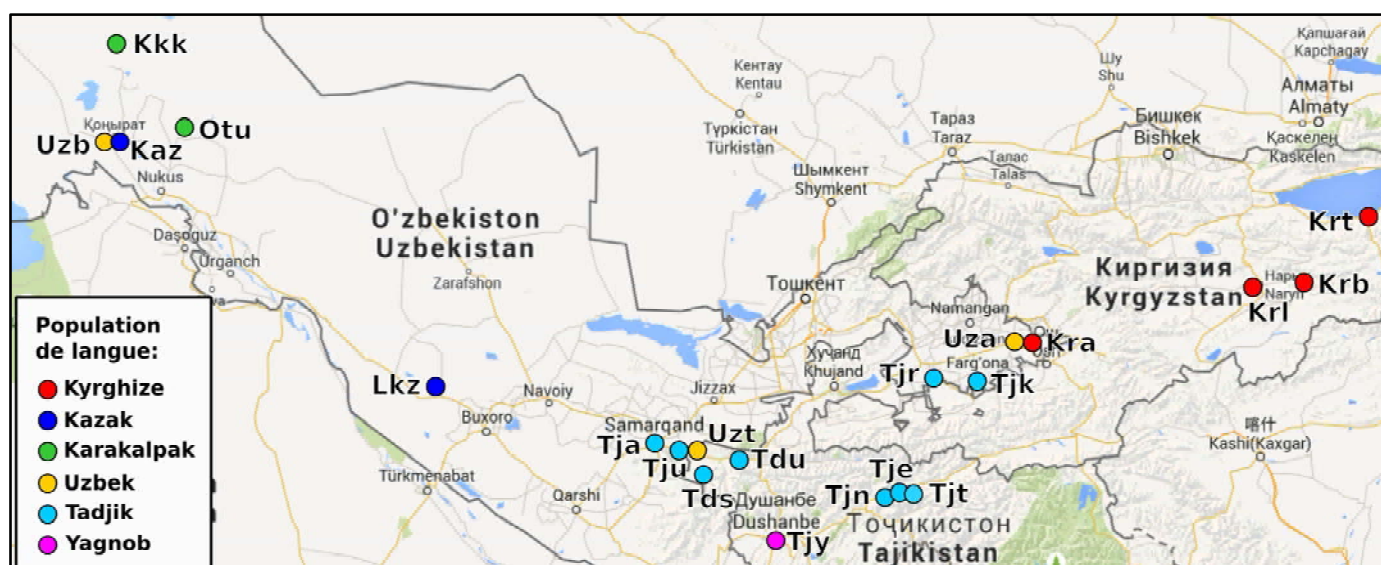
	Génétique	Linguistique
Marqueurs	Allèles	Mots
Échelle	Génomes	Vocabulaire
Transmission	Verticale (et horizontale)	Verticale et Horizontale
Vitesse de changement	Faible	Grande

Asie Centrale



Description

Jeu de données



26

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE L'HOMME

Jeu de données

- ◆ **21 Populations**
643 Individus
- ◆ **Données linguistiques** (Philippe Menecier)
185 Signifiants par population, assignés en classes de cognats
- ◆ **Données génétiques** (Begonia Martinez-Cruz, Laure Ségurel)
26 Microsatellites autosomaux par individu

27

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE L'HOMME

Qu'est-ce qu'un cognat ?

Français	Anglais	Cognat ?
« Table »	« Table »	
« Porte »	« Door »	
« Frère »	« Brother »	

Cognat : Groupe de mots de plusieurs langues ayant la **même origine** et le **même signifié**.

→ Marqueur de l'évolution culturelle



Qu'est-ce qu'un cognat ?

Français	Anglais	Cognat ?
« Table »	« Table »	OUI
« Porte »	« Door »	
« Frère »	« Brother »	

Cognat : Groupe de mots de plusieurs langues ayant la **même origine** et le **même signifié**.

→ Marqueur de l'évolution culturelle



Qu'est-ce qu'un cognat ?

Français	Anglais	Cognat ?
« Table »	« Table »	OUI
« Porte »	« Door »	NON
« Frère »	« Brother »	

Cognat : Groupe de mots de plusieurs langues ayant la **même origine** et le **même signifié**.

→ Marqueur de l'évolution culturelle



Qu'est-ce qu'un cognat ?

Français	Anglais	Cognat ?
« Table »	« Table »	OUI
« Porte »	« Door »	NON
« Frère »	« Brother »	OUI

Cognat : Groupe de mots de plusieurs langues ayant la **même origine** et le **même signifié**.

→ Marqueur de l'évolution culturelle



Qu'est-ce qu'un cognat ?

Français	Anglais	Cognat ?
« Table » A	« Table » A	OUI
« Porte » A	« Door » B	NON
« Frère » A	« Brother » A	OUI

Cognat : Groupe de mots de plusieurs langues ayant la **même origine** et le **même signifié**.

→ Marqueur de l'évolution culturelle

33

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE L'HOMME

Distances linguistiques

185 Signifiés

		Un	Deux	Long	Fruit	...	Nez
P1	Ka_Gazli	A	A	A	A		A
P2	Ka_Raushan	A	A	A	B		A
P3	Ki_Akmuz	A	A	B	C		A
	
P21	Tj_Yagnob	D	B	N	B		E

34

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE L'HOMME

Distances linguistiques

185 Signifiés

		Un	Deux	Long	Fruit	...	Nez
P1	Ka_Gazli	A	A	A	A		A
P2	Ka_Raushan	A	A	A	B		A
P3	Ki_Akmuz	A	A	B	C		A
	
P21	Tj_Yagnob	D	B	N	B		E

Distance (P1, P2) = (0 + 0 + 0 + 1 + ... + 0)/185

35

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE L'HOMME

Distances linguistiques

185 Signifiés

		Un	Deux	Long	Fruit	...	Nez
P1	Ka_Gazli	A	A	A	A		A
P2	Ka_Raushan	A	A	A	B		A
P3	Ki_Akmuz	A	A	B	C		A
	
P21	Tj_Yagnob	D	B	N	B		E

Distance (P1, P2) = (0 + 0 + 0 + 1 + ... + 0)/185

Distance (P1, P2) = 0.107

36

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE L'HOMME

Distances linguistiques

185 Signifiés

		Un	Deux	Long	Fruit	...	Nez
P1	Ka_Gazli	A	A	A	A		A
P2	Ka_Raushan	A	A	A	B		A
P3	Ki_Akmuz	A	A	B	C		A
	
P21	Tj_Yagnob	D	B	N	B		E

210 Distances euclidiennes

- Ka_Gazli / Ka_Raushan
0.107
- Ka_Gazli / Ki_Akmuz
0.201
- Ka_Raushan / Ki_Akmuz
0.201
- ...

Distance (P1, P2) = (0 + 0 + 0 + 1 + ... + 0)/185

Distance (P1, P2) = 0.107

37

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE
L'HOMME

Qu'est-ce qu'un Microsatellite ?

- ♦ **Microsatellite** : région répétée du génome, hautement variable.
- ♦ Exemple :

Motif « **AT** »

Individu 1 : CAAG**ATATATATATATAT**-----AAGTCGATGG **7 Répétitions**

Individu 2 : CAAG**ATATATATATATATATATATAT**AAGTCGATGG **9 Répétitions**

→ Marqueur de l'**évolution démographique**

38

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE
L'HOMME

Distances génétiques

26 Microsatellites

		M2	M34	M36	...	M21
P1	Ka_Gazli_Individu_1	124 124	187 187	190 190		188 204
P1	Ka_Gazli_Individu_2	115 124	202 202	184 188		188 210
P1	Ka_Gazli_Individu_3	121 121	187 190	184 184		208 208
	
P2	Ka_Raushan_Individu_1	124 124	187 187	190 190		200 200
P2	Ka_Raushan_Individu_2	115 124	202 202	184 188		200 200
P2	Ka_Raushan_Individu_3	121 121	187 190	184 184		188 200
	

210 Pairwise F_{ST}

- Ka_Gazli / Ka_Raushan
0.0014
- Ka_Gazli / Ki_Akmuz
0.0023
- ...

(Weir et Cockerham, 1984)

39

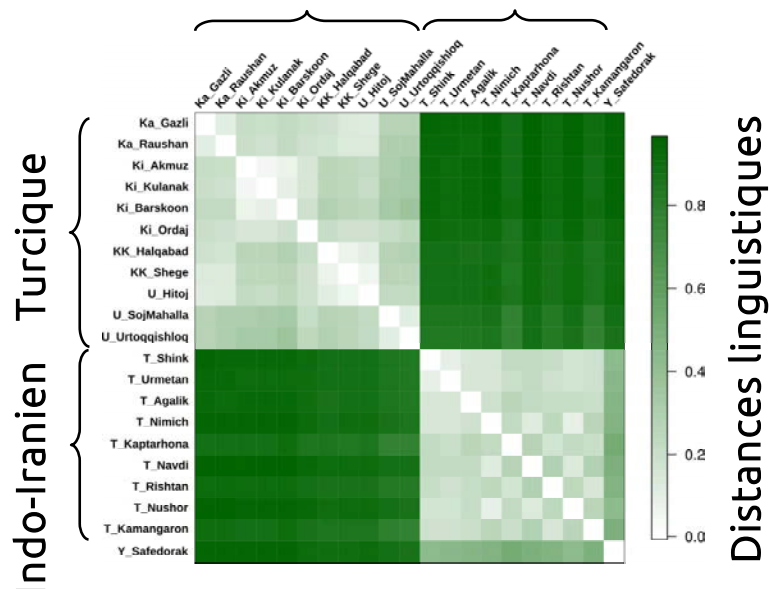
Matériels & Méthodes



MUSÉE DE L'HOMME

Distances Linguistiques

Turcique Indo-Iranien



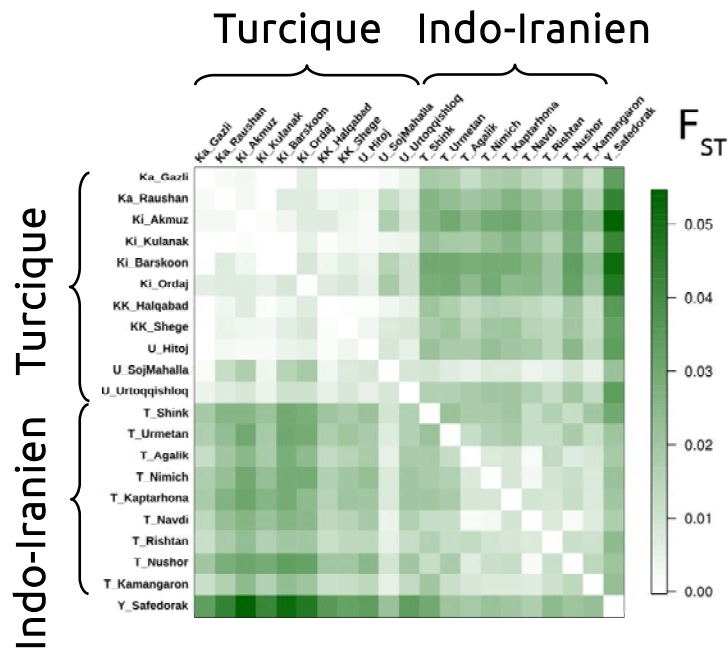
40

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE L'HOMME

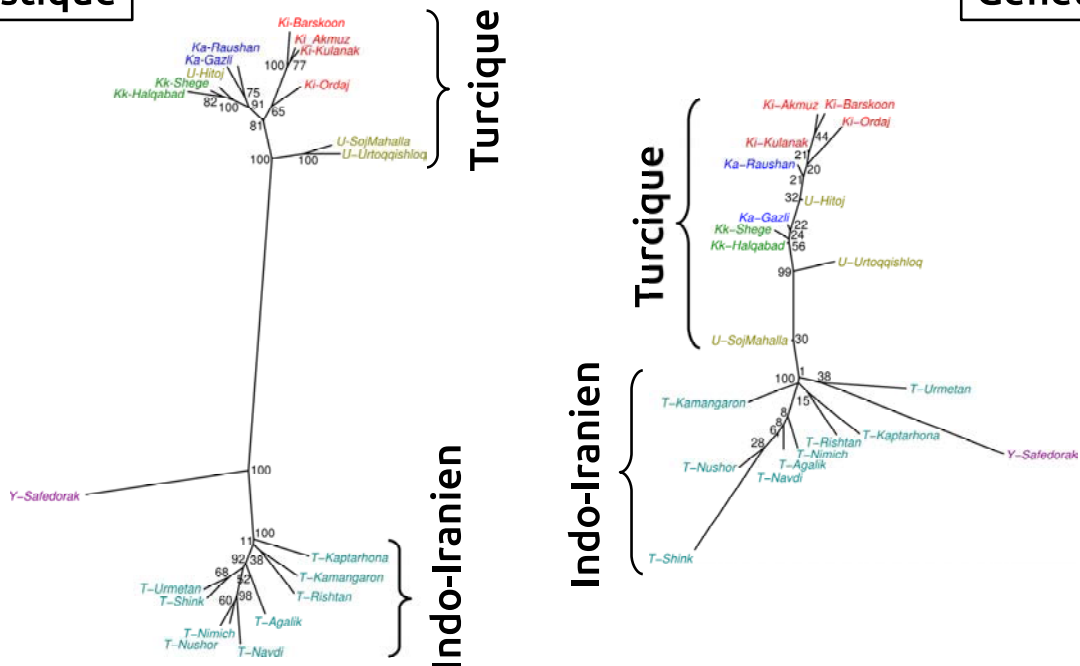
Distances Génétiques



Neighbour-Joining

Linguistique

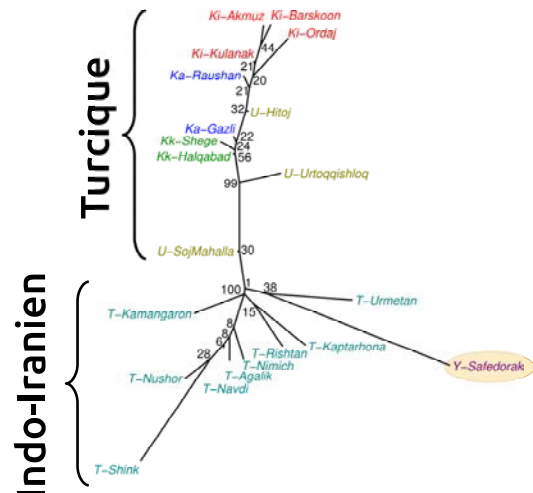
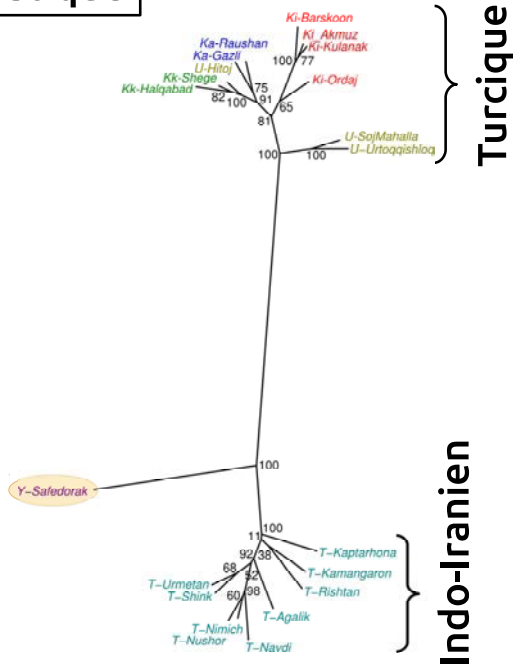
Génétique



Neighbour-Joining

Linguistique

Génétique



52

Matériels & Méthodes

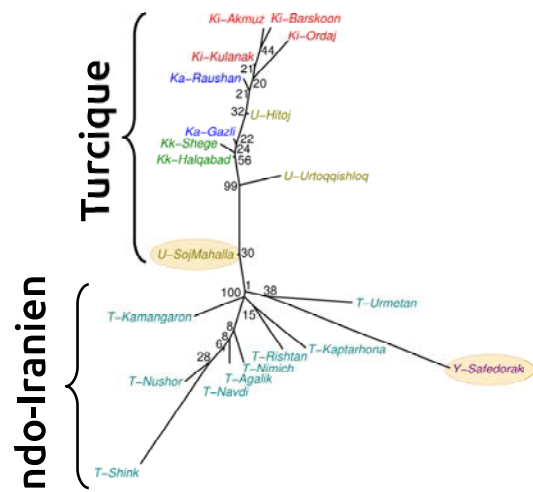
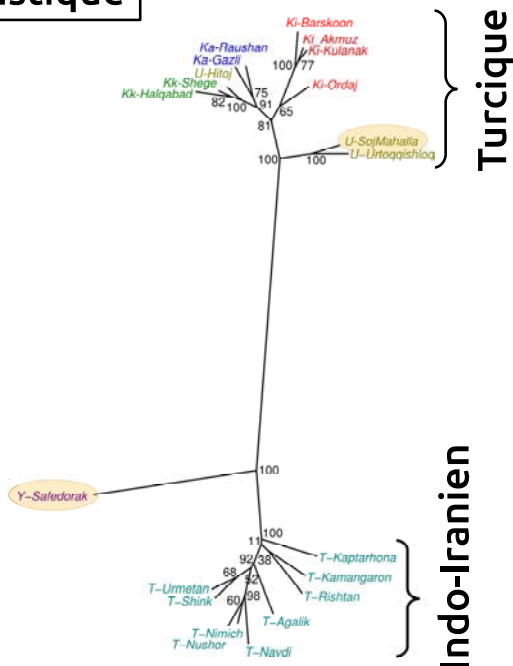


MUSÉE DE L'HOMME

Neighbour-Joining

Linguistique

Génétique



53

Matériels & Méthodes

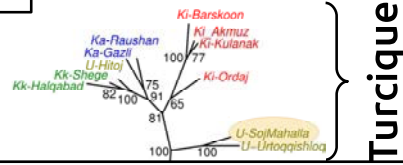


MUSÉE DE L'HOMME

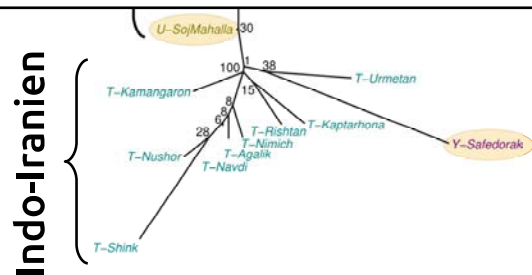
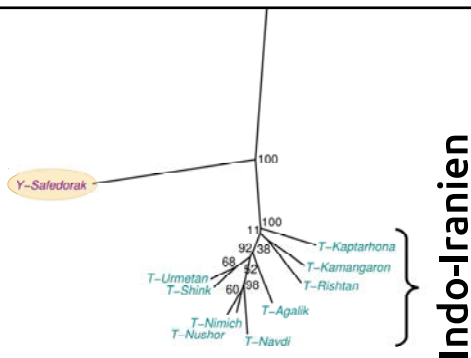
Neighbour-Joining

Linguistique

Génétique

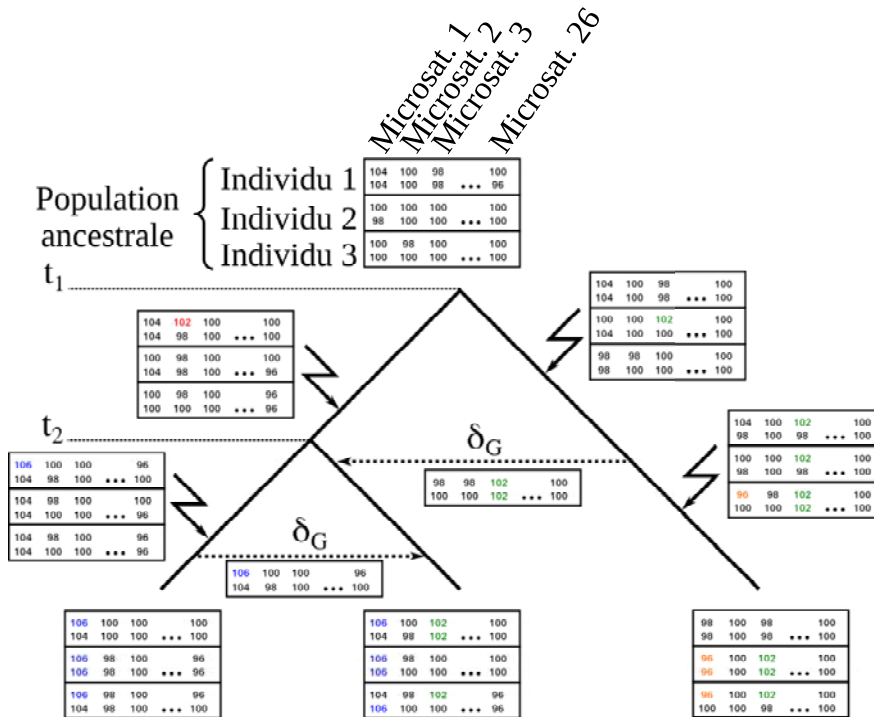


→ Quelle est l'histoire à l'origine de la diversité des locuteurs Uzbeks et Yagnobs ?



Modélisation

Modèle d'évolution génétique



$$t_1 \sim U(t_{1 \min}, t_{1 \max})$$

$$t_2 \sim U(t_{2 \min}, t_1)$$

$$\mu_G \sim U(10^{-2}, 10^{-5})$$

$$\mu_{G,i} \sim \Gamma(2, \mu_G/2)$$

$$\delta_G \sim U(0, 10^{-2})$$

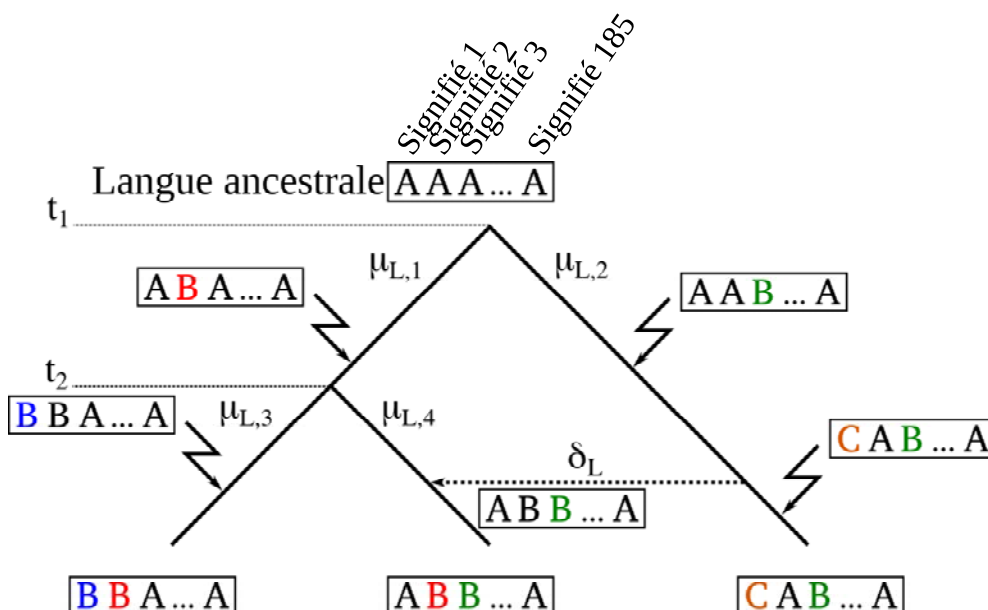
$$Ne_i \sim U(1, Ne_{\max})$$

- $\mu_{G,i}$ tiré dans une loi gamma autour de μ_G
- Nombre infini d'allèles
- Modèle de mutation stepwise généralisé

77



Modèle d'évolution linguistique



$$t_1 \sim U(t_{1 \min}, t_{1 \max})$$

$$t_2 \sim U(t_{2 \min}, t_1)$$

$$\mu_{L,i} \sim U(0, 10^{-2})$$

$$\mu_{L,i,j} \sim \Gamma(2, \mu_L/2)$$

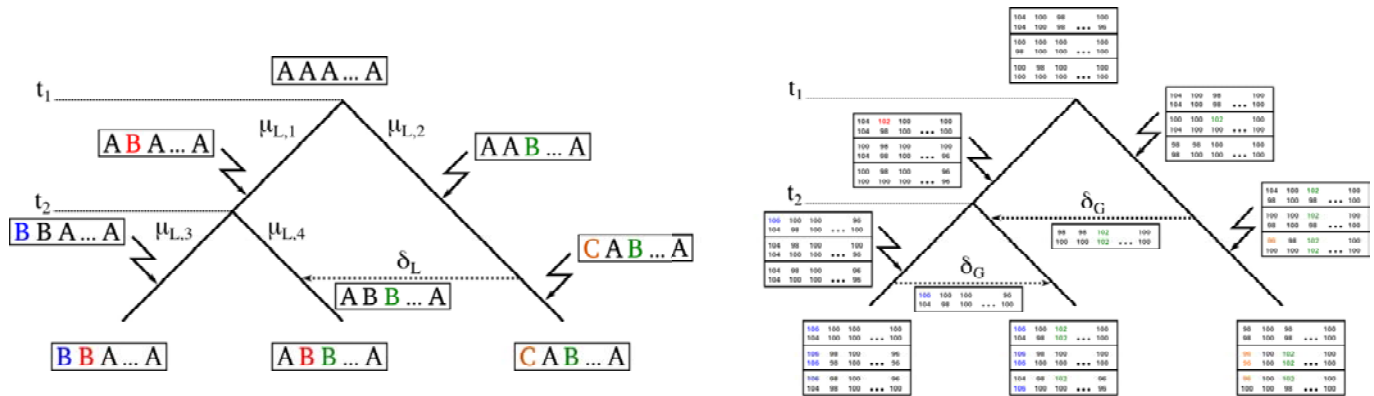
$$\delta_L \sim U(0, 10^{-2})$$

- $\mu_{L,i,j}$ tiré dans une loi gamma autour de $\mu_{L,i}$
- Nombre infini de cognats

78



Simulations en parallèles



79

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE L'HOMME

33 Statistiques résumées génétiques

- ◆ Statistiques globales et par populations :
 Nombre d'allèles : K_i , K_{tot} , \bar{K} , $V(K)$
 Diversité génétique : H_i , H_{tot} , \bar{H} , $V(H)$
 Etendue allélique : R_i , R_{tot} , $V(R)$
- ◆ Statistiques par paires de populations :
 Distance génétique : $F_{ST, i-j}$ (Weir et Cockerham)
 Distance génétique, pour les microstellites : $(\delta\mu)_{i-j}^2$

80

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE L'HOMME

8 Statistiques résumées linguistiques

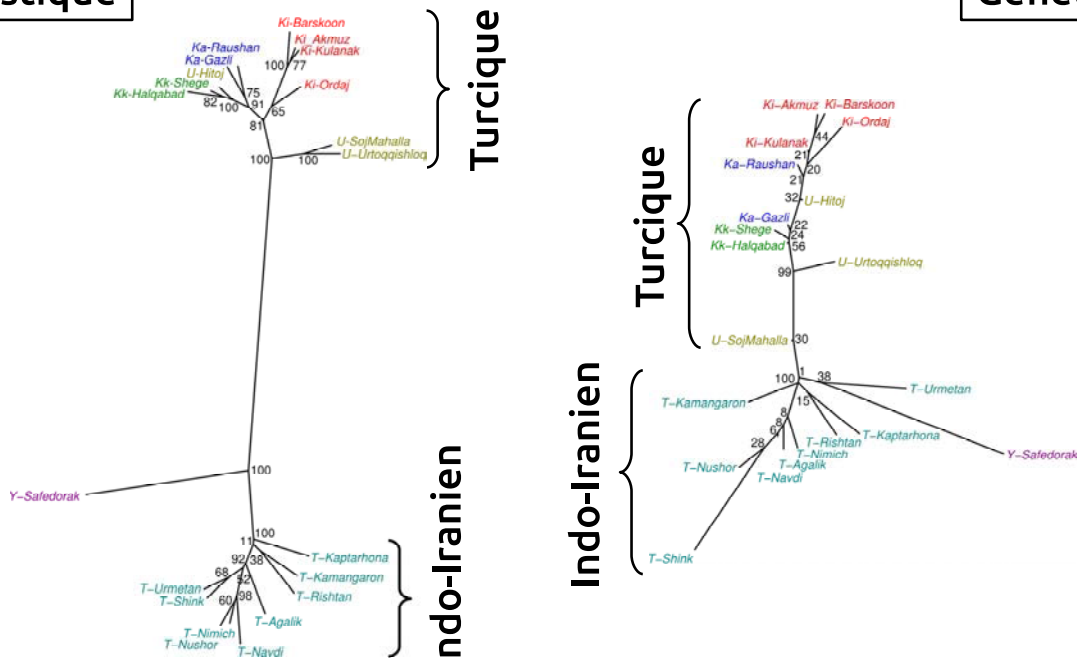
- ◆ Statistiques globales :
 Nombre moyen de cognats par sens : \bar{N}
 Variance du nombre de cognats par sens : $V(N)$
 Étendue du nombre de cognats par sens : E
 Similarités strictes entre les langues : S_{tot}
 Dissimilarités strictes entre les langues : D_{tot}
- ◆ Statistiques par paires de populations :
 Distances entre les langues i et j : D_{i-j}



Neighbour-Joining

Linguistique

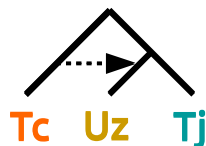
Génétique



Scénarios historiques testés

Linguistique

Scénario L1



85

Résultats

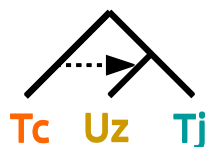


MUSÉE DE L'HOMME

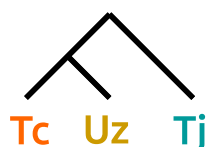
Scénarios historiques testés

Linguistique

Scénario L1



Scénario L2



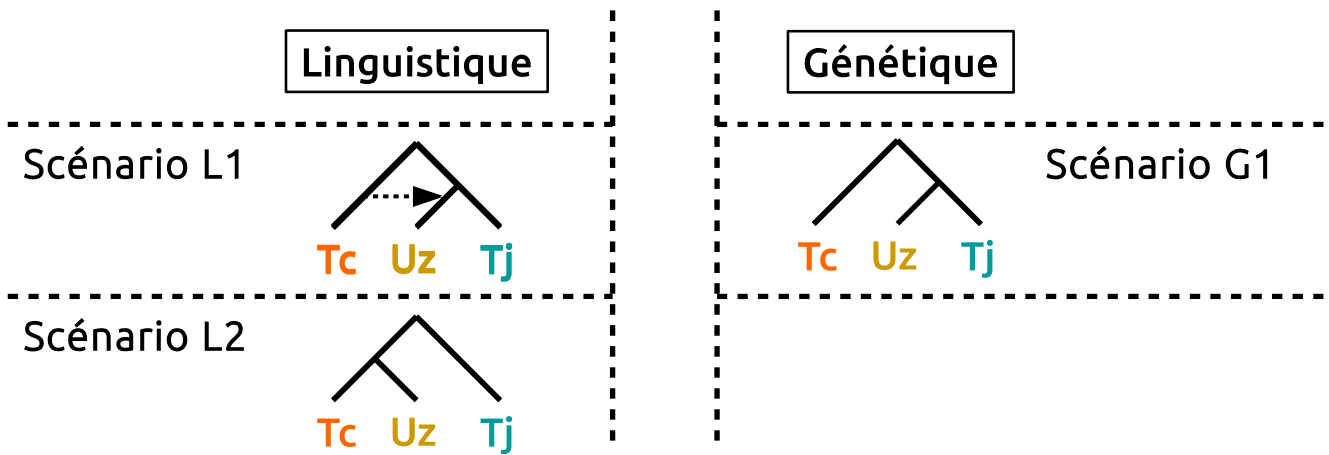
86

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Scénarios historiques testés



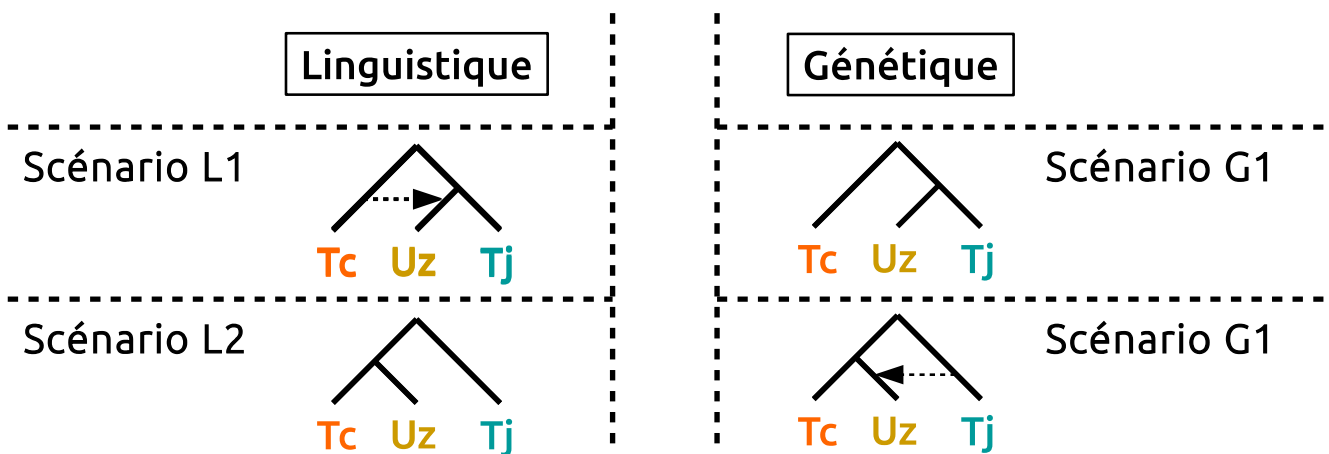
87

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Scénarios historiques testés



88

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

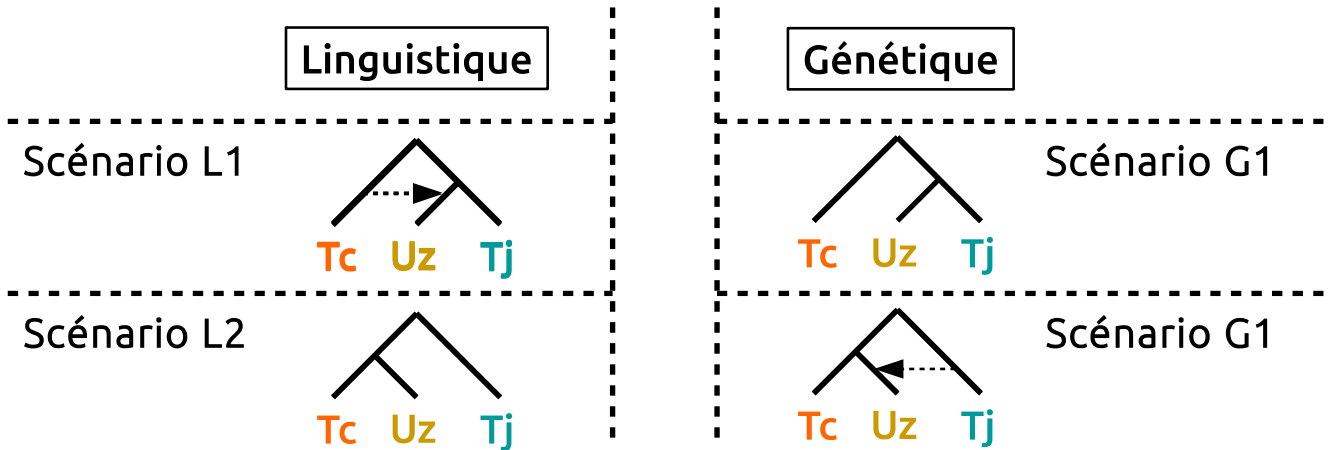
Logiciels utilisés

- ♦ **FastSimCoal** → Simulation des données génétiques
- ♦ **Arlequin** → Calcul des statistiques résumant les données génétiques
- ♦ **C++** → Simulation des données linguistiques et calcul des statistiques résumées
- ♦ **R, package randomForest** → Sélection de modèle par Arbre Décisionnel
- ♦ **R, package ABC** → Estimation de paramètres par Réseau de Neurones



Résultats

Scénarios historiques testés



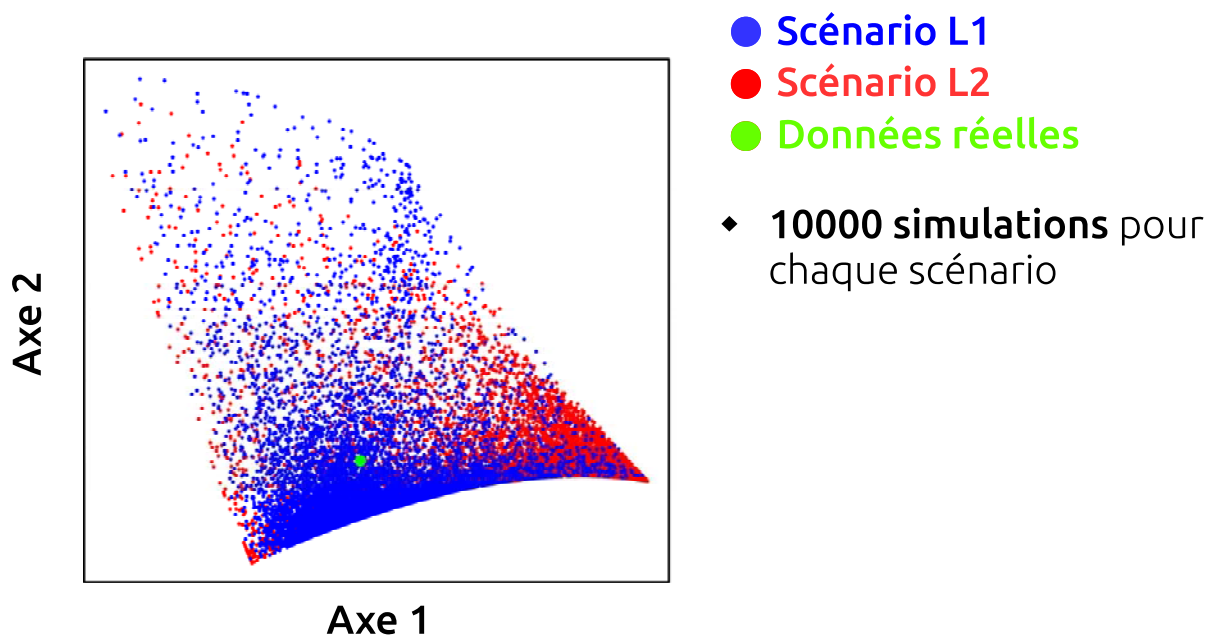
103

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

ACP – Données linguistiques



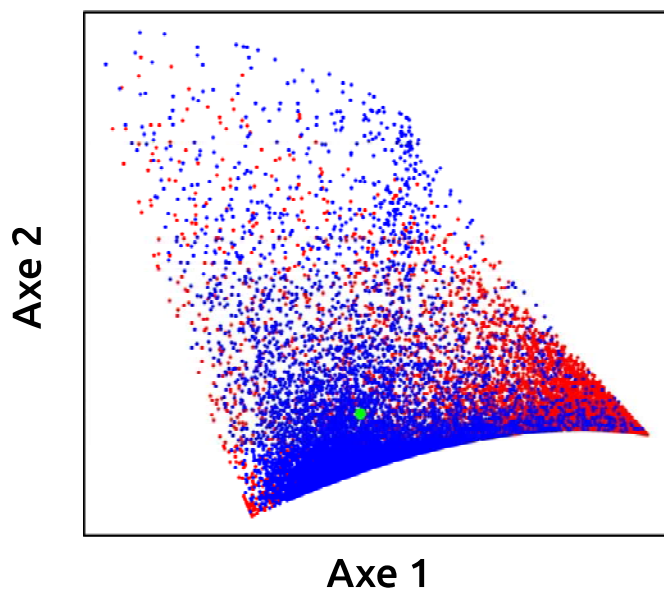
104

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

ACP – Données linguistiques



- Scénario L1
- Scénario L2
- Données réelles

- ◆ 10000 simulations pour chaque scénario
- ◆ Probabilité de chaque scénario :

	L1	L2
Votes	77 %	23 %
Validation	79 %	91 %

106

Résultats



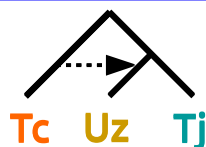
MUSÉE DE L'HOMME

Scénario linguistique accepté

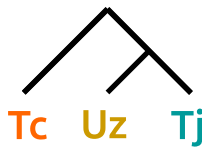
Linguistique

Génétique

Scénario L1



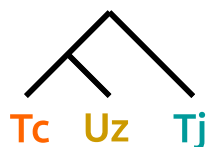
Tc Uz Tj



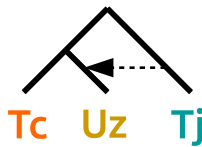
Tc Uz Tj

Scénario G1

Scénario L2



Tc Uz Tj



Tc Uz Tj

Scénario G1

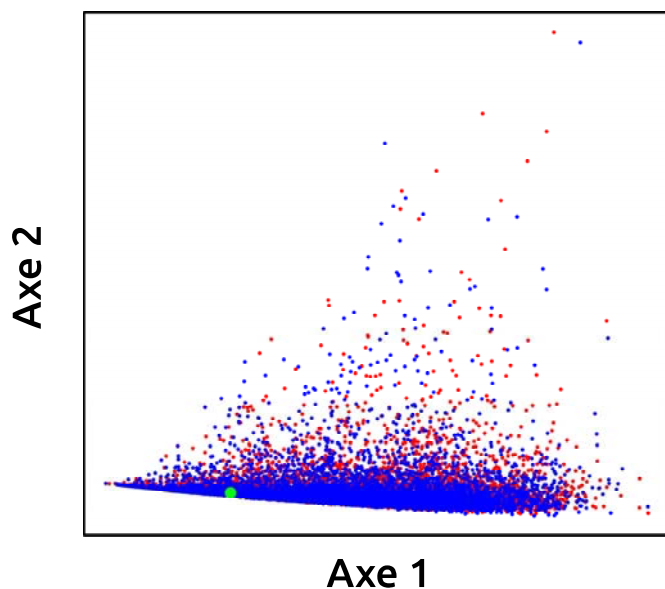
108

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

ACP – Données génétiques



- Scénario G1
- Scénario G2
- Données réelles

- ◆ 10000 simulations pour chaque scénario

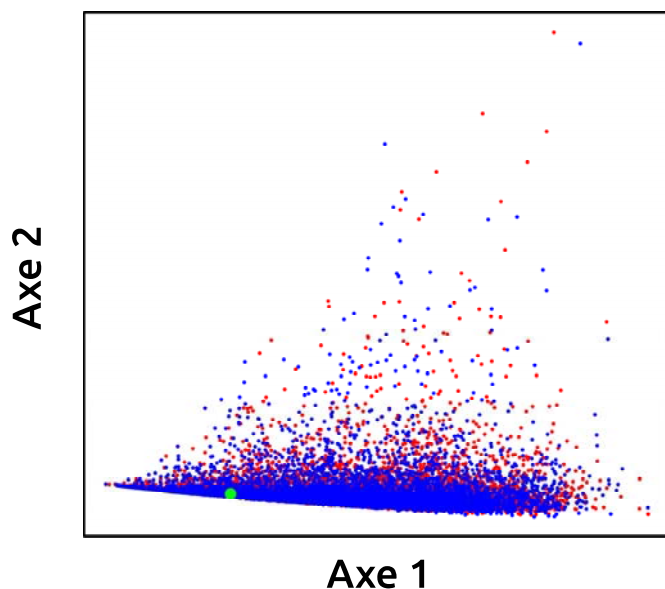
109

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

ACP – Données génétiques



- Scénario G1
- Scénario G2
- Données réelles

- ◆ 10000 simulations pour chaque scénario
- ◆ Probabilité de chaque scénario :

	G1	G2
Votes	59 %	41 %
Validation	80 %	20 %

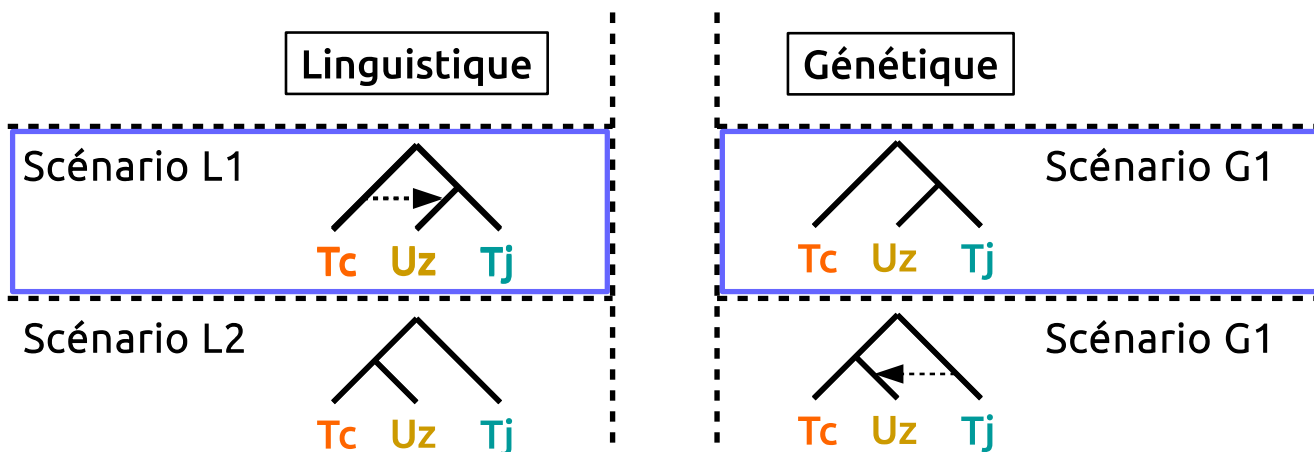
110

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Scénarios acceptés



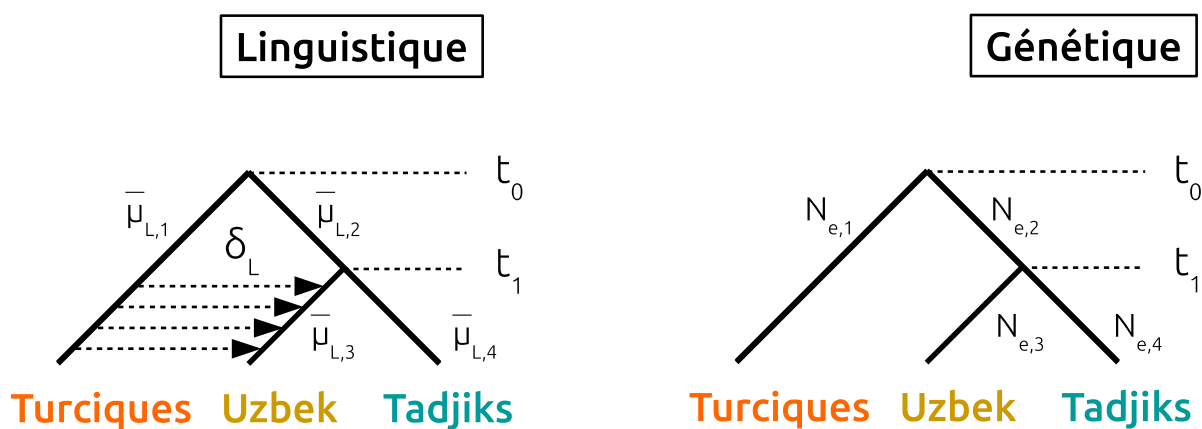
Résultats

112



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation de paramètres



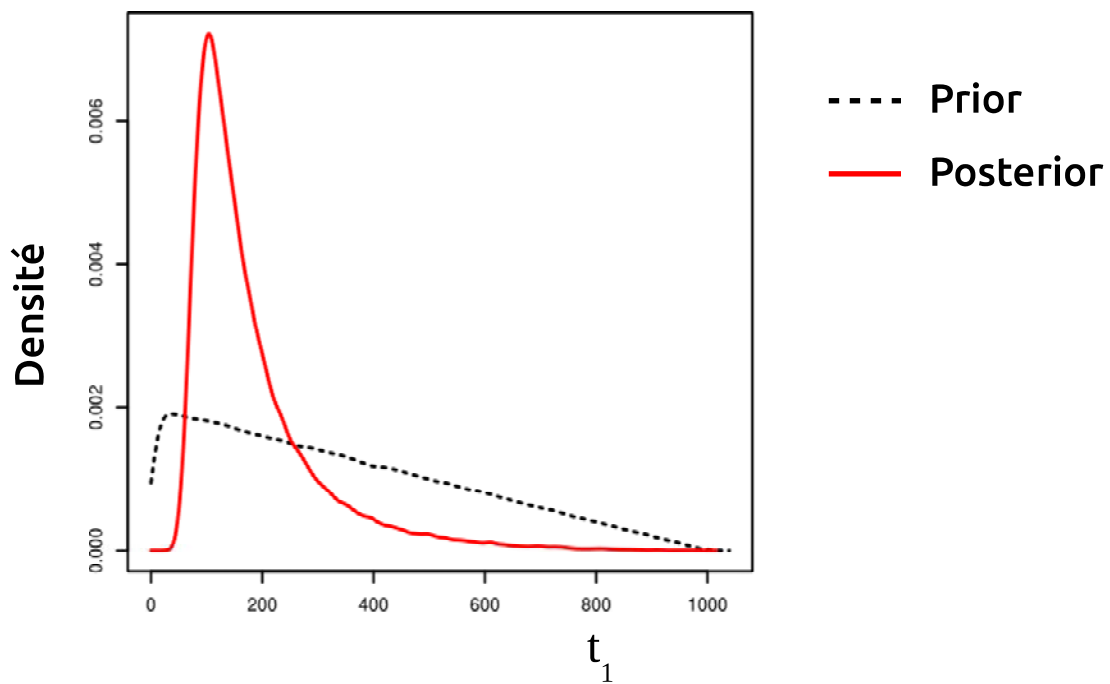
Résultats

113



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation de t_1



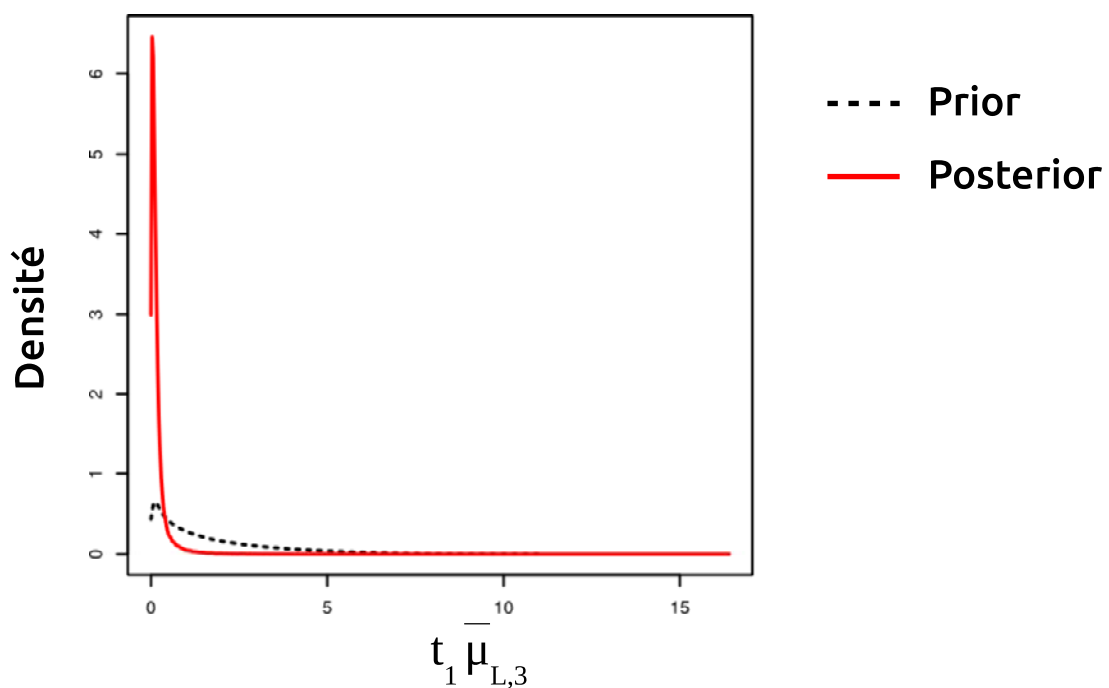
114

Résultats



MUSÉE DE
L'HOMME

Estimation de $t_1 \bar{\mu}_{L,3}$



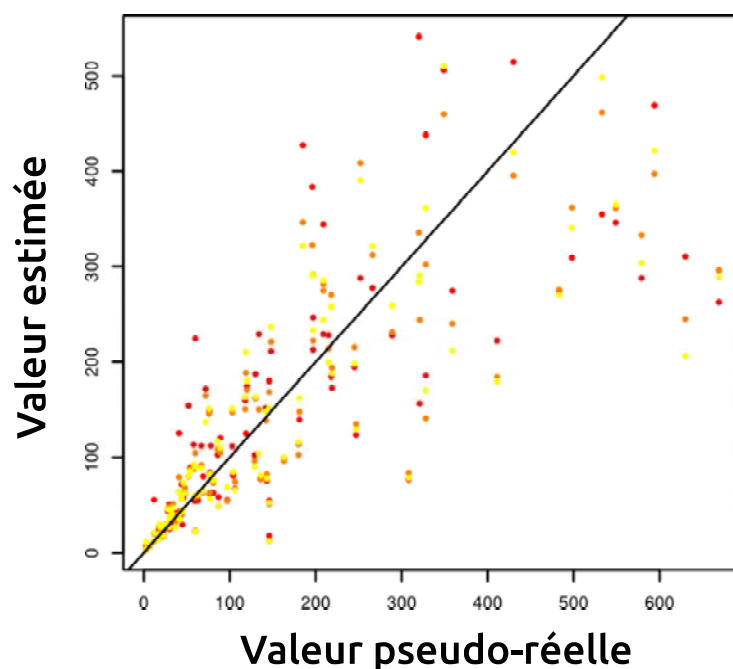
115

Résultats



MUSÉE DE
L'HOMME

Validation croisée de l'estimation de t_1



- Tolérance : 10^{-2}
Erreur : 0.36
- Tolérance : 10^{-3}
Erreur : 0.34
- Tolérance : 10^{-4}
Erreur : 0.41

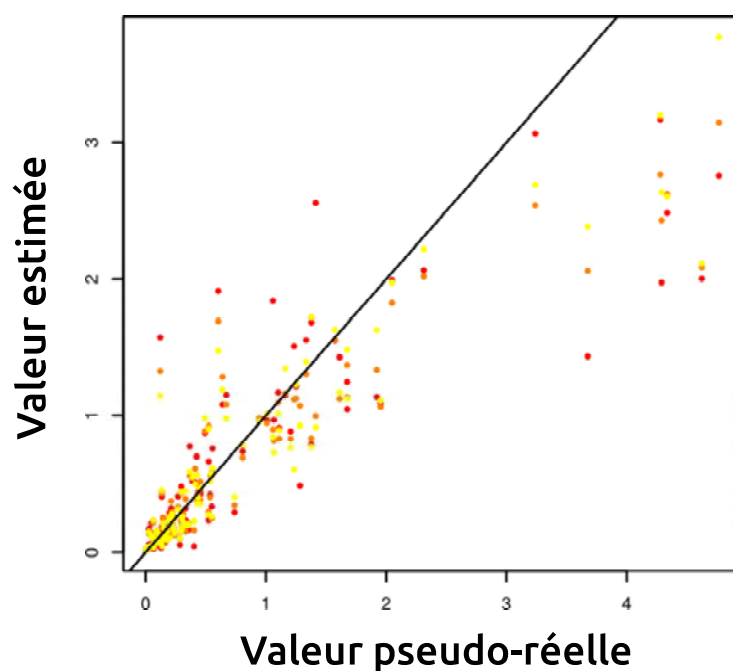
116

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Validation croisée de l'estimation de $t_1 \bar{\mu}_{L,3}$



- Tolérance : 10^{-2}
Erreur : 0.19
- Tolérance : 10^{-3}
Erreur : 0.24
- Tolérance : 10^{-4}
Erreur : 0.32

117

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation des paramètres linguistiques composites

Paramètre	Prior	Mode	IC _{95%}	Erreur
$t_0 \bar{\mu}_{L,1}$	]0 ; 10]	1.97	[0.02 ; 3.35]	0.35
$t_1 \bar{\mu}_{L,3}$	]0 ; 10]	0.11	[0 ; 4.04]	0.19
$t_1 \bar{\mu}_{L,4}$	]0 ; 10]	0.52	[0.003 ; 1.97]	0.53
t_1/t_0	[10 ⁻³ ; 1]	0.36	[0.14 ; 0.79]	0.29

119

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation des paramètres génétiques composites

Paramètre	Prior	Mode	IC _{95%}	Erreur
$4N_{e,1} \bar{\mu}_G$	[1 ; 400]	8.9	[3.7 ; 25.8]	0.46
$4N_{e,2} \bar{\mu}_G$	[1 ; 400]	30.5	[7.9 ; 108.8]	0.52
$4N_{e,3} \bar{\mu}_G$	[1 ; 400]	34.6	[9.7 ; 142.8]	0.54
$4N_{e,4} \bar{\mu}_G$	[1 ; 400]	12.3	[3.5 ; 56.5]	0.68
$t_1 \bar{\mu}_G$	[10 ⁻⁴ ; 1]	0.027	[0.004 ; 0.14]	0.50
$t_0 \bar{\mu}_G$	[10 ⁻⁴ ; 1]	0.073	[0.028 ; 0.18]	0.50
t_1/t_0	[10 ⁻³ ; 1]	0.55	[0.06 ; 0.96]	0.66

121

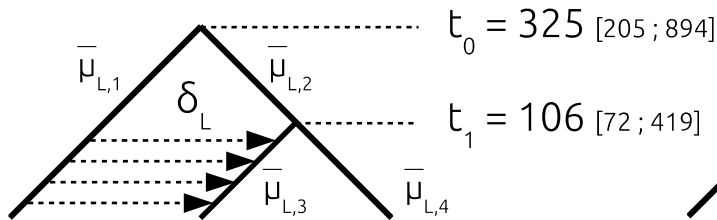
Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation de paramètres

Linguistique



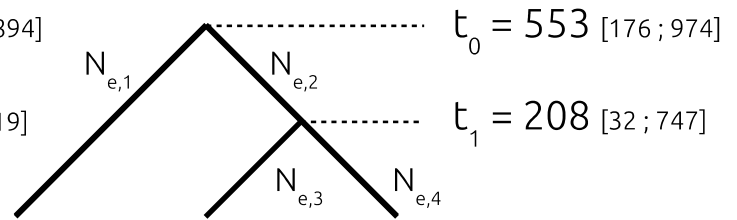
Turciques Uzbek Tadjiks

$$\delta_L = 0.017$$

$$\bar{\mu}_{L,4} = 0.0043$$

$$\bar{\mu}_{L,3} = 0.0002$$

Génétique



Turciques Uzbek Tadjiks

$$N_{e,2} = 71051$$

$$N_{e,3} = 85996$$

$$N_{e,4} = 18570$$

122

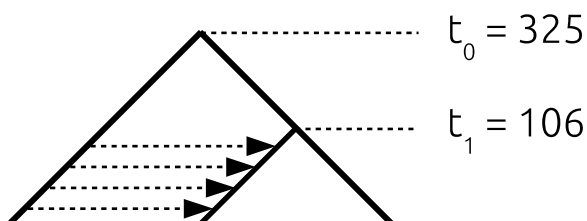
Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation de paramètres

Linguistique

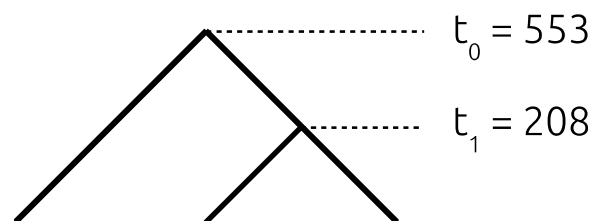


Turciques Uzbek Tadjiks

$$t_0 = 325$$

$$t_1 = 106$$

Génétique



Turciques Uzbek Tadjiks

$$t_0 = 553$$

$$t_1 = 208$$

123

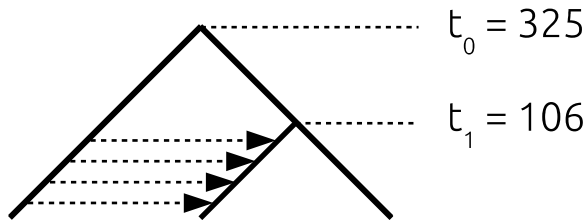
Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation de paramètres

Linguistique

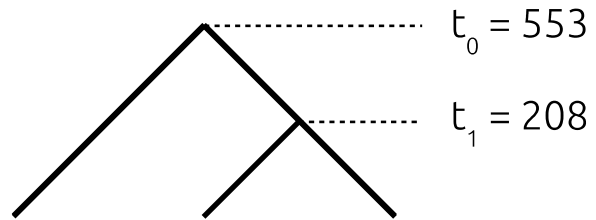


Turciques Uzbek Tadjiks

$$t_0 = 325 ; 12500 \text{ ans}$$
$$t_1 = 106$$

(Pagel et. al., 2013)

Génétique



Turciques Uzbek Tadjiks

$$t_0 = 553 ; 13700 \text{ ans}$$
$$t_1 = 208$$

(Palstra et. al., 2015)

124

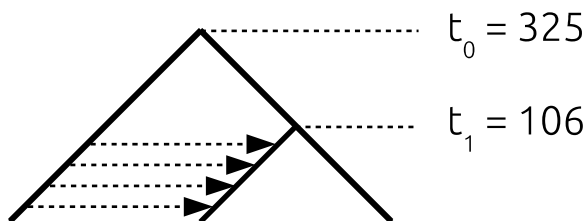
Résultats



MUSÉE DE
L'HOMME

Estimation de paramètres

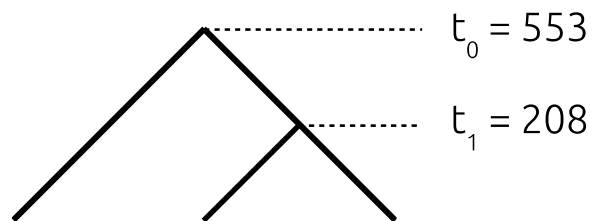
Linguistique



Turciques Uzbek Tadjiks

$$t_0 = 325 ; 12500 \text{ ans}$$
$$t_1 = 106 ; 4076 \text{ ans}$$

Génétique



Turciques Uzbek Tadjiks

$$t_0 = 553 ; 13700 \text{ ans}$$
$$t_1 = 208 ; 5152 \text{ ans}$$

125

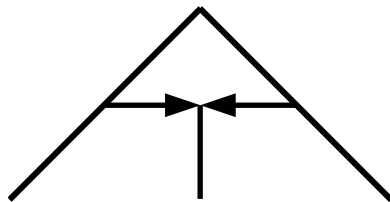
Résultats



MUSÉE DE
L'HOMME

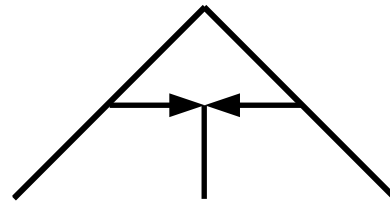
Autre modèle envisageable

Linguistique



Turciques Uzbek Tadjiks

Génétique

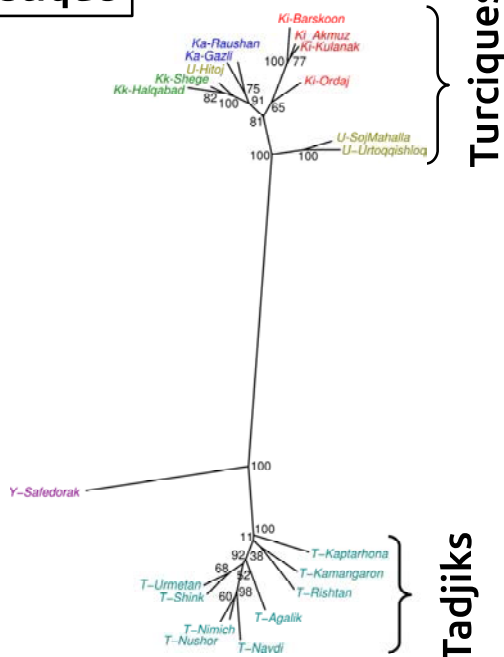


Turciques Uzbek Tadjiks

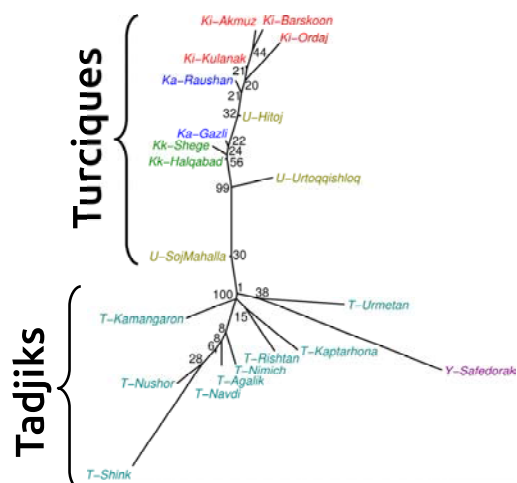


Neighbour-Joining

Linguistique

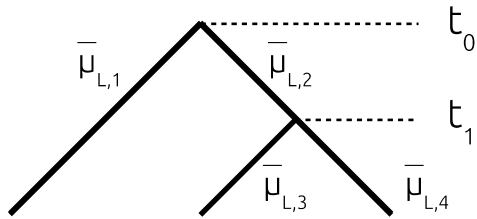


Génétique



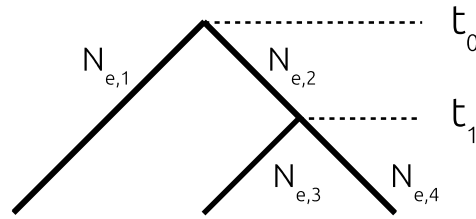
Estimation de paramètres

Linguistique



Turciques Yagnobs Tadjiks

Génétique



Turciques Yagnobs Tadjiks

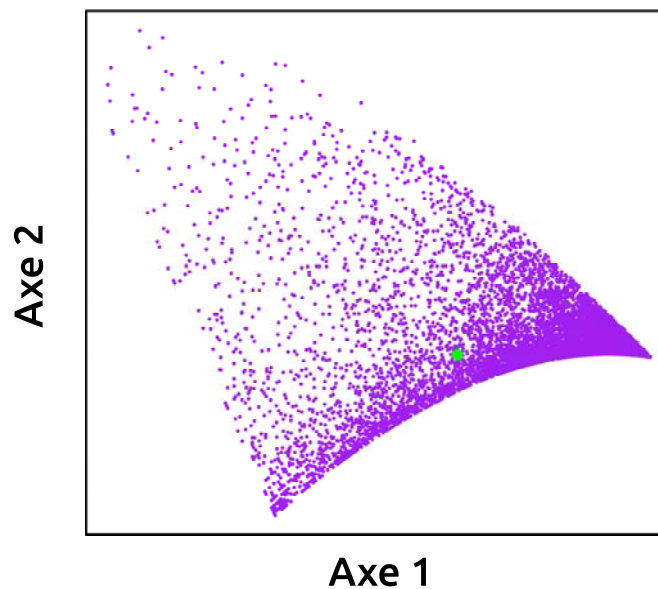
130

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

ACP – Données linguistiques



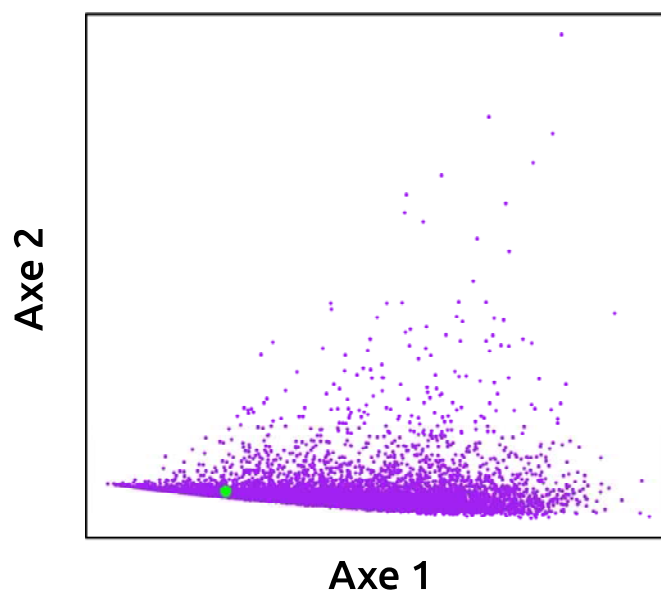
131

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

ACP – Autosomes



132

Résultats

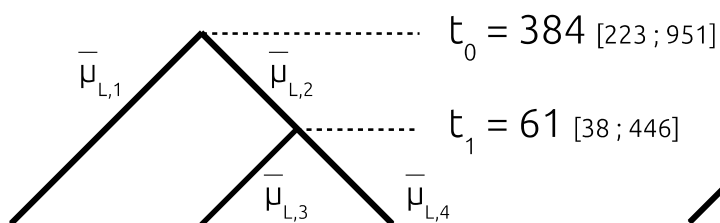


MUSÉE DE L'HOMME

Estimation de paramètres

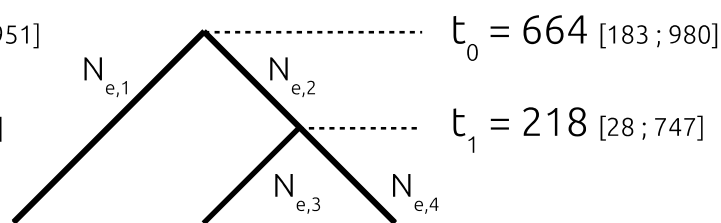
Linguistique

Génétique



Turciques Yagnobs Tadjiks

$t_0 = 384$; 12500 ans
 $t_1 = 61$; 1986 ans



Turciques Yagnobs Tadjiks

$t_0 = 664$; 13700 ans
 $t_1 = 208$; 4291 ans

133

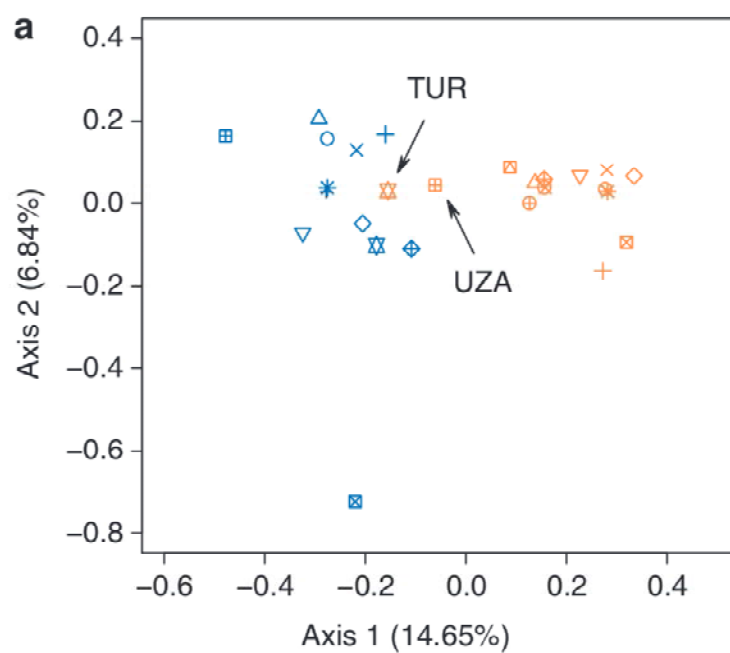
Résultats



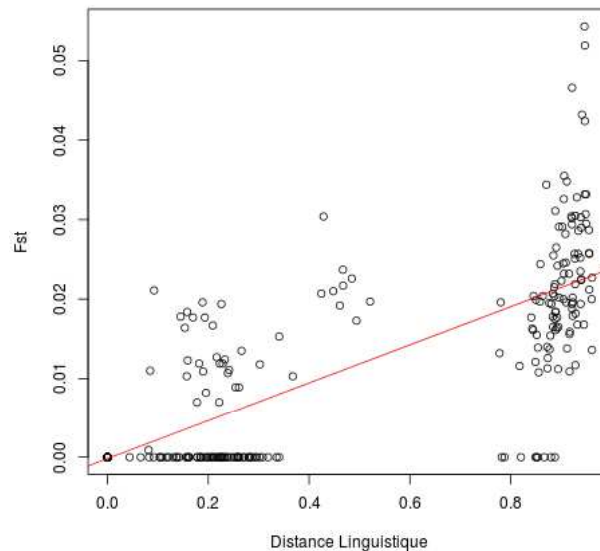
MUSÉE DE L'HOMME

Merci de votre attention

ACP – Données génétiques



Régression entre distances linguistiques et F_{ST}



136

Matériels & Méthodes



Régression entre distances linguistiques et F_{ST}

```
> summary(model)
```

```
Call:  
lm(formula = g ~ l)
```

```
Residuals:  
    Min       1Q   Median       3Q      Max  
-0.021157 -0.005047 -0.000876  0.004822  0.031737
```

```
Coefficients:  
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)  
(Intercept) -0.0001818  0.0009491   -0.192   0.848  
l            0.0240404  0.0014805  16.238 <2e-16 ***
```

```
---  
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 0.008285 on 230 degrees of freedom  
Multiple R-squared:  0.5341, Adjusted R-squared:  0.5321  
F-statistic: 263.7 on 1 and 230 DF, p-value: < 2.2e-16
```

137

Matériels & Méthodes



43 Statistiques résumées génétiques

- ◆ Statistiques globales et par populations :
Nombre d'allèles : $K_i, K_{tot}, \bar{K}, V(K)$
Diversité génétique : $H_i, H_{tot}, \bar{H}, V(H)$
Indice de Garza-Williamson : $GW_i, GW_{tot}, V(GW)$
Etendue allélique : $R_i, R_{tot}, V(R)$
Indices standards : F_{IS}, F_{ST}, F_{IT}
- ◆ Statistiques par paires de populations :
Distance génétique : $F_{ST, i-j}$ (Weir et Cockerham)
Distance génétique, pour les microstellites : $(\delta\mu)_{i-j}^2$

138



11 Statistiques résumées linguistiques

- ◆ Statistiques globales :
Nombre moyen de cognats par sens : \bar{N}
Variance du nombre de cognats par sens : $V(N)$
Étendue du nombre de cognats par sens : E
Similarités strictes entre les langues : S_{tot}
Dissimilarités strictes entre les langues : D_{tot}
- ◆ Statistiques par paires de populations :
Distances entre les langues i et j : D_{i-j}
Distances au carré entre les langues i et j : D_{i-j}^2

139



Statistiques résumées – Linguistique

- ◆ Statistiques globales :
 $\bar{N} = (1 + 2 + 2 + 3 + 1)/5$
 $\bar{N} = 1.8$

$$V(N) = 0.56$$

$$E = 3 - 1 = 2$$

$$S_{\text{tot}} = 2$$

$$D_{\text{tot}} = 1$$

A	A	A	A	A	Langue 1
A	B	A	B	A	Langue 2
A	B	B	C	A	Langue 3

- ◆ Statistiques par paires de populations :

$$D_{1-2} = 2/5 ; D_{1-3} = 3/5 ; D_{2-3} = 2/5$$

$$D_{1-2}^2 = 4/25 ; D_{1-3}^2 = 9/25 ; D_{2-3}^2 = 4/25$$

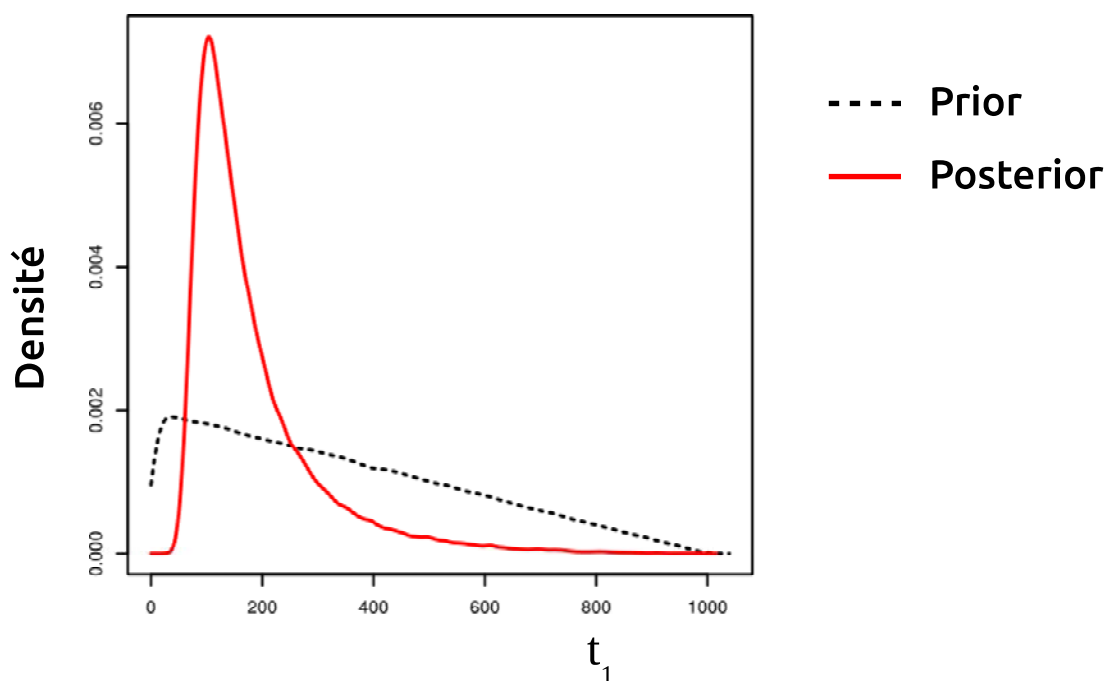
140

Matériels & Méthodes



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation de t_1



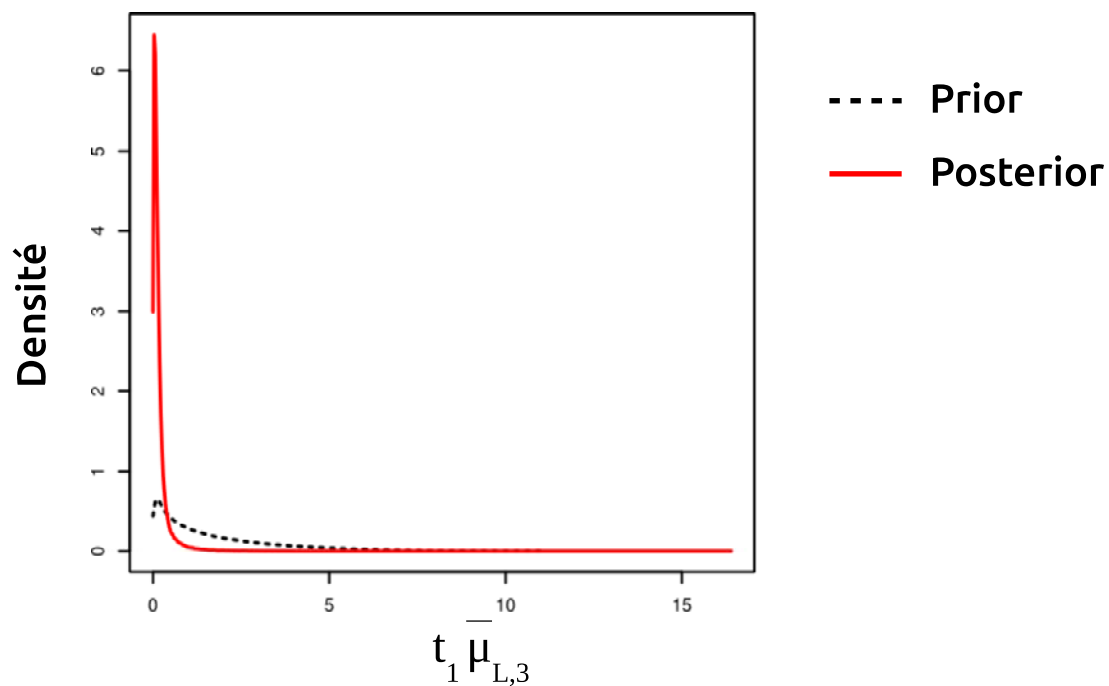
141

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation de $t_1 \bar{\mu}_{L,3}$



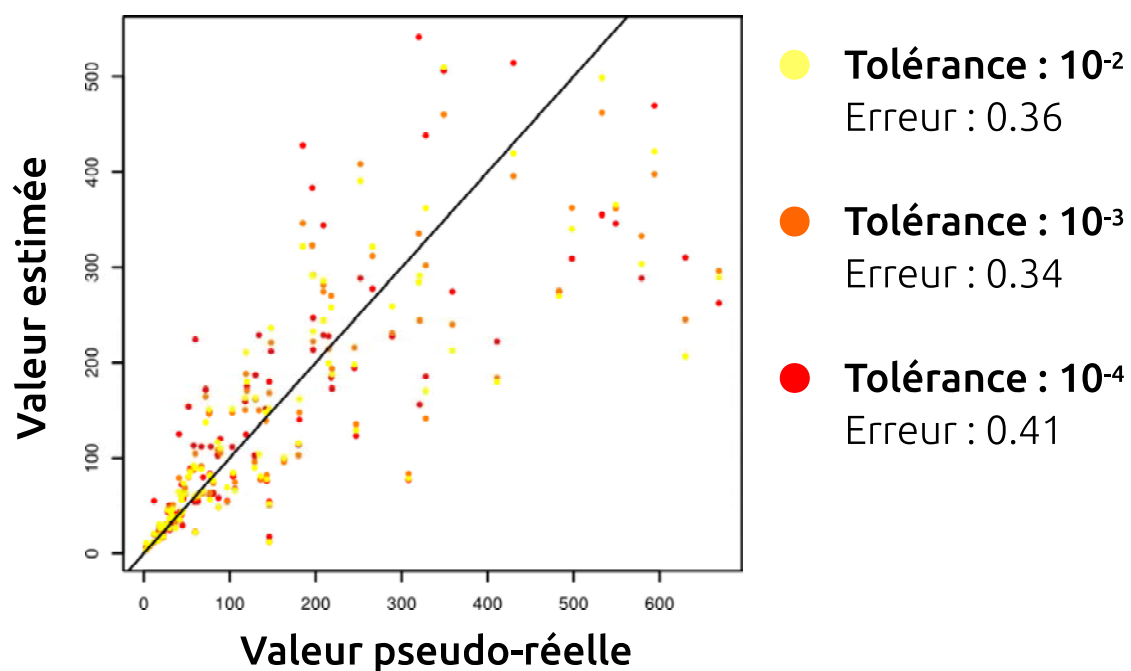
142

Résultats



MUSÉE DE
L'HOMME

Validation croisée de l'estimation de t_1



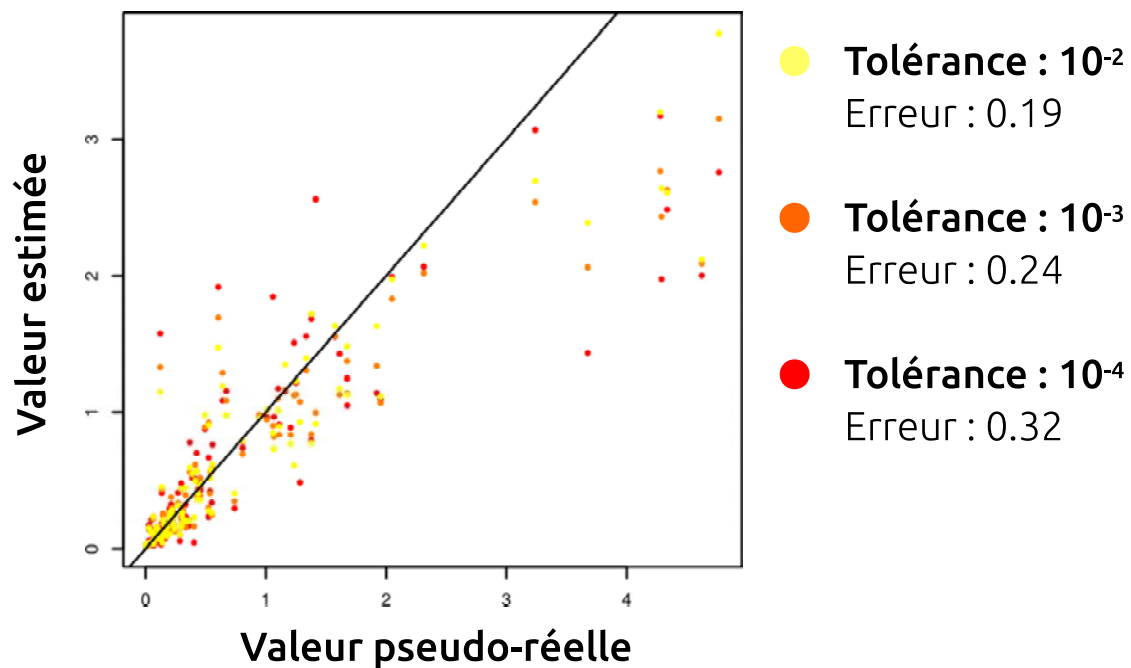
143

Résultats



MUSÉE DE
L'HOMME

Validation croisée de l'estimation de $t_1 \bar{\mu}_{L,3}$



144

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation des paramètres linguistiques

Paramètre	Prior	Mode	IC _{95%}	Erreur
$\bar{\mu}_{L,1}$	]0 ; 0.01]	0.005	[0.0004 ; 0.009]	0.62
$\bar{\mu}_{L,2}$	]0 ; 0.01]	0.001	[0.0001 ; 0.01]	0.88
$\bar{\mu}_{L,3}$	]0 ; 0.01]	0.0002	[0 ; 0.01]	0.57
$\bar{\mu}_{L,4}$	]0 ; 0.01]	0.0043	[0.0003 ; 0.008]	1.05
$\bar{\delta}_L$	]0 ; 0.1]	0.017	[0.006 ; 0.072]	0.31
t_0	[0 ; 1000]	325	[205 ; 894]	0.55
t_1	[0 ; 1000]	106	[72 ; 419]	0.35

145

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation des paramètres linguistiques composites

Paramètre	Prior	Mode	IC _{95%}	Erreur
$t_0 \bar{\mu}_{L,1}$	]0 ; 10]	1.97	[0.02 ; 3.35]	0.35
$t_1 \bar{\mu}_{L,3}$	]0 ; 10]	0.11	[0 ; 4.04]	0.19
$t_1 \bar{\mu}_{L,4}$	]0 ; 10]	0.52	[0.003 ; 1.97]	0.53
t_1/t_0	[10 ⁻³ ; 1]	0.36	[0.14 ; 0.79]	0.29

146

Résultats



MUSÉE DE L'HOMME

Estimation des paramètres génétiques

Paramètre	Prior	Mode	IC _{95%}	Erreur
$N_{e,1}$	[1 ; 10 ⁵]	17253	[6885 ; 44754]	0.43
$N_{e,2}$	[1 ; 10 ⁵]	71051	[14160 ; 98250]	0.59
$N_{e,3}$	[1 ; 10 ⁵]	85996	[15743 ; 98457]	0.63
$N_{e,4}$	[1 ; 10 ⁵]	18570	[5371 ; 96049]	0.68
$\bar{\mu}_G$	[10 ⁻⁴ ; 10 ⁻³]	1.10 ⁻⁴	[1.10 ⁻⁴ ; 4.10 ⁻⁴]	0.42
t_1	[1 ; 1000]	208	[32 ; 747]	0.74
t_0	[1 ; 1000]	553	[176 ; 974]	0.54

147

Résultats



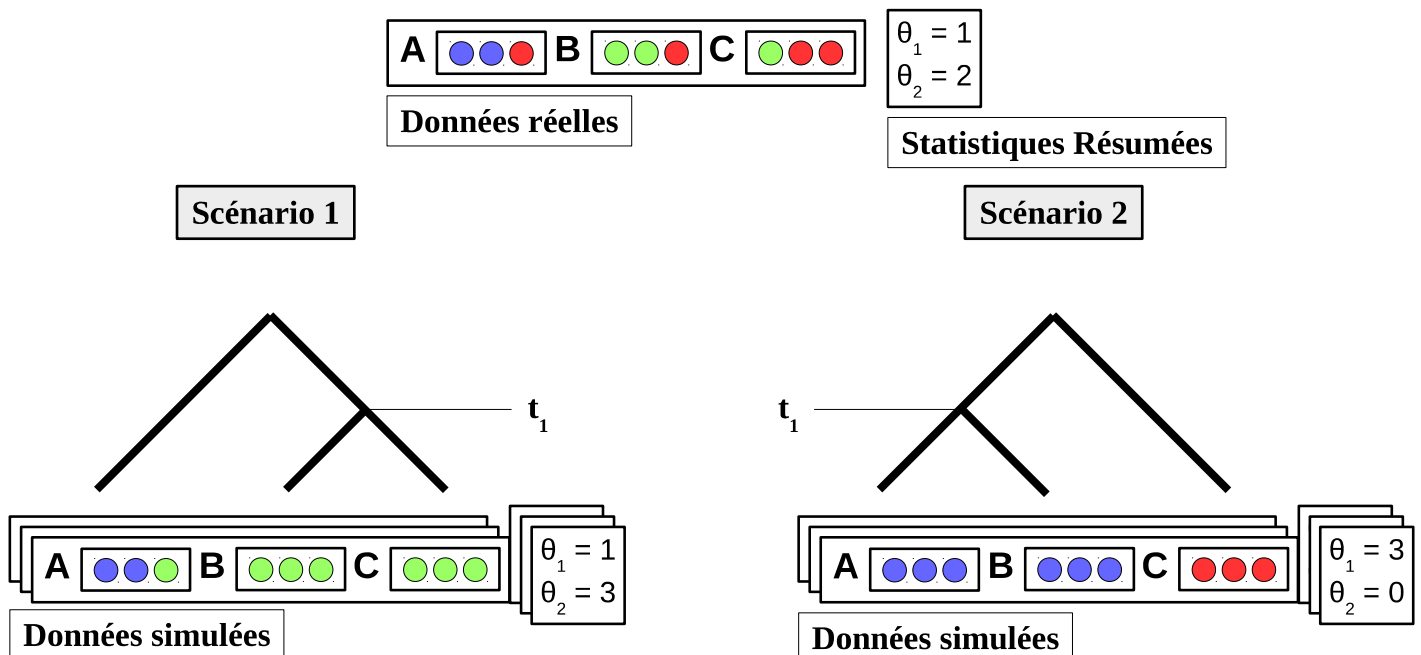
MUSÉE DE L'HOMME

Estimation des paramètres génétiques composites

Paramètre	Prior	Mode	IC _{95%}	Erreur
$4N_{e,1}\bar{\mu}_G$	[1 ; 400]	8.9	[3.7 ; 25.8]	0.46
$4N_{e,2}\bar{\mu}_G$	[1 ; 400]	30.5	[7.9 ; 108.8]	0.52
$4N_{e,3}\bar{\mu}_G$	[1 ; 400]	34.6	[9.7 ; 142.8]	0.54
$4N_{e,4}\bar{\mu}_G$	[1 ; 400]	12.3	[3.5 ; 56.5]	0.68
$t_1\bar{\mu}_G$	[10 ⁻⁴ ; 1]	0.027	[0.004 ; 0.14]	0.50
$t_0\bar{\mu}_G$	[10 ⁻⁴ ; 1]	0.073	[0.028 ; 0.18]	0.50
t_1/t_0	[10 ⁻³ ; 1]	0.55	[0.06 ; 0.96]	0.66



Principes de l'Approximate Bayesian Computation (ABC)



Diversités génétique et linguistique en Asie Centrale



150

Introduction



MUSÉE DE L'HOMME