

L'épeautre quel avenir pour le blé des Gaulois ?

Colloque Céréales, mars 2025

Guillaume Jacquemin



De quelle céréale parle-t-on?
Eviter la confusion



Grand Epeautre :
Triticum aestivum spelta
Blé des Gaulois



Moyen Epeautre :
Triticum turgidum dicoccum
Amidonnier



Petit Epeautre :
Triticum monococcum
Engrain

Far, Faro

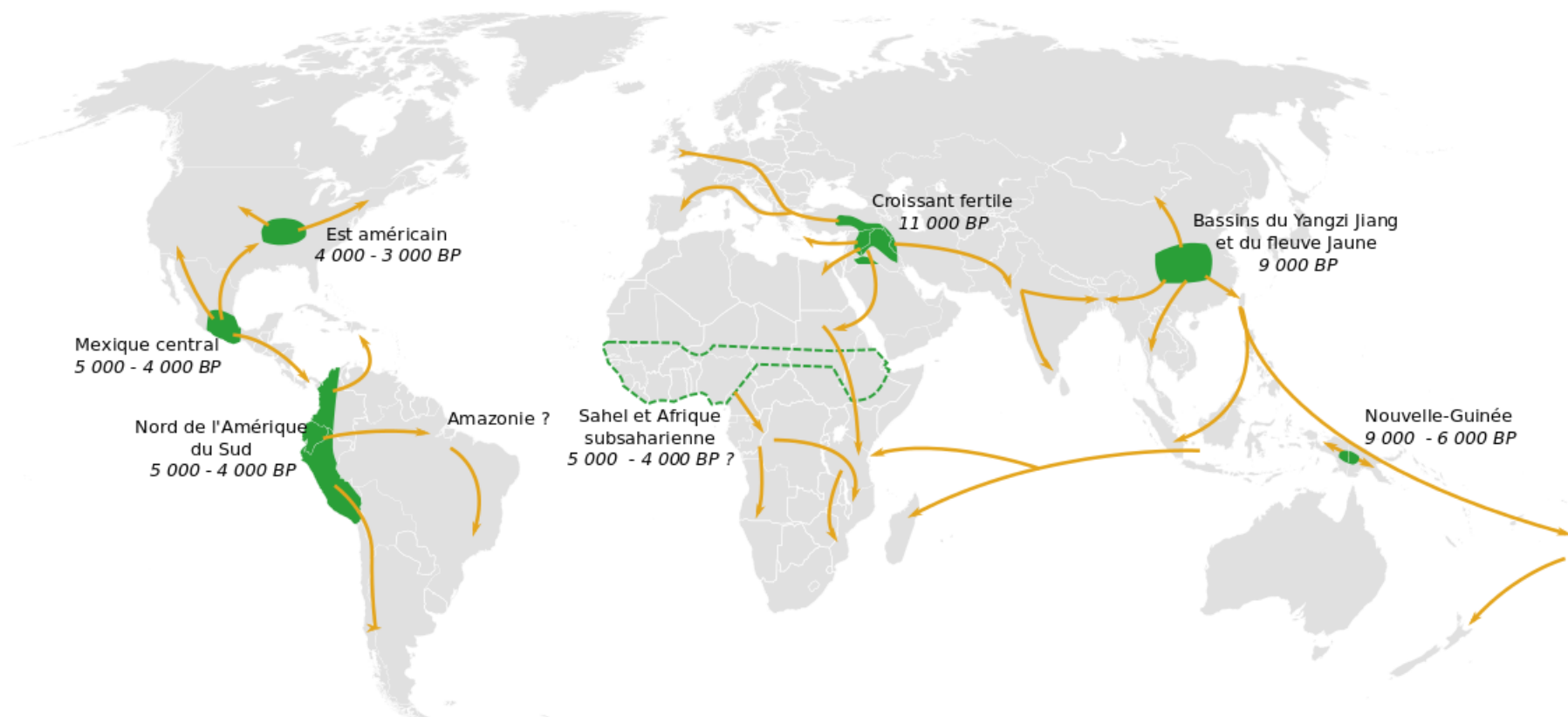
ζειά

Dinkel, Spelz

Emmer

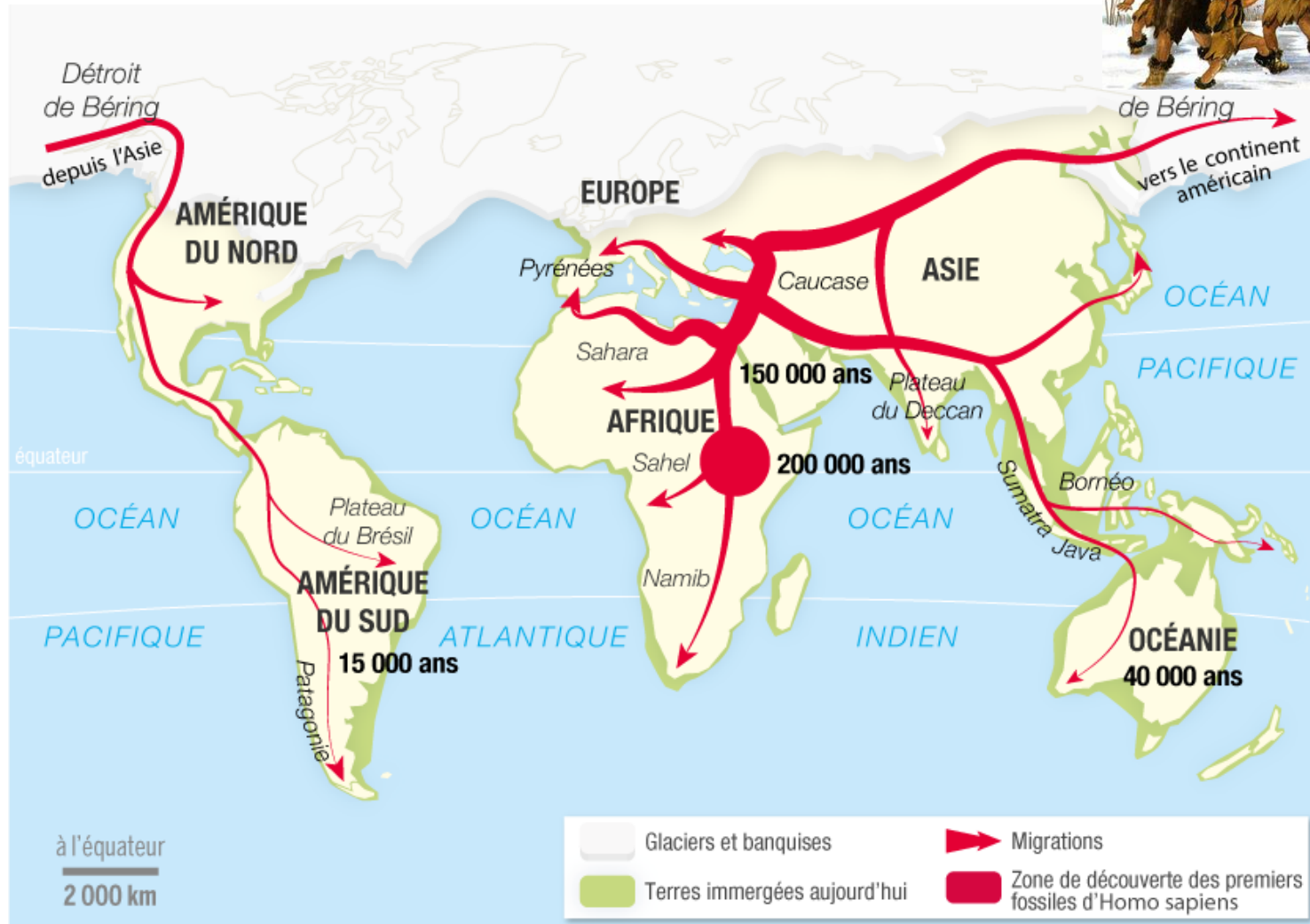
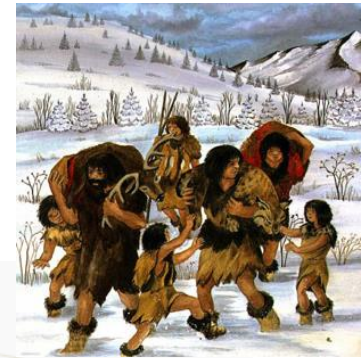
Einkorn

Apparition des principaux foyers de l'agriculture



D'après J. Diamond et al. (2003) "Farmers and Their Languages: The First Expansions", Science

Soit bien après les migrations d'Homo sapiens



Domestication des premières céréales par l'homme

Petit épeautre
= engrain

Amidonnier

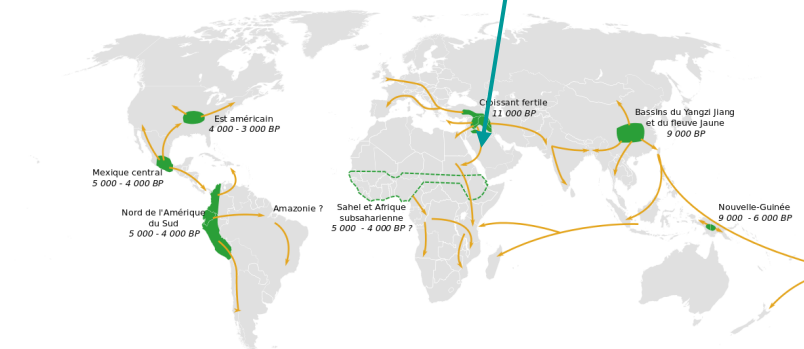
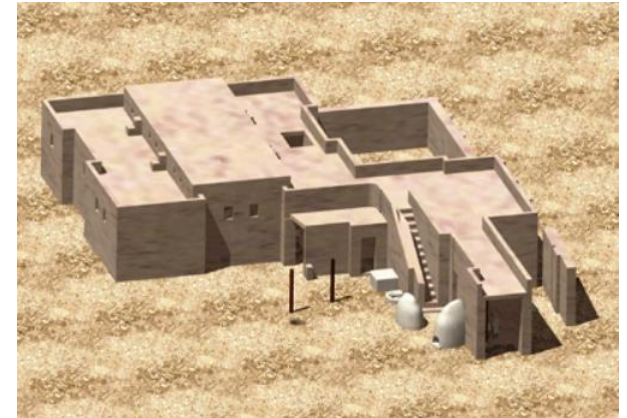
Orge



-10 000

-7 500

-7 000



Origine de l'amidonniér sauvage

Ancêtre de l'engrain



Aegilops

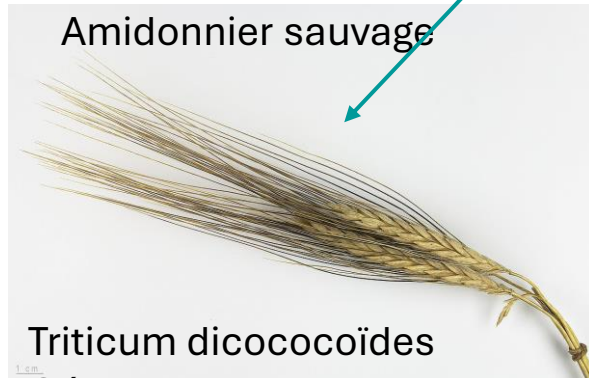


500 000 ans

Triticum urartu
Génome AA

+/- Aegilops speltoides
Génome BB

Amidonniér sauvage



Triticum dicococoides
Génome AABB



Amidonniér cultivé

Domestication des premières céréales par l'homme

Petit épeautre
= engrain

Amidonnier

Blé dur

Blé tendre
= froment

Epeautre



-10 000

-7 500

-6 500

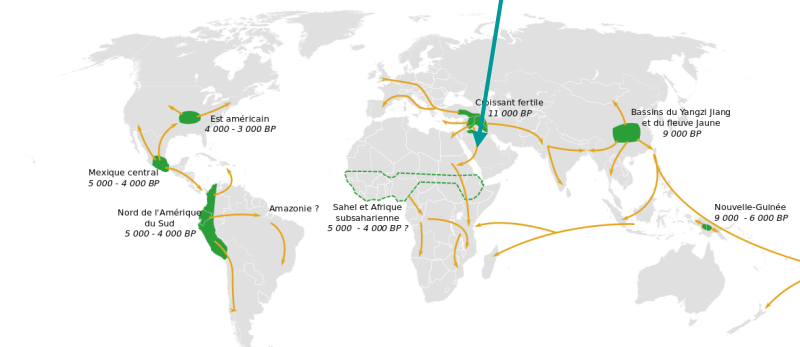
-6 000

-5500

Orge



-7 000



Avoine
-2500



Seigle
-1800



Apparition du blé durant la domestication

Amidonnier sauvage



Amidonnier



Blé dur



Génome AABB

OU

OU

Aegilops tauschi
Génome DD

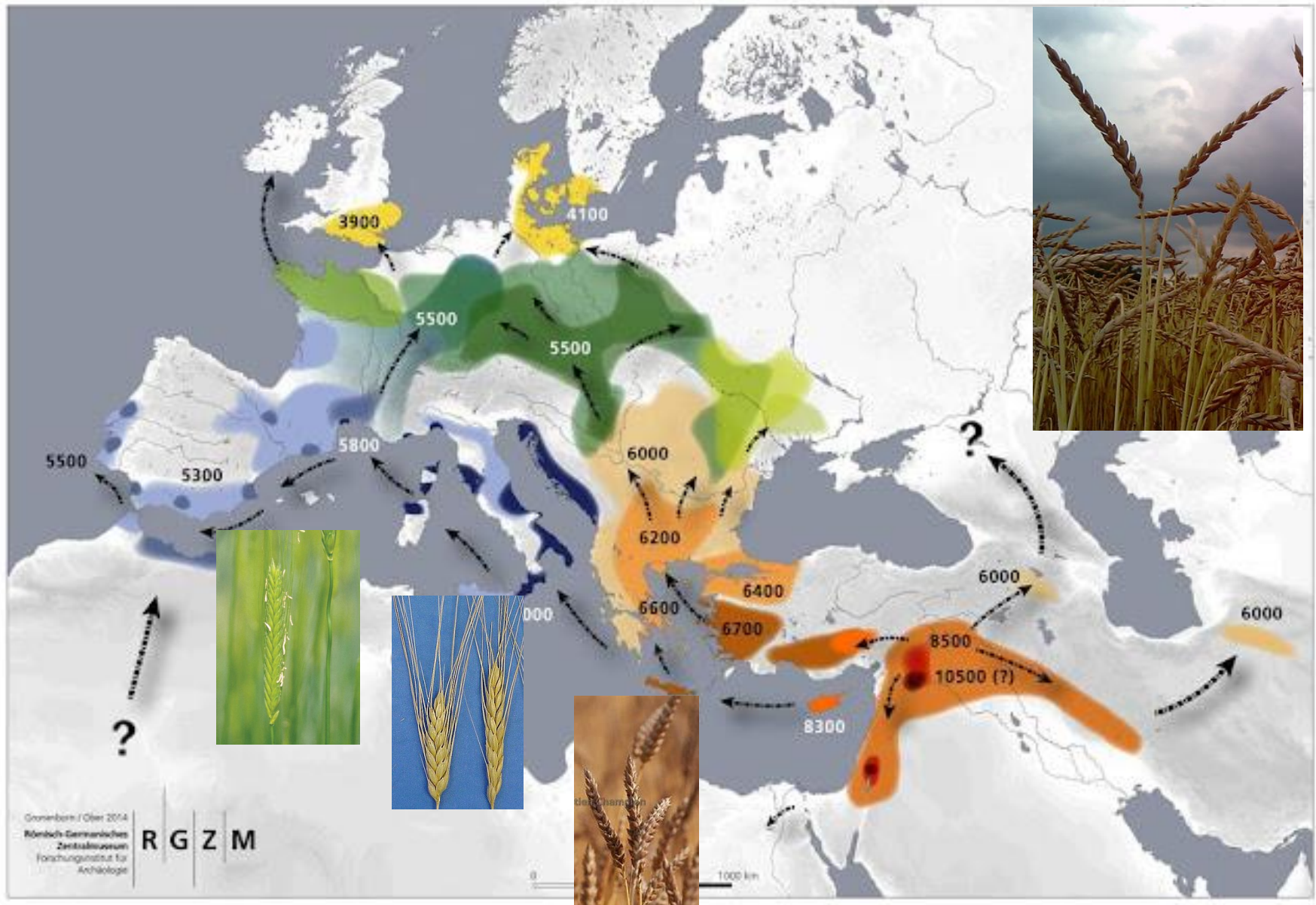


- 7 000



Froment
Génome
AABBDD

Migration des premiers peuples sédentaires

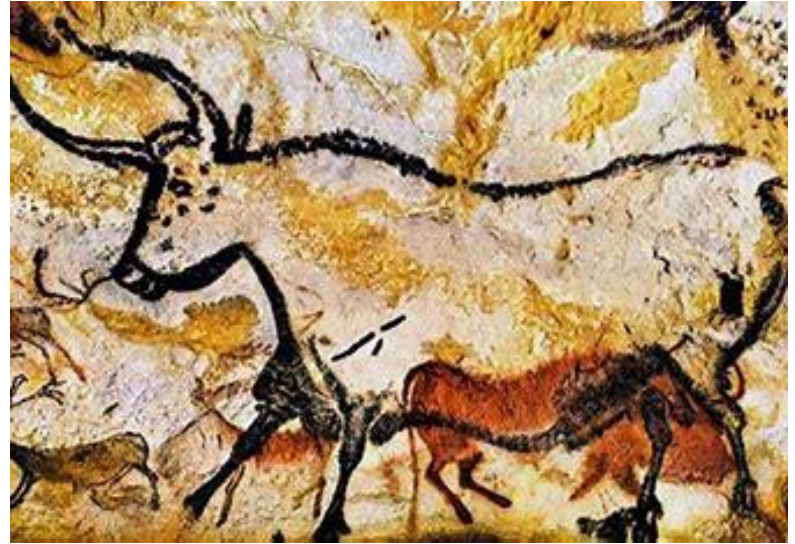


Peuples d'Europe du Paléolithique

Homo neanderthalensis



Homo sapiens



Homme de Spy

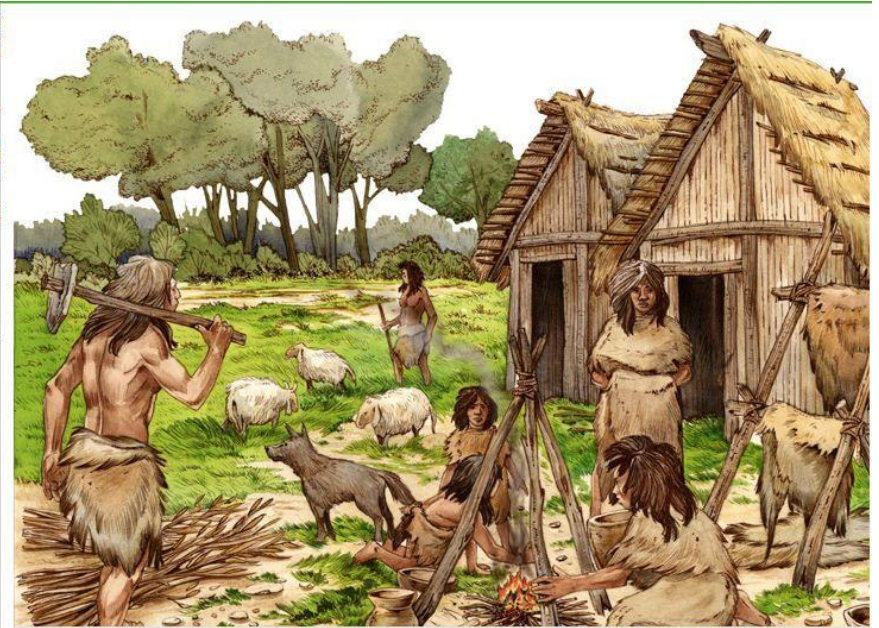
-220 000 ans à -30 000 ans



Homme de Cro-Magnon

-45 000 ans à

Migration des premiers peuples sédentaires



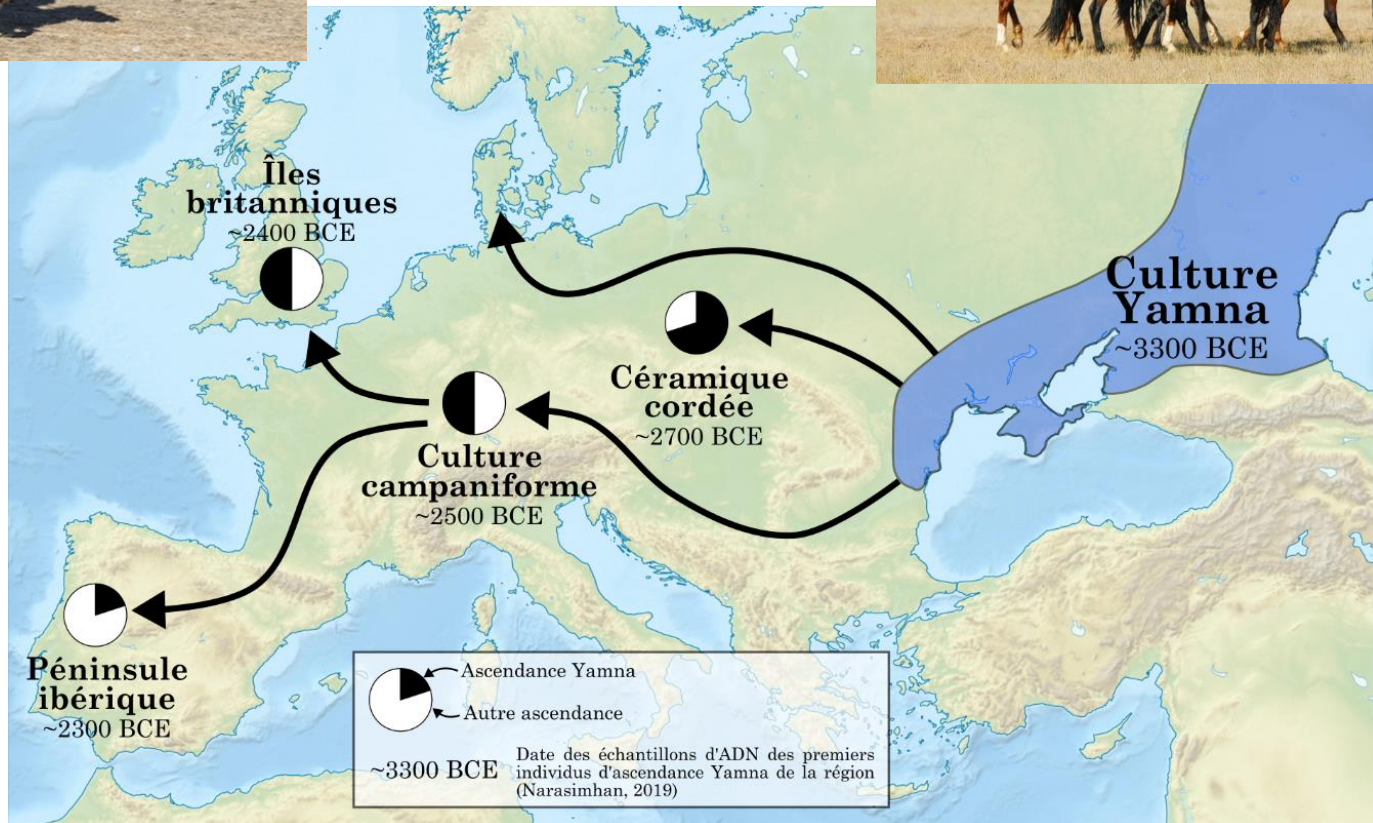
Néolithique en Europe : -5000 à -2200

Age du Bronze : -2000 à -800



Cité lacustre , lac de Constance

Brassage génétique des céréales et des hommes



Brassage génétique des céréales et des hommes

Les gaulois, modèle européen?



Vercingétorix



Ambiorix

Brassage génétique des céréales et des hommes

Génome décrypté de nos fameux gaulois

Homme de Spy
(autre espèce)



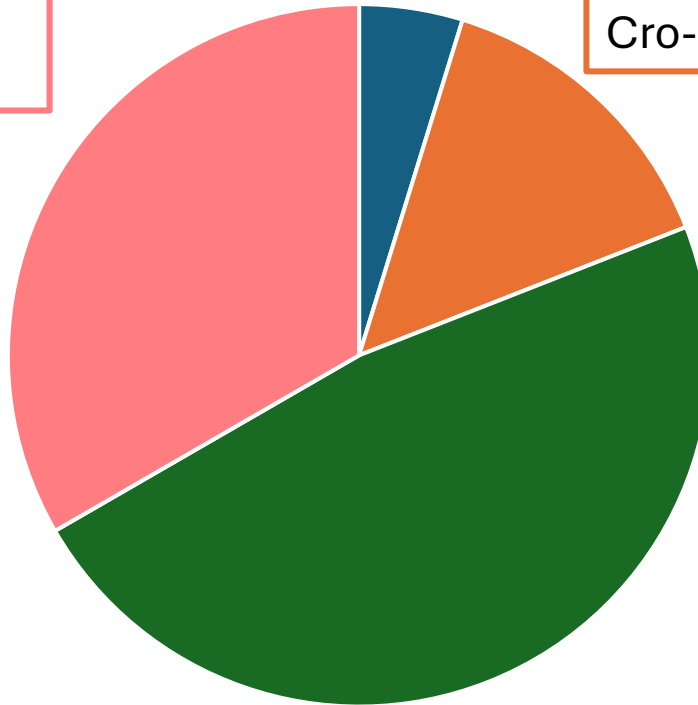
Sédentaire du Néolithique
(migrants turques)



Cro-Magnon (migrants africains)



Yamnayas
(migrants ukrainien)



Brassage génétique des céréales et des hommes

Génome décrypté de nos fameux gaulois

Homme de Spy
(autre espèce)



Sédentaire du Néolithique
(migrants turques)



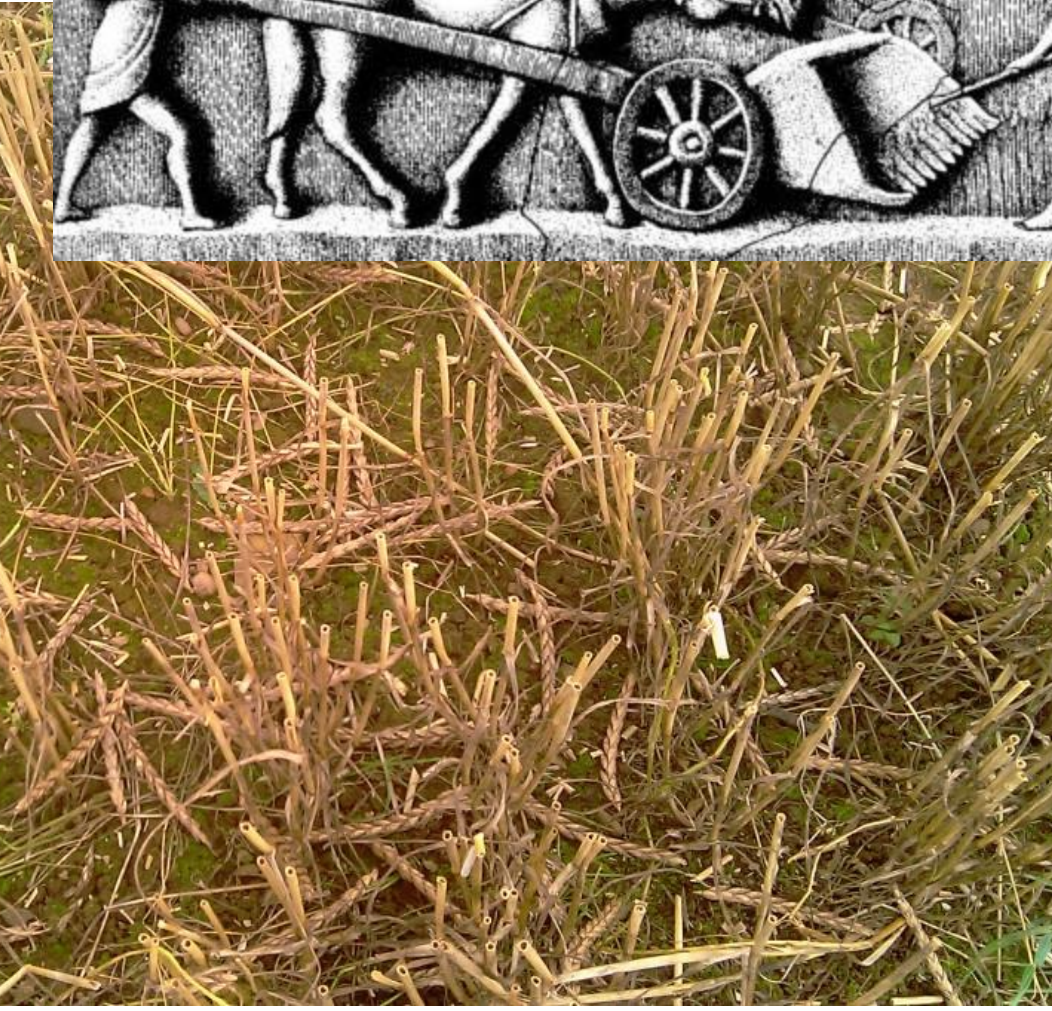
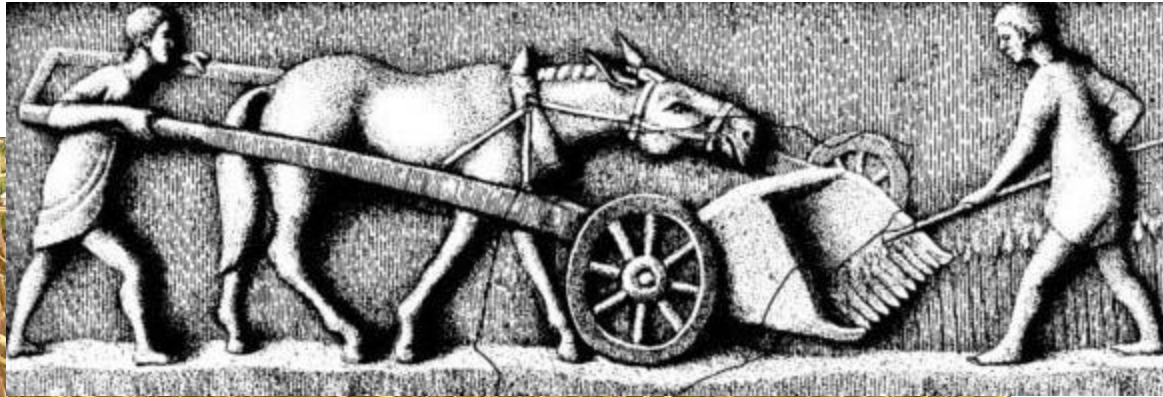
Cro-Magnon (migrants africains)



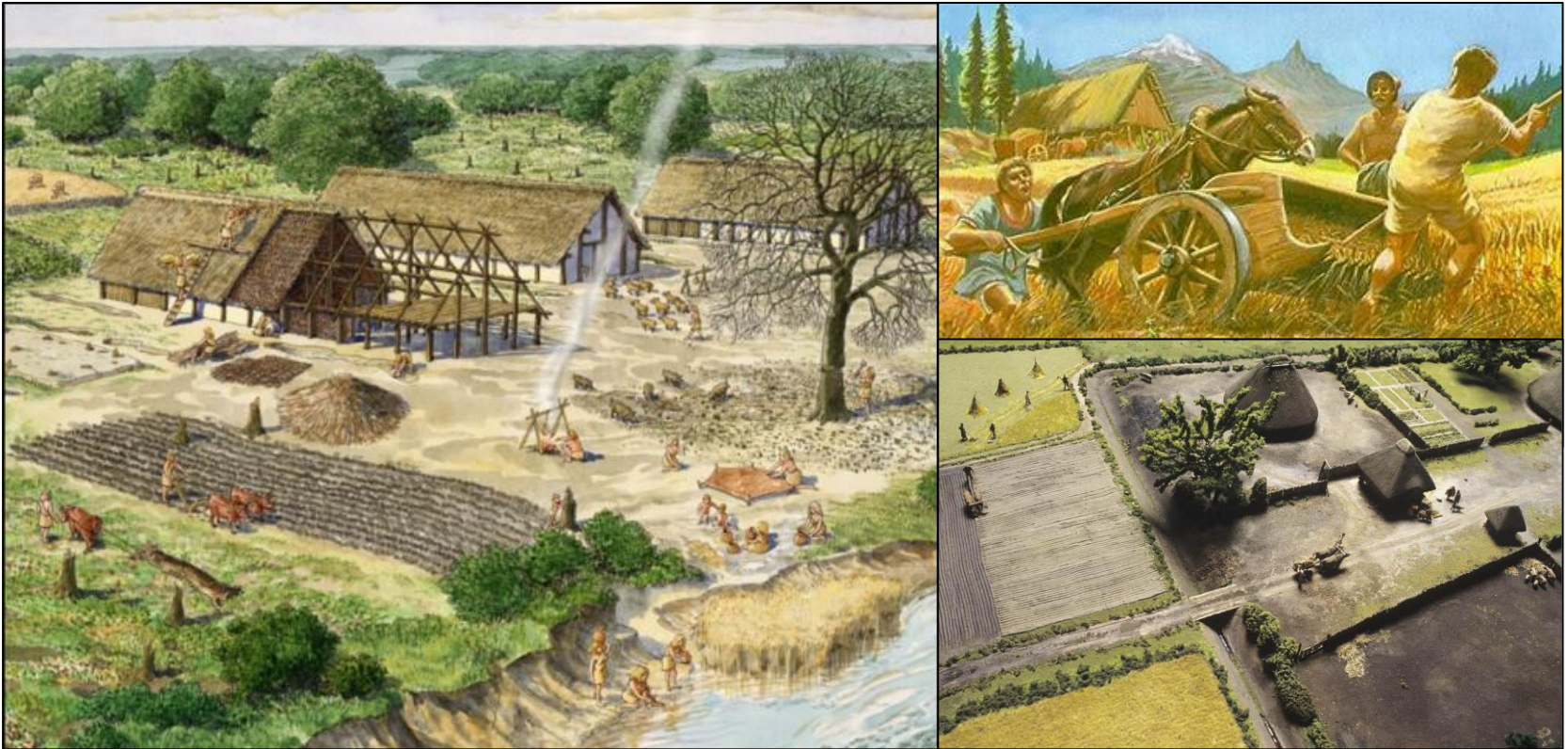
Yamnayas
(migrants ukrainien)



Le valus, la moissonneuse des gaulois



Développement des celtes et de l'agriculture



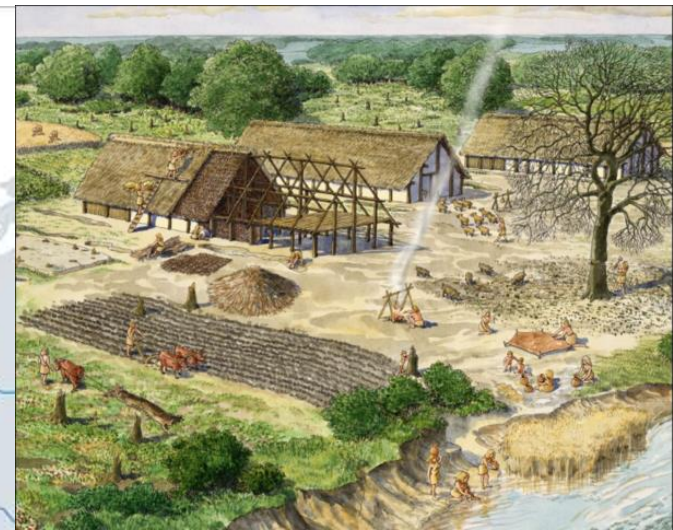
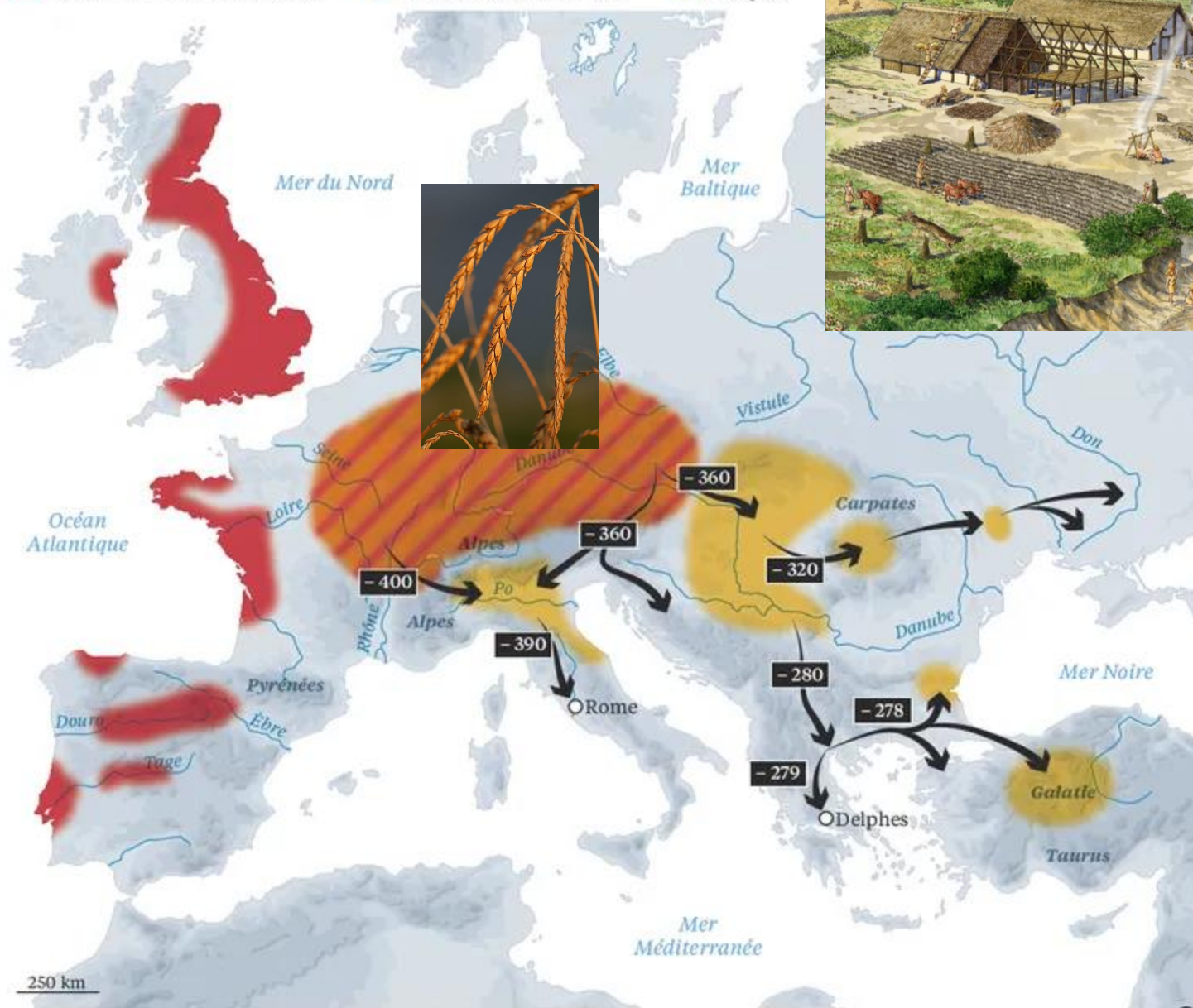
Age du Fer : -800 à l'an 0

La présence des Celtes en Europe

● Présence celtique
dès le III^e millénaire avant J.-C.

● Arc nord-alpin
IV^e et III^e siècle avant J.-C.

● Migrations
celtiques



Origine génétique de l'épeautre européen ?



Deux hypothèses s'opposent sur l'apparition de l'épeautre en Europe

Hypothèse 1

Kihara 1944
Mc Fadden et Sears 1946
Schiemann 1947,1951

Hypothèse 2

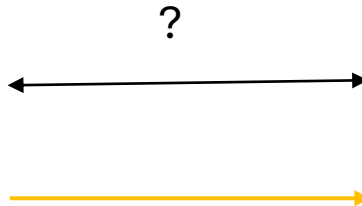
Schiemann 1932
Bertsch 1949, 1950

Origine génétique de l'épeautre européen ?



Hypothèse 1

Apparition au
Moyen-Orient



L'épeautre est une
sous-espèce du blé

Froment

Triticum aestivum subsp
aestivum
Génome AABBDD



Epeautre

Triticum aestivum subsp
aestivum
Génome AABBDD



Europe

Origine génétique de l'épeautre européen ?

Hypothèse 2 : l'épeautre cultivé en Europe serait apparu au nord des Alpes

L'épeautre cultivé
en Europe serait
apparu au nord
des Alpes

-5000 avant JC

Froment,
Blé à grain nu
AABBDD

Amidonnier
AABB

Epeautre

Moyen-Orient



Deux hypothèses s'opposent sur l'apparition de l'épeautre en Europe

Hypothèse 1

Epeautre mésopotamien issu d'Aegilops

Percival 1912,

Kihara 1944

Mc Fadden et Sears 1946

Schiemann 1947, 1951

Reproduction d'un croisement
Aegilops x T. dicoccum

Kuckuck & Schieman 1957) :
découverte d'épeautre en Iran

Andrews 1964 :
migration des population

Hypothèse 1'

Epeautre mésopotamien issu d'un blé hexaploïde

Hypothèse 2 Epeautre européen

Schiemann 1932

Bertsch 1949, 1950

Jaaska 1978 : [Allozyme](#)

Dvorak & Luo 2001 : [RFLP](#)

von Buren 2001, Blatter et al. 2002, Yan et al. 2003, An et al. 2005 : [glutenine et gliadine...](#)

[European and Asian spelt](#)

Dvorak et al., 2012

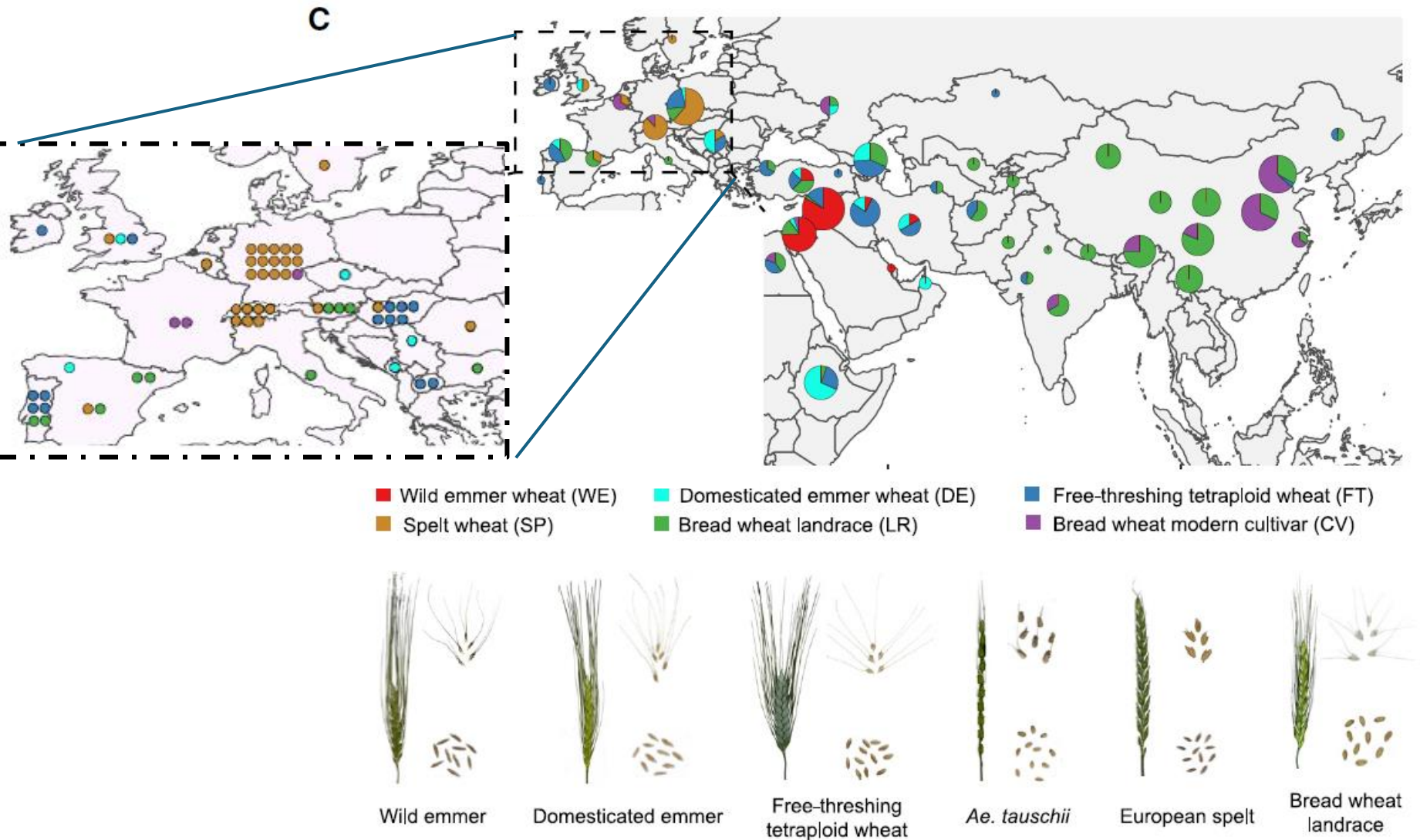
[allele diversity in the Tg \(tenacious glume\), Sog \(soft glume\), q \(speltoid spike\) and C \(compact spike\) loci.](#)
[European spelt derived from a hybridization of hulled emmer with free-threshing hexaploid wheat](#)

Novoselskaya-Dragovich *et al.* (2018) :
[LTR retrotransposon](#)

De Oliveira et al., 2020,
[SNP, étude du polymorphisme](#)

Wang et al., 2024
[Comparaison génome chloroplastique](#)

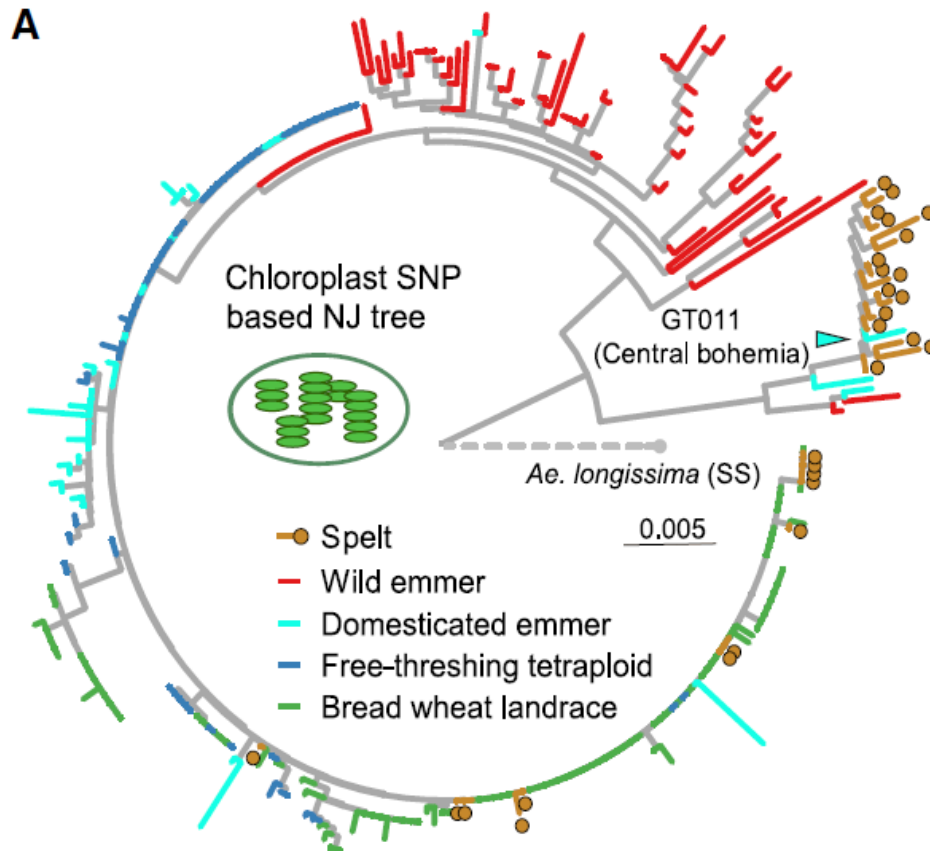
Recherche de l'origine de l'épeautre



Origine du génome AB de l'épeautre

Arbre phylogénétique basée sur le génome chloroplastique

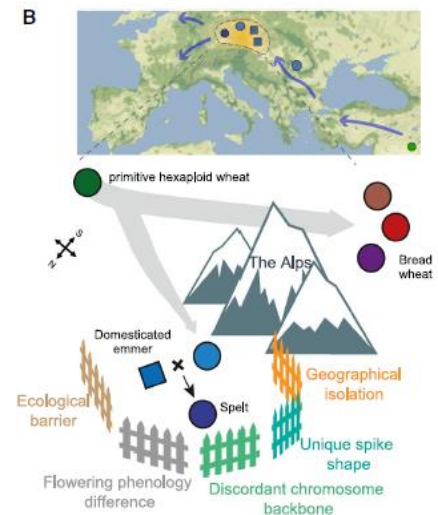
Plant Communications



L'épeautre a pour parent femelle un amidonnier cultivé en Bohème

Epeautres

Amidonnier



Origine du génome AB de l'épeautre

Etude du polymorphisme du chromosome 3B par l'INRA Clermont

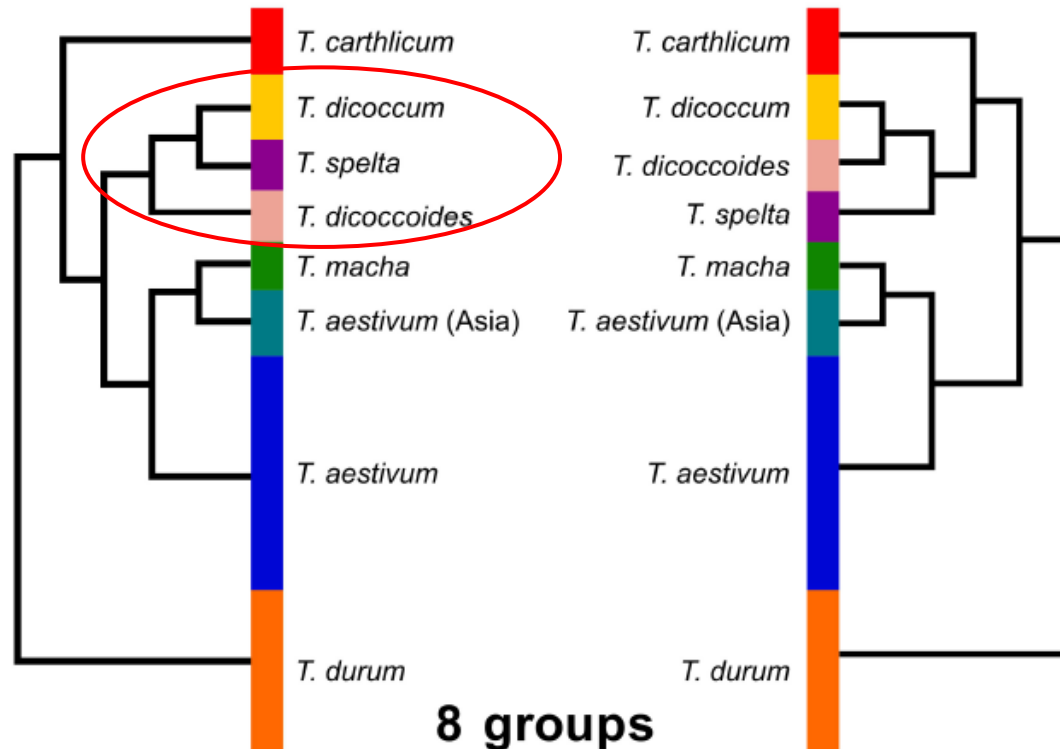


FIGURE 4 | Dendrograms of the 45 *Triticum* accessions based on SNPs and PAVs. The two dendrograms represent the same eight monophyletic groups corresponding to the species classification: *T. aestivum* from Asia (light blue), other *T. aestivum* (blue), *T. spelta* (purple), *T. carthlicum* (bright red), *T. macha* (pale green), *T. durum* (orange), *T. dicoccum* (yellow), and *T. dicoccoides* (light red). Synthetic_W7984, Tae_Hope, Tae_Tom-Thumb, and Tdi_415152 are labeled with an asterisk indicating that their position in the tree does not fit the species classification. Bootstrap values are indicated in red. A simplified phylogeny is proposed on the bottom panel.

Recherche de l'origine de l'épeautre

Etude des loci Tg contenant les gènes codant pour le caractère grains vêtus

Tg = Tenacious glume



Q factor, which is located on the long arm of chromosome 5A⁴⁴⁻⁴⁶.

In *T. vulgare*, the *Q* allele supports the formation of square-headed ears with good threshability. Pleiotropic characters of the *Q* allele are softening of the glumes, reduction of ear length, more spikelets per ear and toughness of the rachis

Recherche de l'origine de l'épeautre

Etude des loci Tg contenant les gènes codant pour le caractère grains vêtus

Chr A

Chr B

Chr 2D

TgD ——— Tg D *A. tauschii*

Tg A ——— Tg A Tg B ——— Tg B

Amidonnier sauvage

TgD/TgD, qq

Tg A ——— Tg A Tg B ——— Tg B

Amidonnier cultivé

TgA/TgA, TgB/TgB, qq

TgA/TgA, TgB/TgB, qq ou QQ

tg A ——— tg A tg B ——— tg B

Blé tétraploïde à grains nus

tgA/tgA, tgB/tgB, QQ

tg A ——— tg A tg B ——— tg B tg D ——— tg D

Blé hexaploïde à grains nus

tgA/tgA, tgB/tgB, tgD/tgD QQ

Tg A ——— Tg A Tg B ——— Tg B

TgD ——— Tg D Epeautre HYP 1

TgA/TgA, TgB/TgB, TgD/TgD qq

tg A ——— tg A tg B ——— tg B

TgD ——— Tg D Epeautre HYP 1'

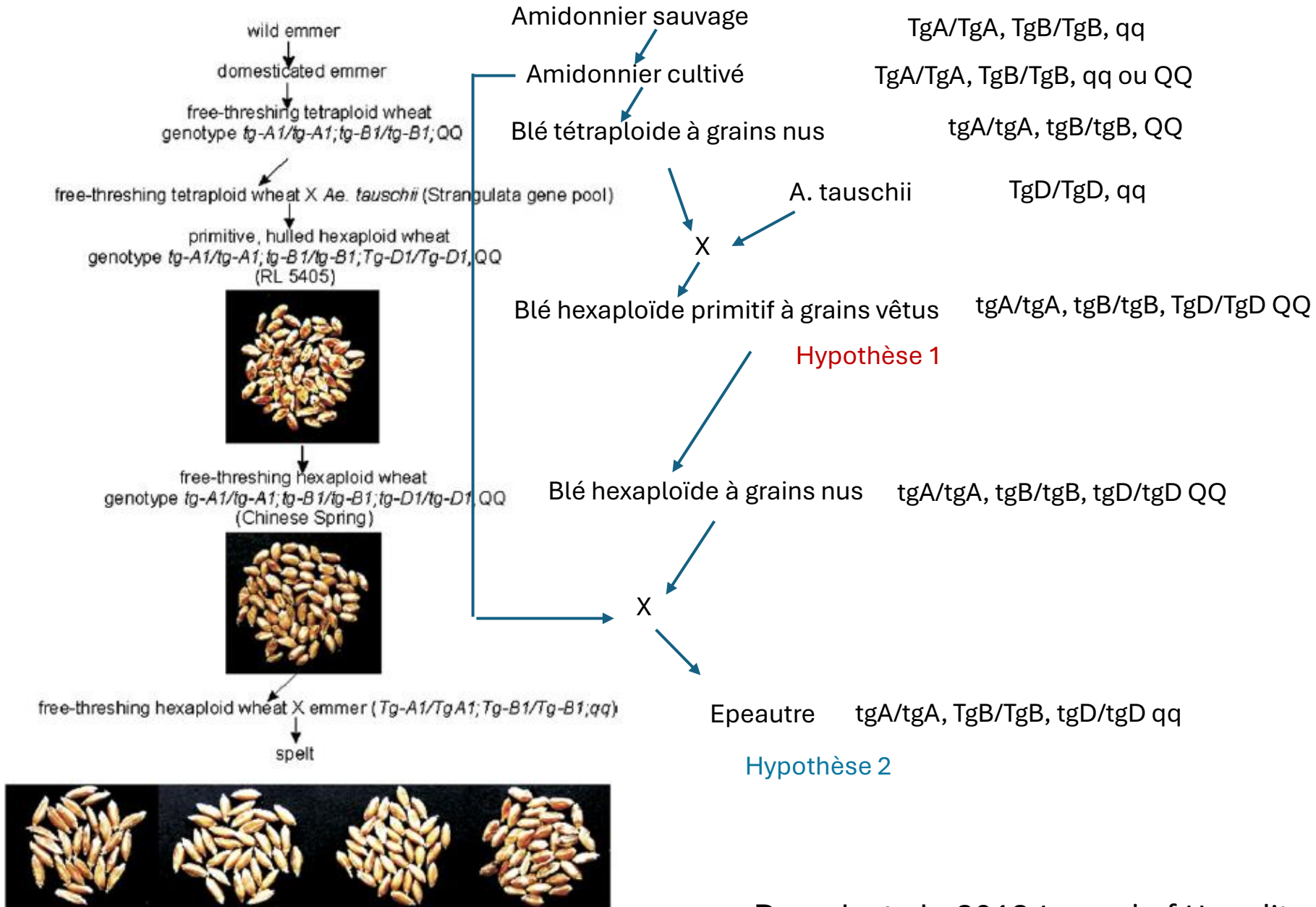
tgA/tgA, tgB/tgB, TgD/TgD qq

tg A ——— tg A Tg B ——— Tg B

tg D ——— tg D Epeautre HYP 2

tgA/tgA, TgB/TgB, tgD/tgD qq

Recherche de l'origine de l'épeautre



Recherche de l'origine de l'épeautre

Table 4 Summary of phenotypic segregation in the F₂ generation and inferred *tenacious-glume* locus genotypes in spelt

Spelt	Origin	Segregating spike phenotypes	Genome		
			A	B	D
PI347850	Switzerland	S, Q, C ^a	<i>tg1?</i>	<i>Tg1</i>	<i>tg1</i>
PI330558	United Kingdom	S, Q, C	<i>tg1?</i>	<i>Tg1</i>	<i>tg1</i>
PI347926	Switzerland	S, Q, C	?	<i>Tg1</i>	<i>tg1</i>
PI355651	Austria	S, Q	<i>tg1?</i>	?	<i>tg1</i>
PI297861	Ethiopia	S, Q	<i>tg1?</i>	<i>Tg1</i>	<i>tg1</i>
PI367200	Afghanistan	S, Q	<i>tg1?</i>	<i>tg1</i>	<i>tg1</i>
PI367199	Afghanistan	S, Q, C	<i>Tg1</i>	<i>Tg1</i>	<i>tg1</i>
417a	Iran	S, Q	<i>tg1?</i>	<i>Tg1</i>	<i>tg1</i>
77d	Iran	S, Q	<i>tg1?</i>	<i>tg1</i>	<i>Tg1</i>
VIR 45366	Azerbaijan	S, Q, C	<i>Tg1</i>	?	<i>tg1</i>
VIR 52442	Tadjikistan	S, Q	<i>tg1?</i>	<i>Tg1</i>	<i>tg1</i>

^a S, Q, and C stand for spelt-like, square-head, and compact spike morphology, respectively.

Epeautre
européen

Epeautre
asiatique

Recherche de l'origine de l'épeautre

En conclusion :

Le génome AB de l'épeautre est bien plus similaire à celui de l'amidonnier que du blé **Parent 1**

Le génome D de l'épeautre est bien plus similaire à celui du blé que de l'Aegilops speltaïdes **Parent 2**

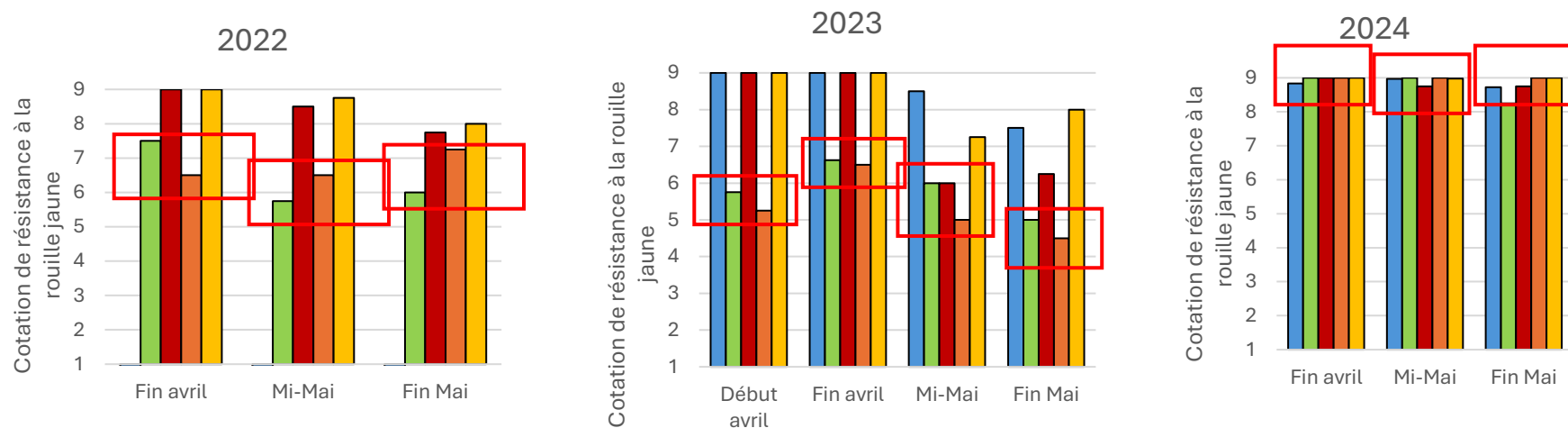
Le génome chloroplastique de l'épeautre est bien plus similaire à celui de l'amidonnier que du blé **Sens du croisement,**

Les amidonniers et blé hexaploïdes les plus apparentés étaient cultivés en Europe centrale. **Origine géographique**



Hybridation d'un Amidonnier avec
un Blé hexaploïde au nord des Alpes

Comportement similaire de l'épeautre et du blé dur_Amidonnier face à la rouille jaune



Froment

Epeautre

Blé dur
Français

Blé dur
Bulgares

Blé dur
Italiens

Croisement entre un blé compactum et un amidonnier, 2022



Blé Hérissé
(Moro)

X

Amidonnier
(Ally)



F1 en 2023

Croisement entre un blé compactum et un amidonnier, 2022



F2 en 2024



Hybridation naturelle entre Blé dur et épeautre (?) ?

F2 blé dur
en 2023



F2 Epeautre
x Froment
en 2023



X

Hybride en 2024

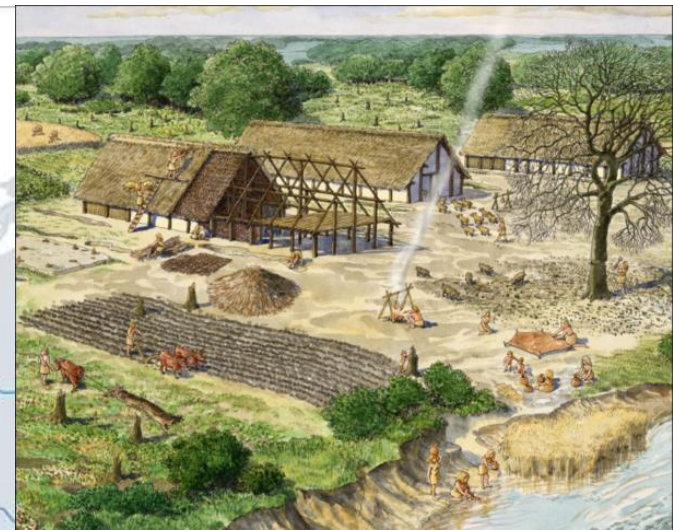
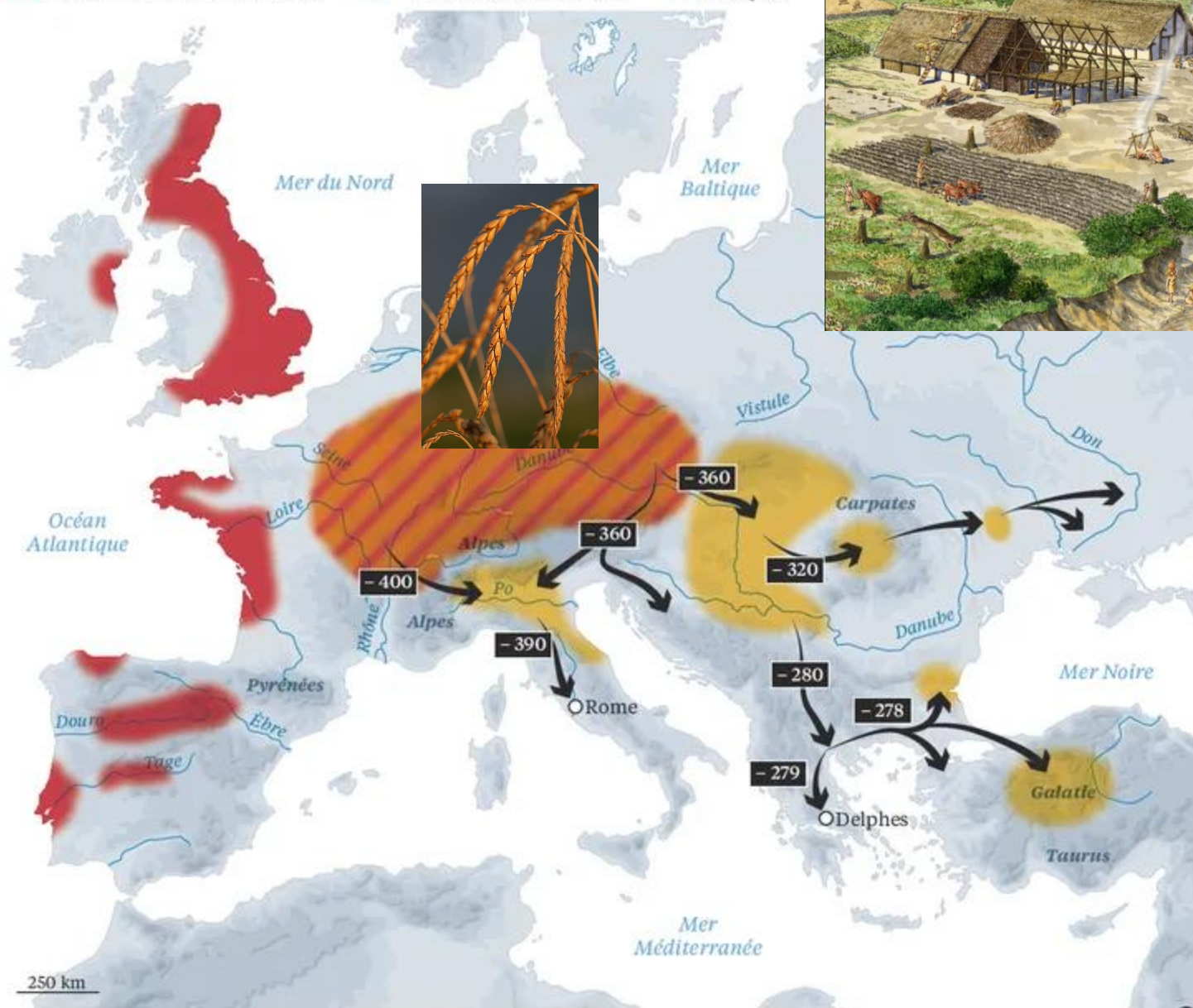


La présence des Celtes en Europe

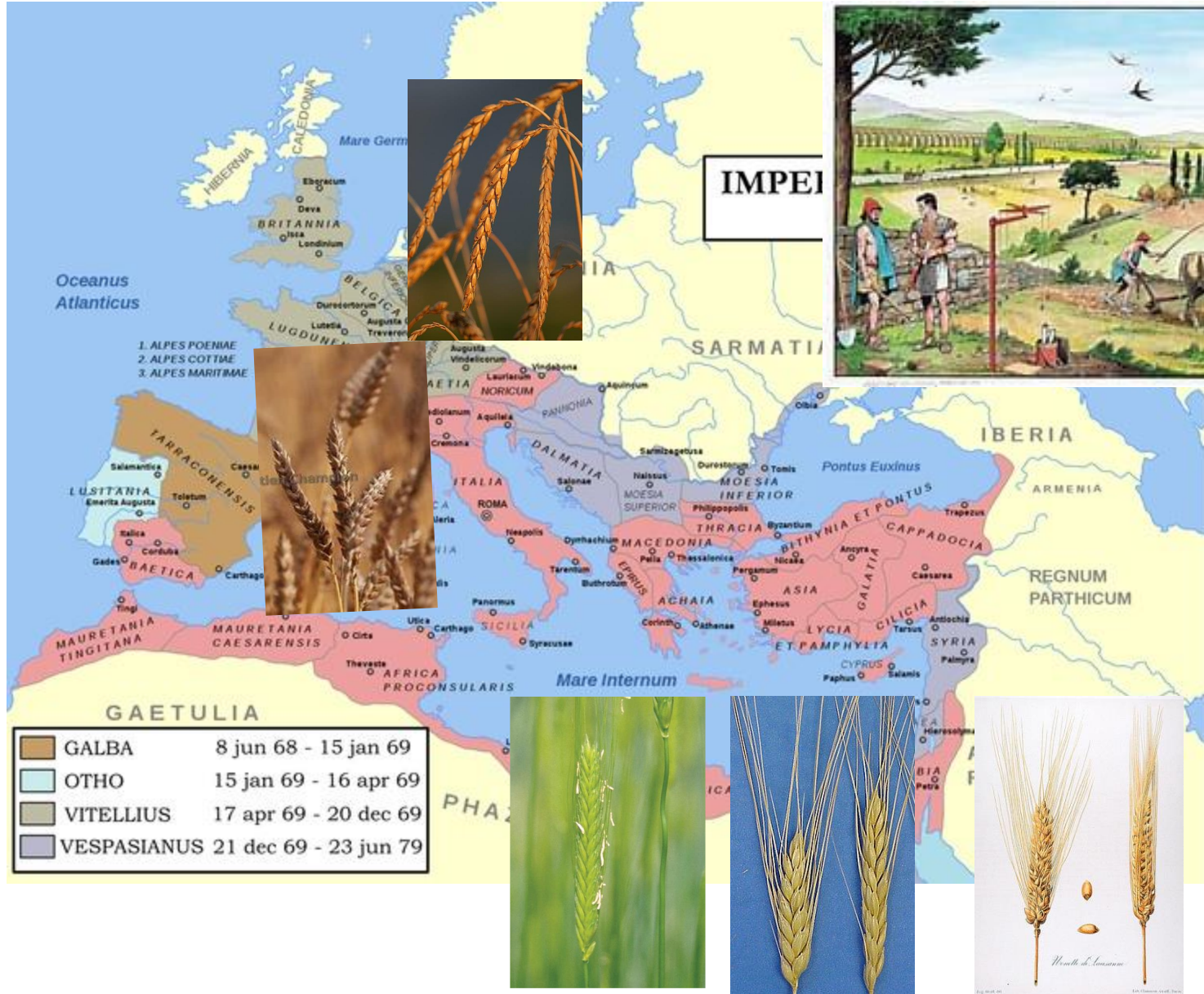
● Présence celtique
dès le III^e millénaire avant J.-C.

● Arc nord-alpin
IV^e et III^e siècle avant J.-C.

● Migrations
celtiques



L'empire romain et le développement du blé en Gaule

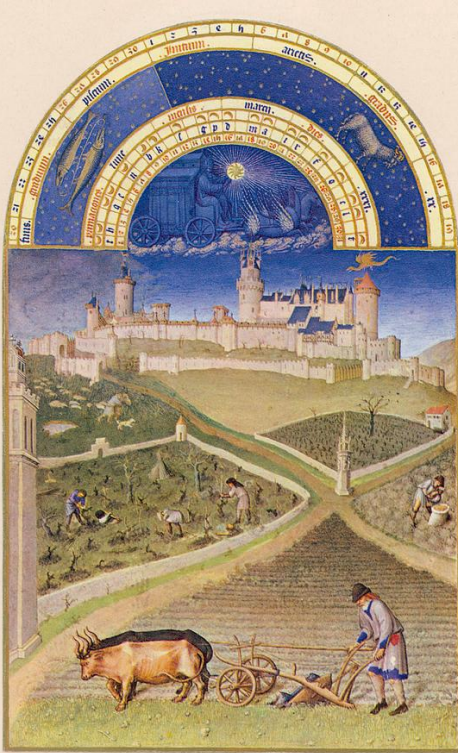


Avec les invasions « barbares », les épeautres se déplacent...



Les principales invasions "barbares" (extrait de "Historia thématique N°121")

Au moyen-âge, les froments et les épeautres cohabitent selon les régions



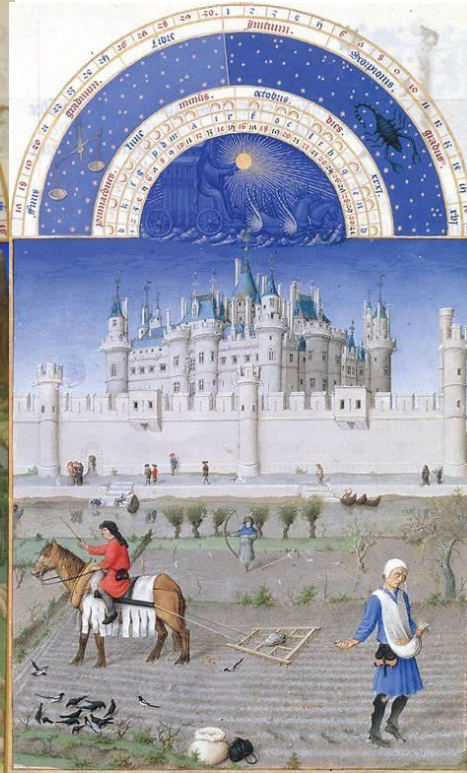
Mars



Juin

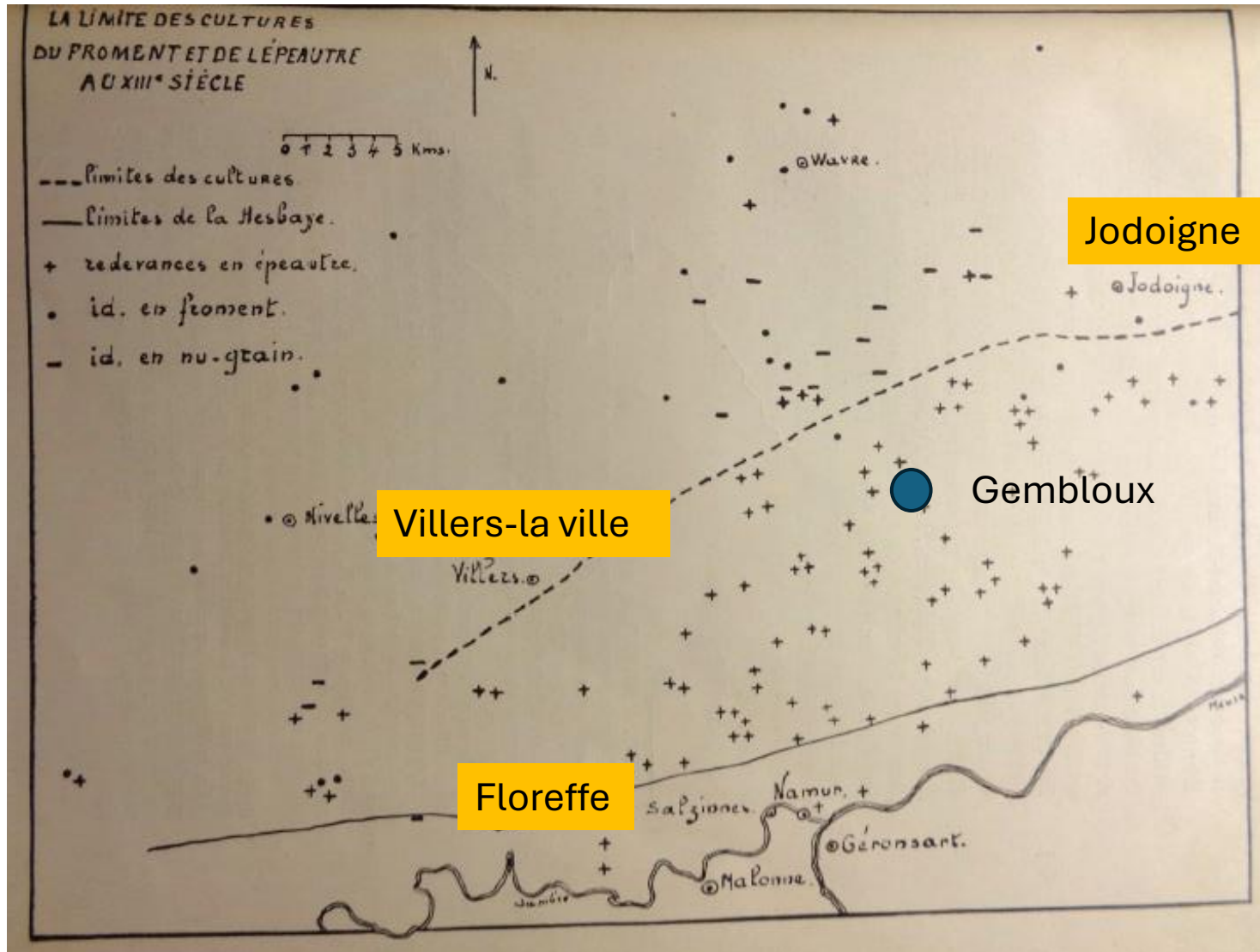


Juillet



Octobre

Le froment et l'épeautre pour la noblesse et le clergé, le seigle pour les serfs



Jusqu'à la fin du 19^{ème}, l'épeautre se maintient dans nos régions

Le petit âge glaciaire



Pierre Breughel l'Ancien. Paysage d'hiver avec patineurs et trappe à oiseaux ou «trébuchet» (1565)

Son secret : ses résistances...

Résistance au froid :

Durant l'hiver 1900-1901, 38% des froments de toute l'Allemagne ont été détruit par le froid et relabouré au printemps. Dans le même temps, seul 1% des épeautres ont été détruit (dixit Stoll)



Par rapport au froment, plus grande résistance au charbon, à la carie, aux rouilles, aux oiseaux et à la germination sur pied (Percival 1921)



La sélection allemande et les premiers croisements Blé-épeautre au 19^{ème} siècle et début 20^{ème}

Sélection des élites dans les landraces (en Allemagne, en Suisse et en Belgique)

Oberkulm Nr. 3' as Rotkorn type
Zuzgen Nr. 5' as Weißkorn type

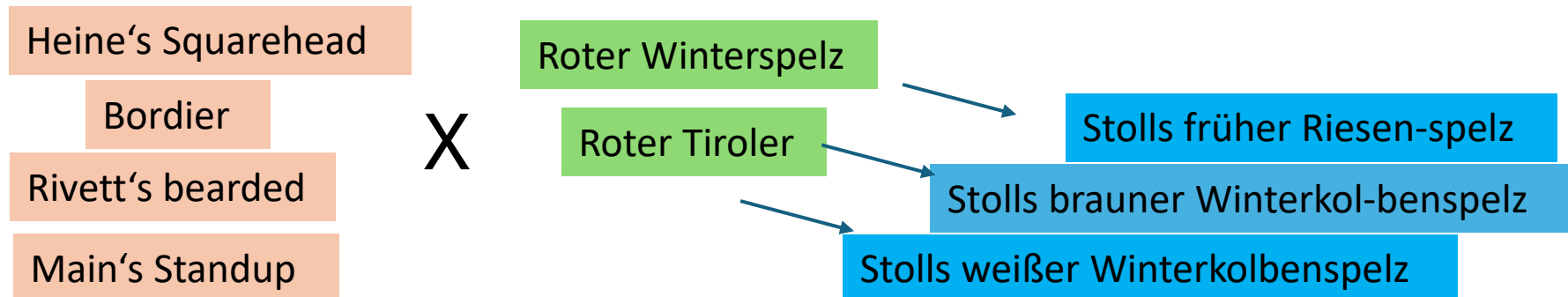
Premières description d'hybrides naturels Körnicke (1885)

Weisser sammetiger Kolbenspelz
Weisser sammetiger Grannenspelz
Roter samme-tiger Grannenspelz

Premiers croisements des épeautre avec du froment dès 1894 (Stoll 1902, Hillmann 1910, Baur 1920)

Stoll à Meckesheim : Création de 3 hybrides

Hilman à Hohenheim :
2 hybrides naturels et 1 croisement

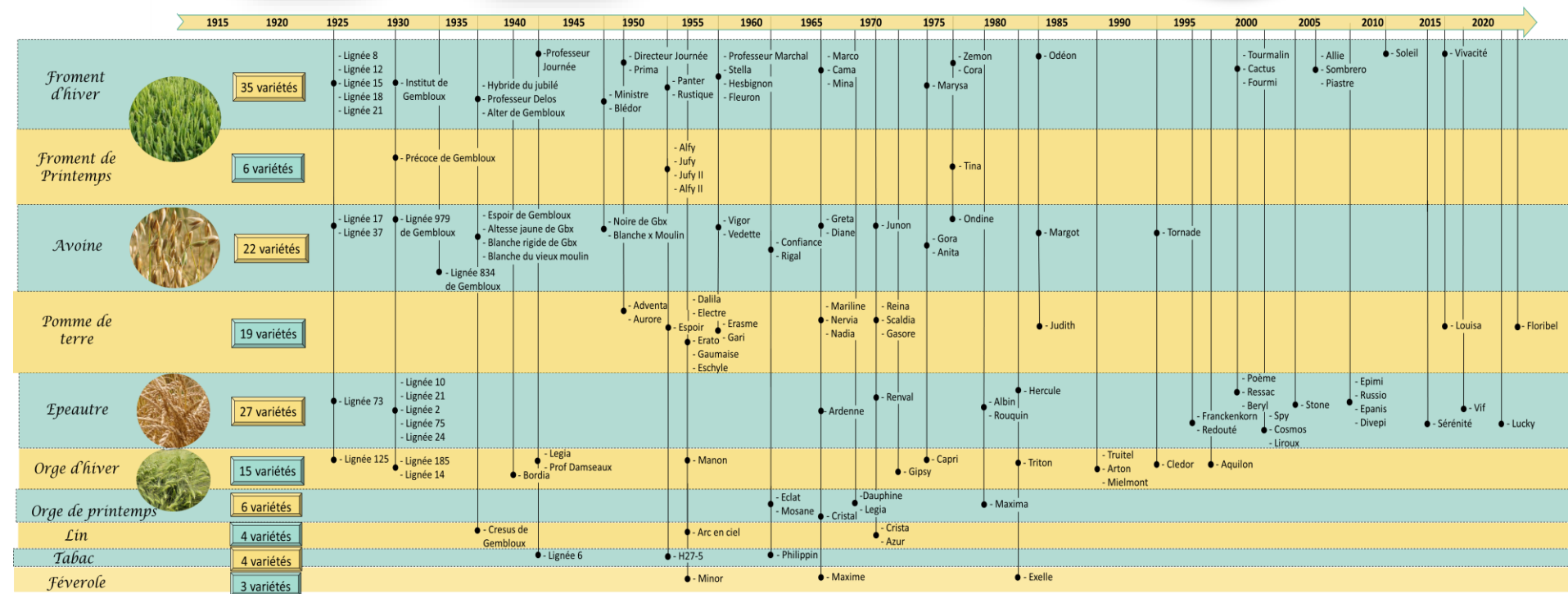
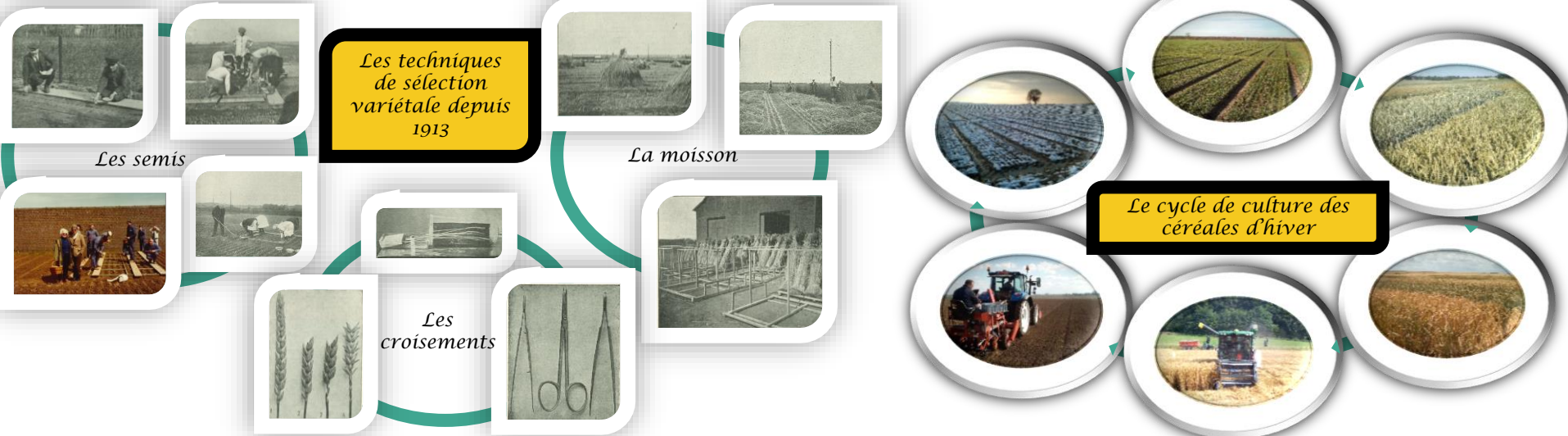


La sélection variétale à Gembloux

→ 10 cultures

→ 142 variétés

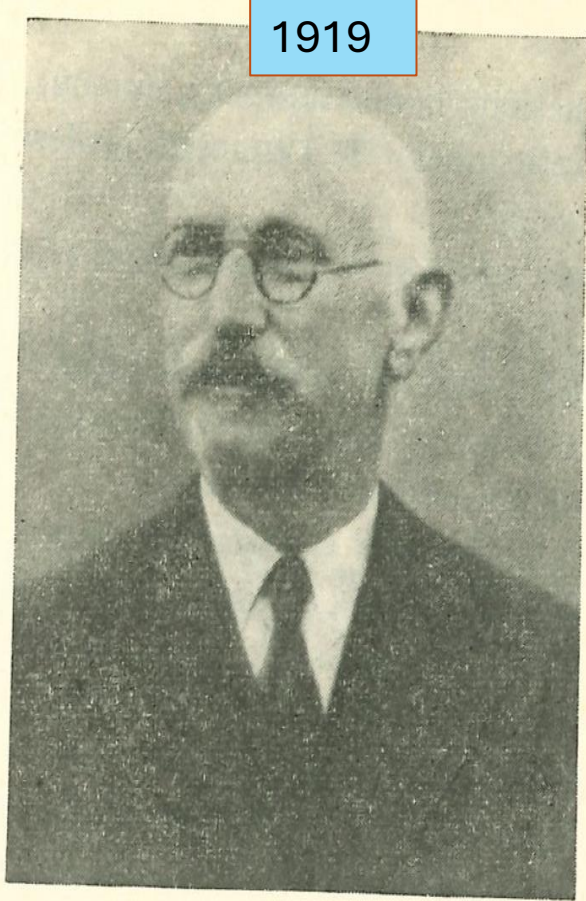
→ 110 ans



Sauvegarde de la diversité des céréales locales

3 campagnes de collecte des épeautres belges

1919



Constant Journée

151 champs

1935



Siegfried Wagner

124 champs

1948

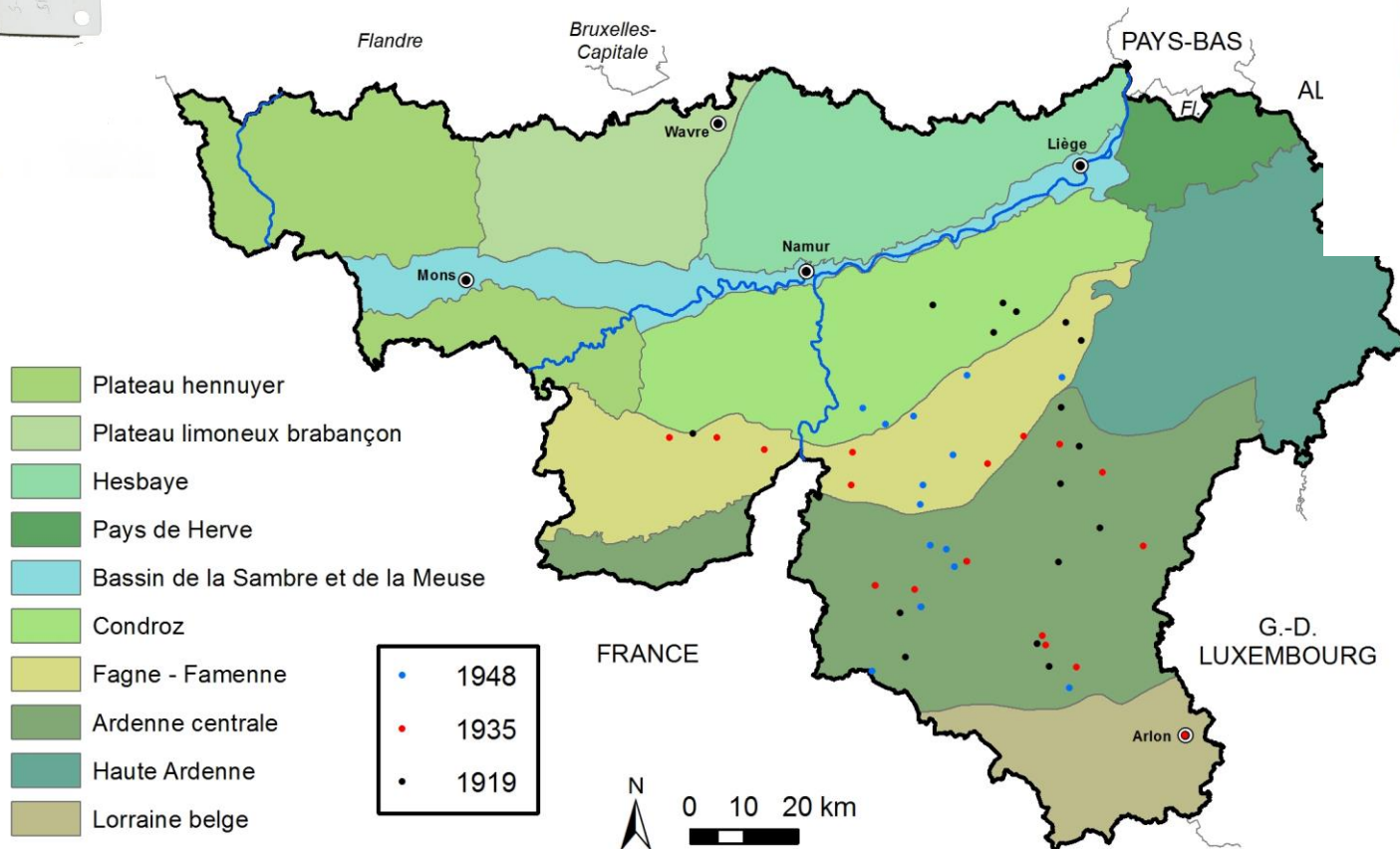


Emile Larose

298 champs

Sauvegarde de la diversité des céréales locales

3 campagnes de collecte des races locales



Conservation et évaluation au champ



Conservation sous forme de bouquets



Diversité des races locales

Type	Aristation	Glumes	
Arduini	Bearded	White	Glabrous
Albovelutinum	Bearded	White	Pubescent
Vulpinum	Bearded	Red	Glabrous
Rubrovelutinum	Bearded	Red	Pubescent
Schenkii	Bearded	Grey-blue	Glabrous
Coeruleum	Bearded	Blue-black	Pubescent
Album	Beardless	White	Glabrous
Recens	Beardless	White	Pubescent
Duhamelianum	Beardless	Red	Glabrous
Neglectum	Beardless	Red	Pubescent
Amissum	Beardless	Grey-blue	Glabrous
Alefeldii	Beardless	Grey-blue	Pubescent



Diversité des variétés d'épeautre modernes



2022



2023



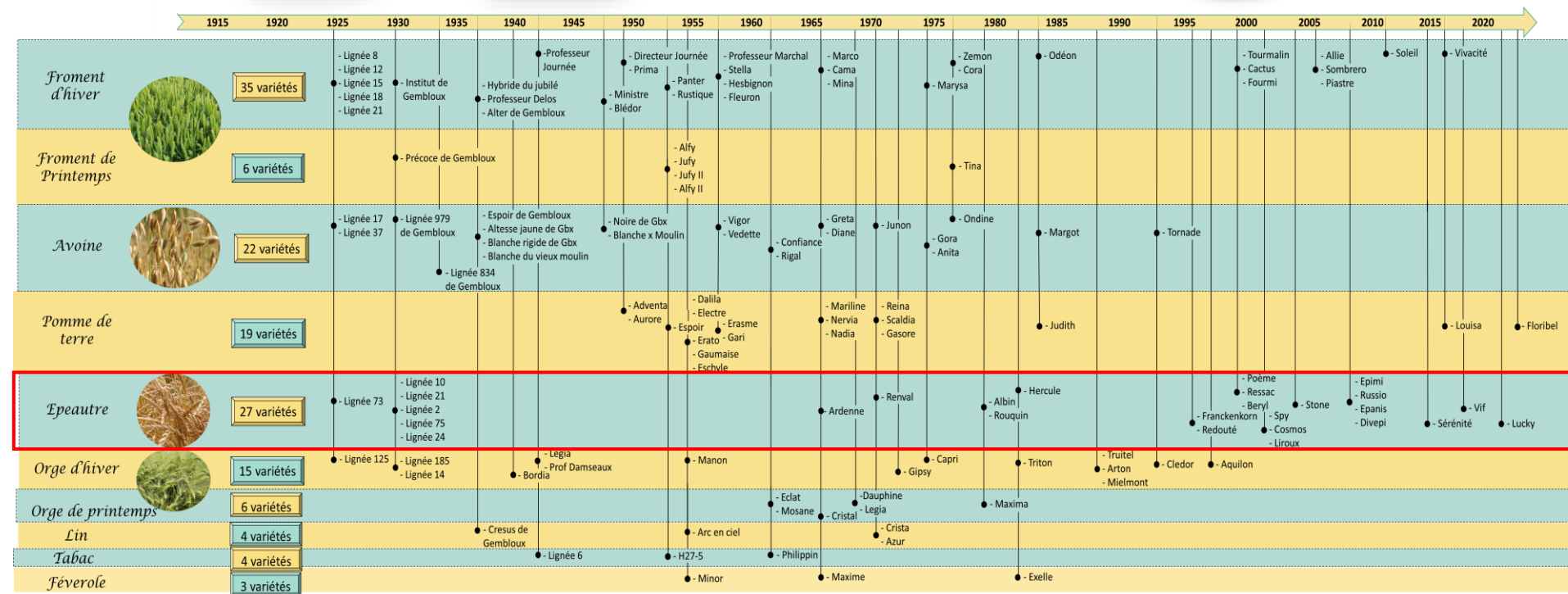
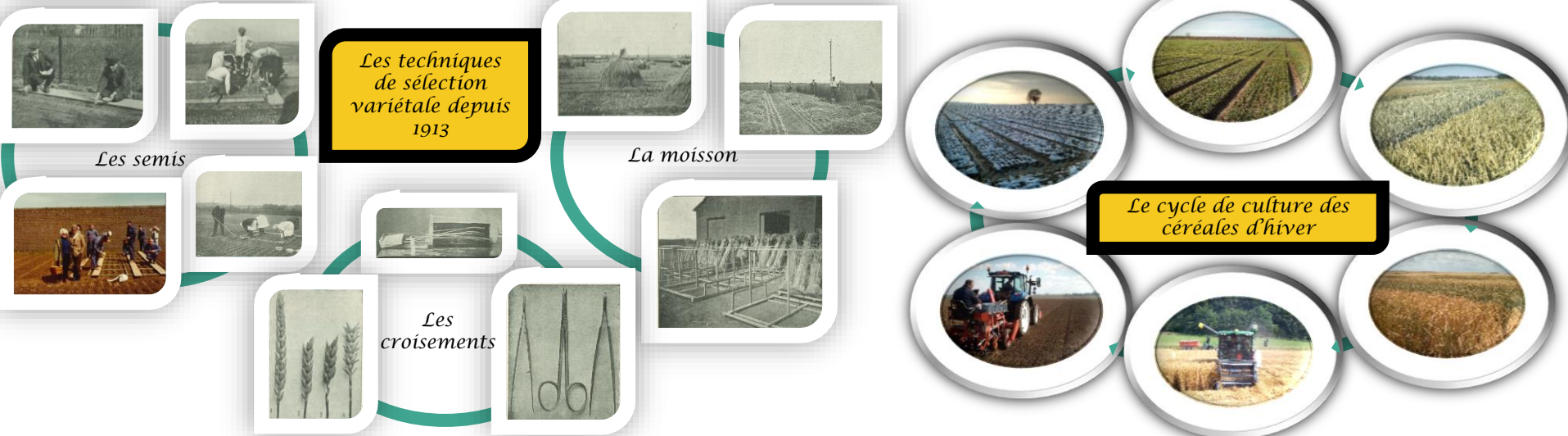
2023

La sélection variétale à Gembloux

→ 10 cultures

→ 142 variétés

→ 110 ans



RL130

Lignée 2

Lignée 24

Rechberg's Früher

Rechberg's Brauner

Altgold

4-4 (Burundi)

Wartensee

Sélection des variétés d'épeautre de Gembloux de 1950 à 2020

Abondance

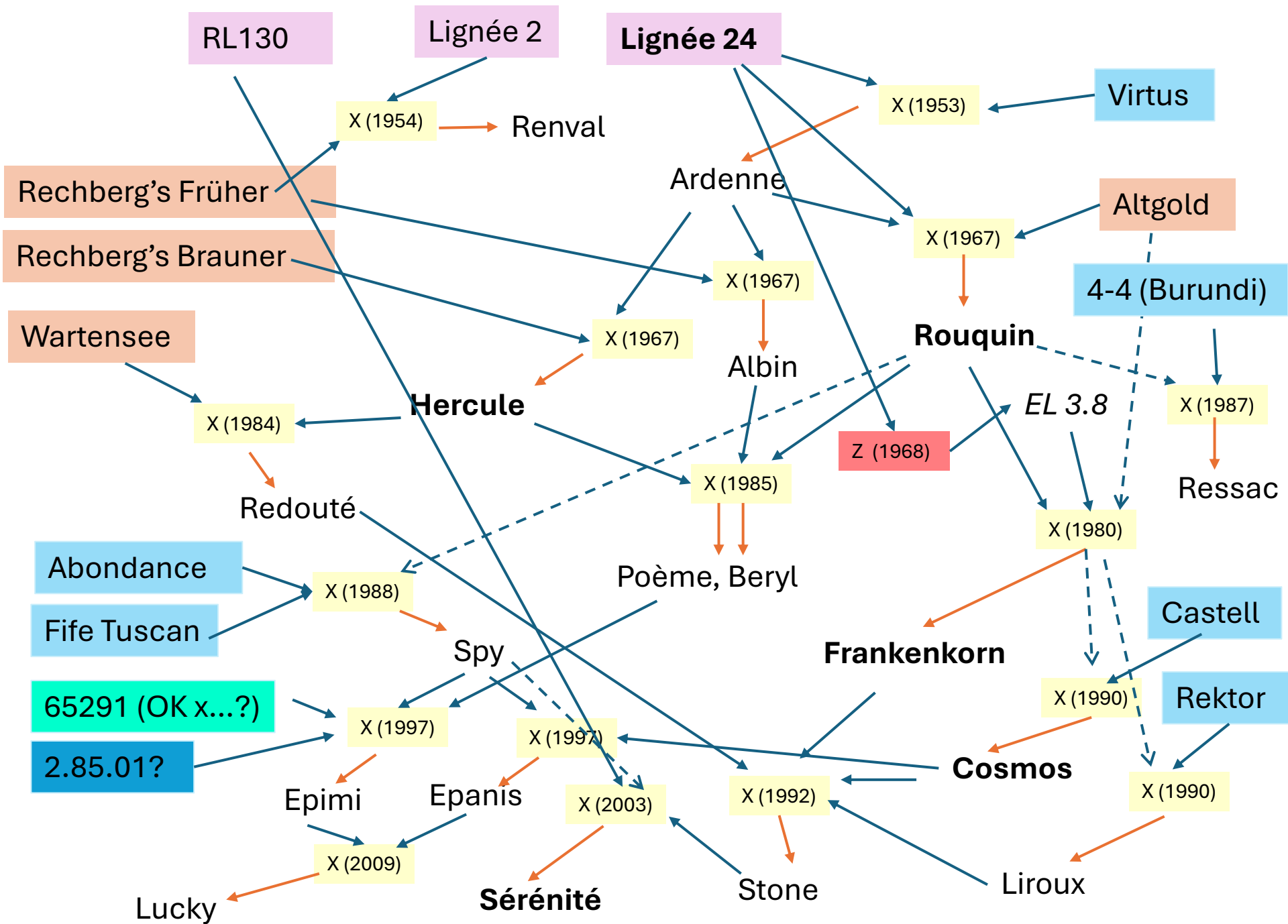
Fife Tuscan

65291 (OK x...?)

2.85.01?

Castell

Rektor



Épis droits, épis courbes



Zollernspelz



79039



Sérénité



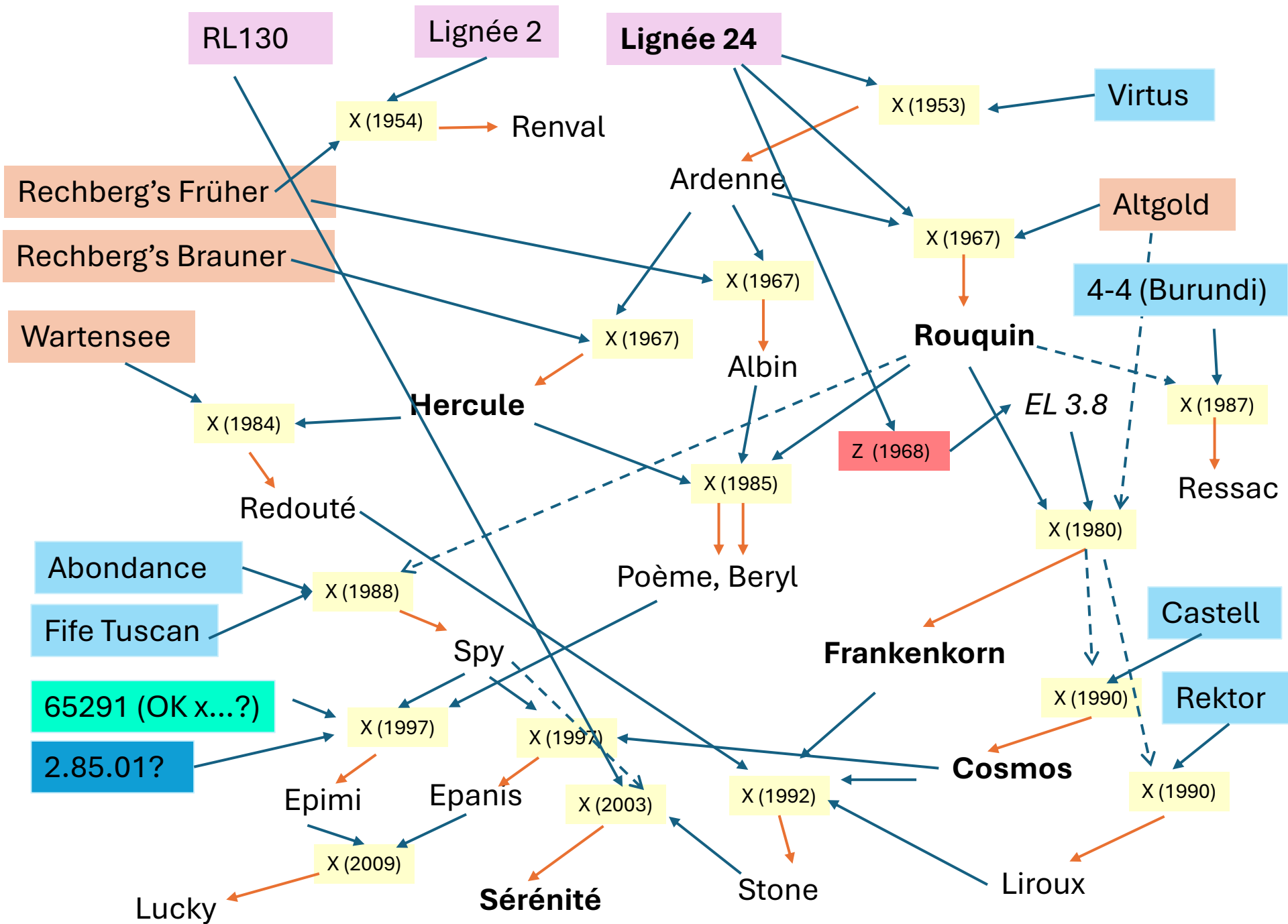
Convoitise



Cosmos



Frankenkorn



Objectifs pour le programme Epeautre

Des variétés plus précoces, plus résistantes à la verse et aux bris tout en étant capable de se passer totalement de fongicide



Objectifs pour le programme Epeautre

Diversifier les utilisations des épeautres



Objectifs pour le programme Epeautre

Rouille noire



Ergot et carie



JNO et pied chétif



Ressac

Frankenkorn

Ceralio

Cosmos

Stone

Epimi

Epanis

Spy

Poème

Badengold

RL 130.1

RL 47

Sélection des variétés d'épeautre de Gembloux de 2010 à 2030

RL 136

Ostar

Zollernspelz

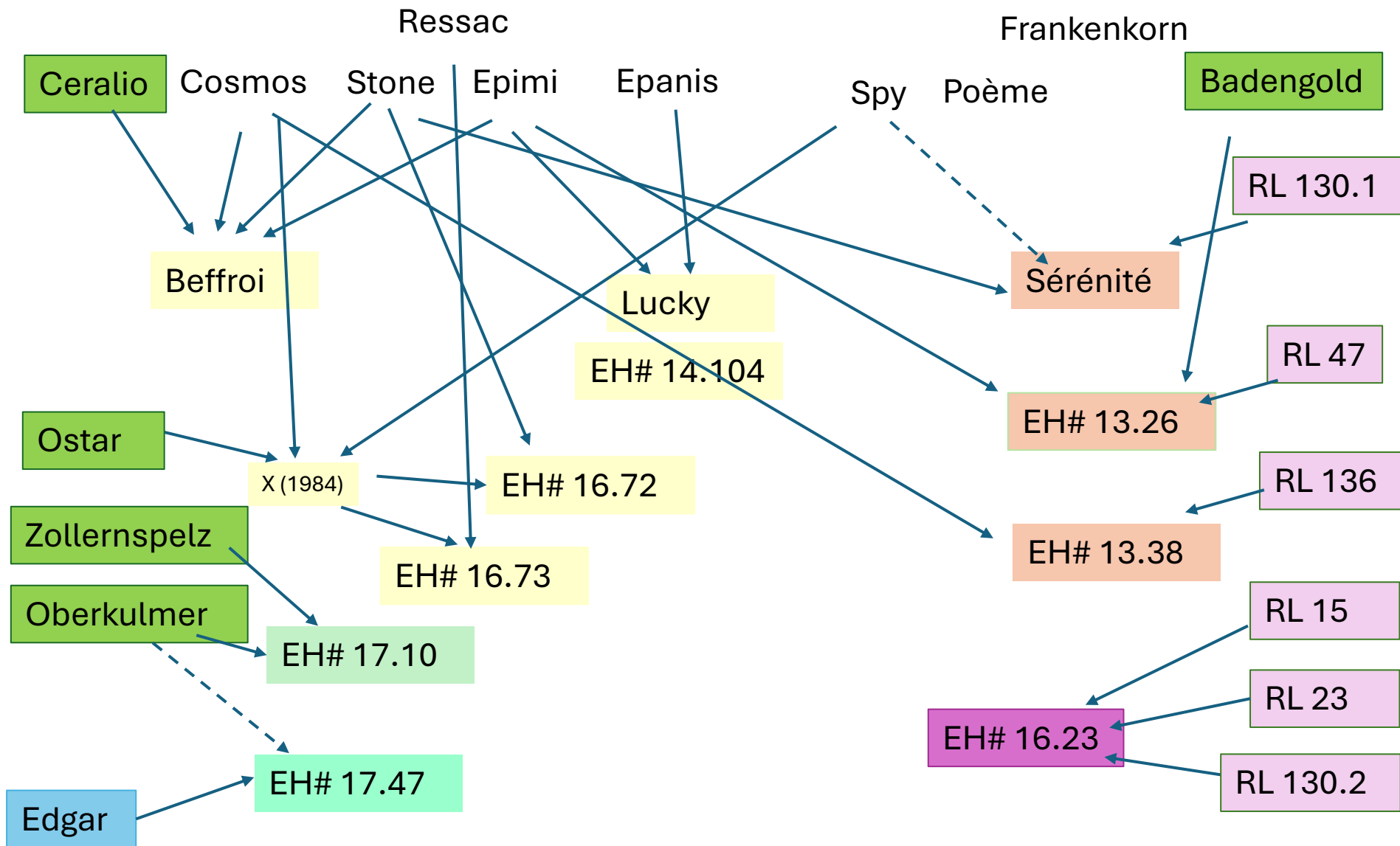
Oberkulmer

RL 15

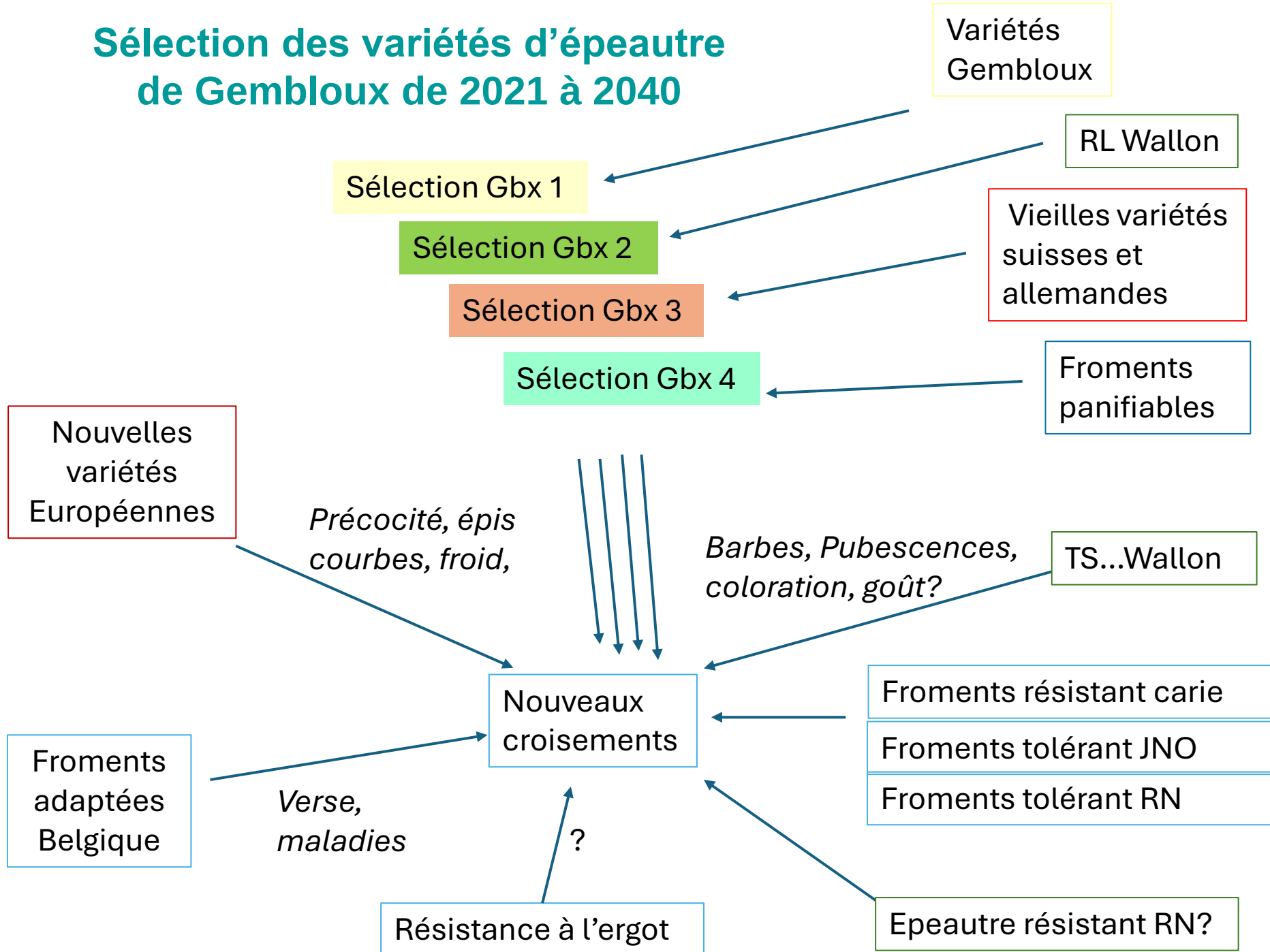
RL 23

RL 130.2

Edgar



Sélection des variétés d'épeautre de Gembloux de 2021 à 2040



A wide-angle photograph of a golden wheat field in the foreground, with a small village and trees in the distance under a cloudy sky. The text "Merci beaucoup pour votre attention" is overlaid on a yellow rectangular background in the center of the image.

Merci beaucoup pour
votre attention