

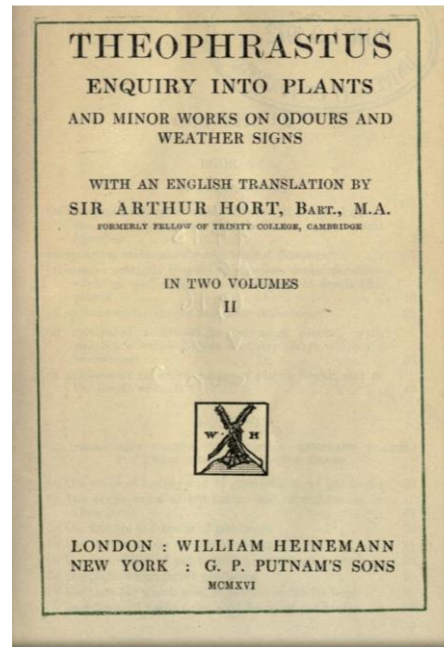
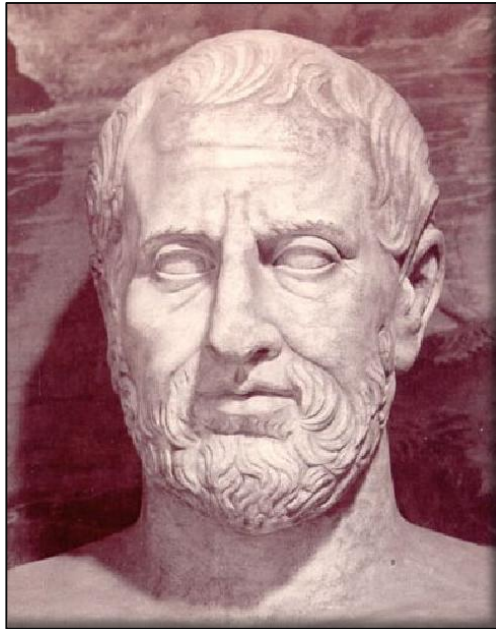
Etat vitreux des graines et survie à l'état sec

Prof. Olivier Leprince
Institut Agro - Agrocampus Ouest
Institut de Recherche en Horticulture et Semences
olivier.leprince@agrocampus-ouest.fr

L'importance de la conservation des graines est connue dès l'Antiquité

Tyrtamos (Theophraste) de Lesbos, -370 BC

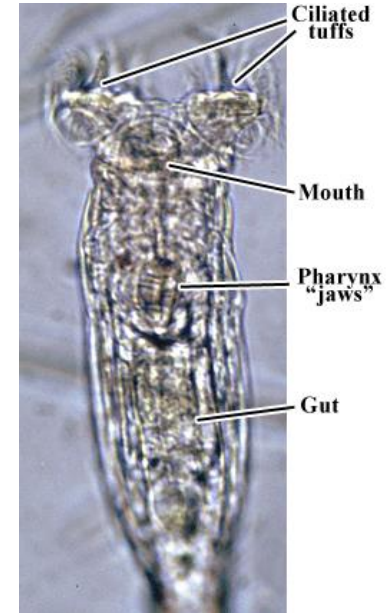
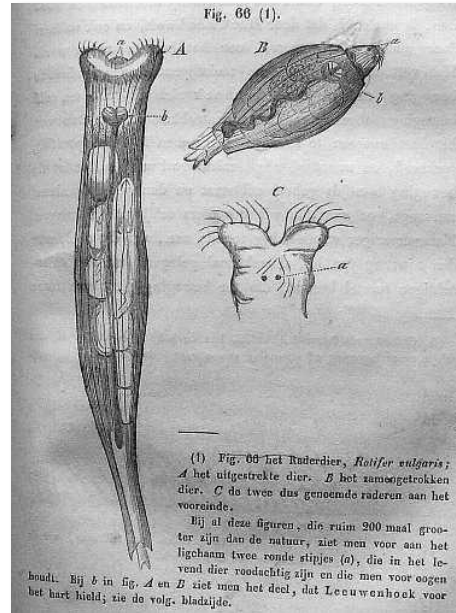
« La Cause des plantes »



Sur l'âge duquel les graines sont semées

[...] ⁴ Pour la propagation et le semis, les graines âgées d'un an sont les meilleures, ⁵ celles âgées de 2 à 3 ans sont inférieures. Quant à celles gardées plus longtemps, elles sont infertiles quoique toujours utiles comme source de nourriture. [...] Chaque type a une durée de vie définie au regard de la reproduction. Cependant ces graines diffèrent aussi dans cette capacité selon l'endroit où elles sont engrangées. Par exemple, dans la ville de Petra en Capadoce, les graines restent fertiles pendant 40 ans. [...] parce dans cette région, l'endroit est surélevé et exposé à des vents forts

1702: Van Leewenhoek: le père de l'anhydrobiose

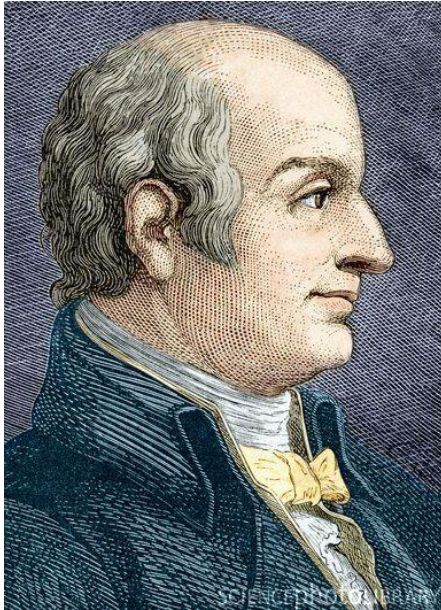


Keilin (1959) Proc. R. Soc. Lond. 150, 149-191;

Tunnacliffe & Lapinski (2003) Phil. Trans. R. Soc. London 358, 1755-1771

L. Spallanzani (1776) : la survie à l'état sec n'est pas fortuite

Lazzaro Spallanzani

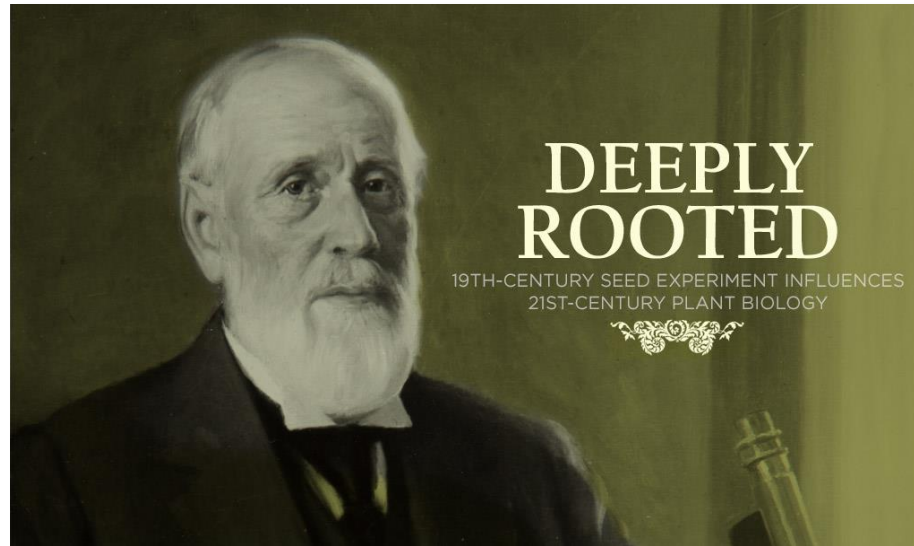


Opuscoli fisica animale i vegetabile



- Les rotifères ne meurent pas si on les sèchent lentement
- Peuvent se conserver à l'état sec
- Pas de métabolisme à l'état sec
- Une réhydratation à l'eau tiède est préférable que l'eau froide pour la survie à l'état sec

1879: William J Beal, un botaniste visionnaire



Seed Science Research

20 bouteilles scellées contenant des graines d'espèce sauvages sont scellées

Résultats de l'expérience de Beal



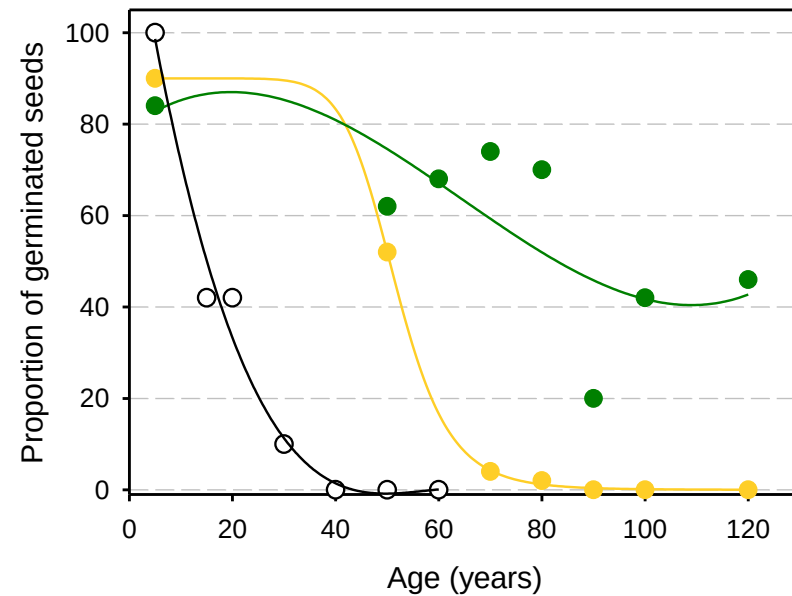
Verbascum sp ●



Lepidium virginicum ●



Capsella bursa-pastoris ○



Telewski and Zeevaart (2002) Amer. J. Bot. 80: 1285-1288

1900: les graines sont inertes à l'état sec et tolèrent des conditions extrêmes

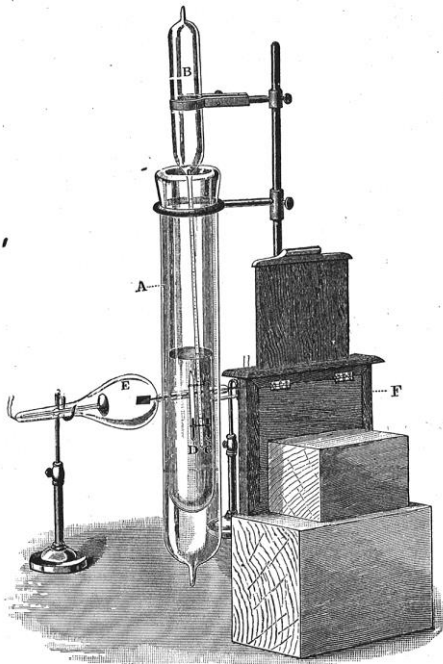


FIG. 2.

- C. de Candolle (1893) *Sur la vie latente des graines*. Seeds survived 118 days at -53°C
- Brown and Escobe (1897), Low temperature on the germinative power of seeds.

As it is inconceivable that the maintenance of “potential vitality” in seeds during the exposure of more than 100 hours to a temperature of -180° to -190° C. can be in any way conditioned by, or correlated with, even the feeblest continuance of metabolic activity, it becomes difficult to see why there should be any time limit to the perfect stability of protoplasm when once it has attained the resting state, provided the low temperature is maintained; in other words an

Système de compression de l'air par Sir James Dewar (ca. 1895)

Mission Expose : les graines survivent les conditions spatiales à 400 km de la Terre



Fig. 1. EXPOSE and SEEDS on the Columbus module of the ISS (Photo courtesy NASA). EXPOSE (small red box) is on the EuTEF platform. SEEDS is covered by a protective shutter (closed in this photo, taken prior to

1925: Invention de la banque de semences pour conserver la biodiversité et sauver la faim dans le monde

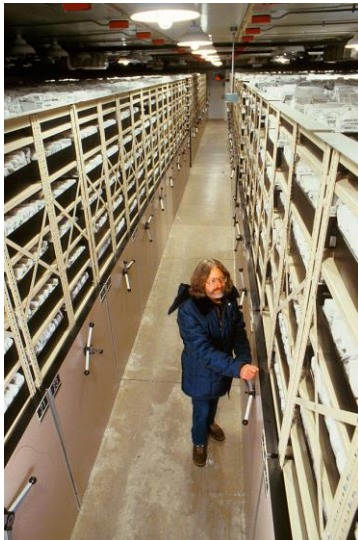


Nicolai Vavilov
1887-1943



Institut à St. Petersburg

L'après-guerre: mise en place de réseaux de banque de semences



Banque de semences, USDA
Fort Collins, Colorado, USA

1950-1960 : creation de banques de semences partout dans le monde
1970-1980 : Mise en place de IBPGR, édition de première règles de conservation, tentative d'homogénéisation des conditions partout dans le monde (Frigo ou -18°C).

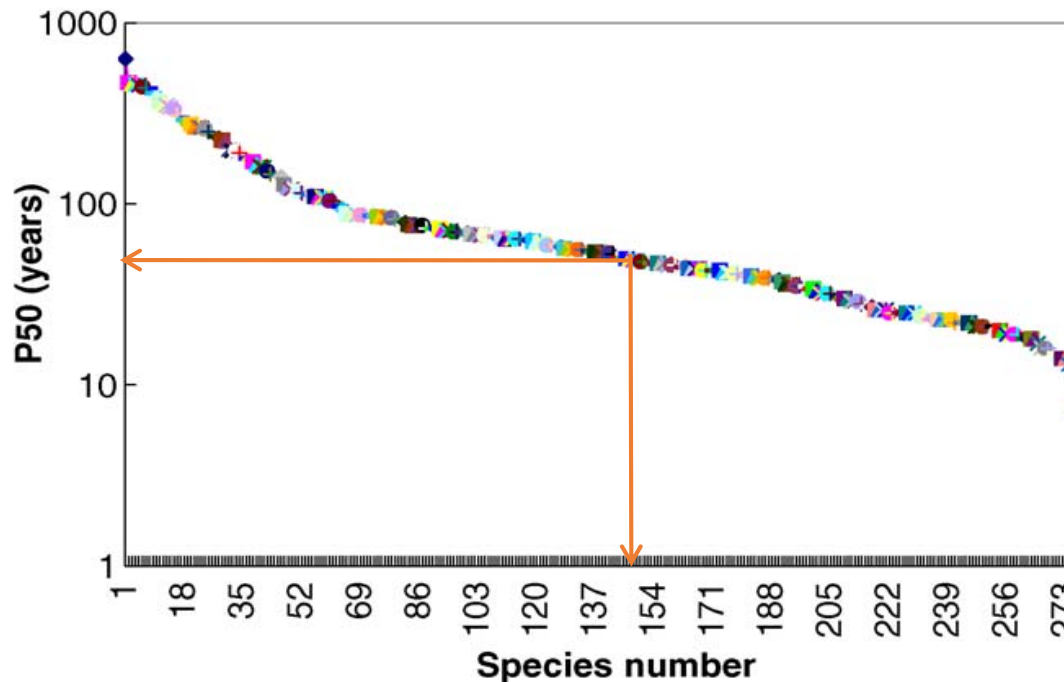
1985-1995 : Prédiction de la longévité selon les conditions de stockage, avènement de l'état vitreux dans les graines

2010: premiers retours sur la gestion des collections



Millenium Seed bank,
Royal Botanic Gardens, Kew
Sussex, UK

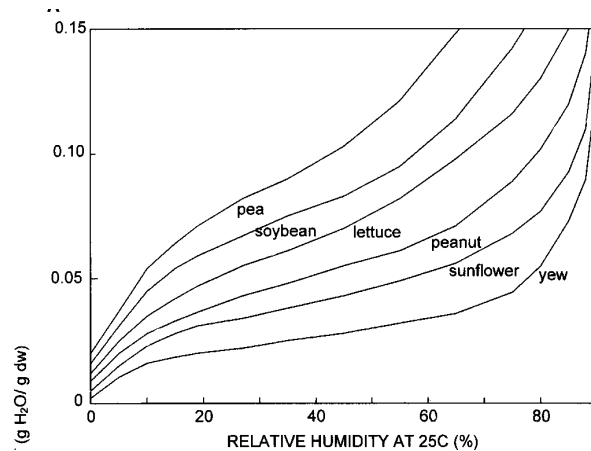
Les leçons de près de 50 ans de conservation



Pour 50% des espèces conservées, la durée de vie des graines n'est pas plus longue que le temps d'une génération humaine

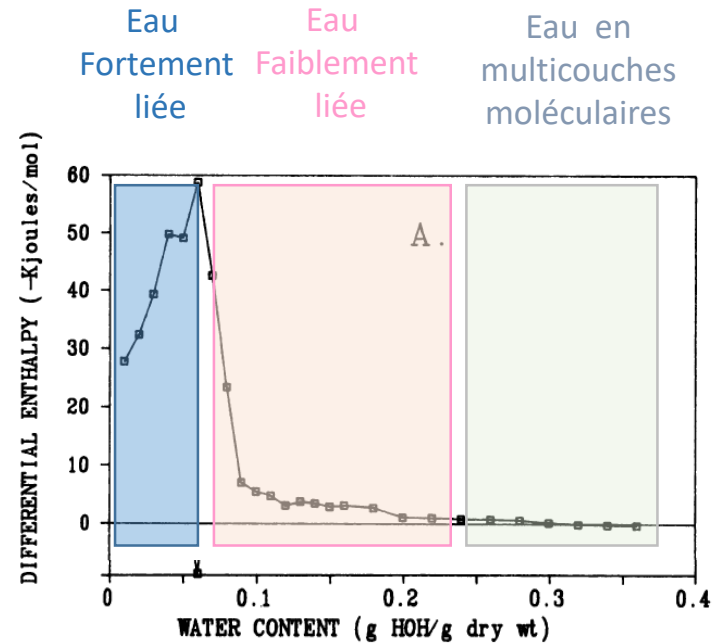
Li and Pritchard (2009) The science and economics of plant ex situ conservation, Trends in Plant Sciences 14 : 614-621

De Spallanzani à C. Walters Vertucci (1987): la vie latente est gouvernée par les propriétés physico-chimiques de l'eau



Crops	Lipid content	Onset of respiration		Moisture level below which effect of ΔH_{sovp} on reaction rates is negligible	
		MC	RH	MC	RH
	% ^a	g/g ^b	%	g/g	%
Sunflower	58	0.17	92	0.034	28
Peanut	45	0.19	92	0.043	25
Lettuce	37	0.21	91	0.055	29
Soybean	20	0.24	91	0.067	28
Pea	2	0.27	90	0.085	28
R ^{2c}		0.997		0.992	

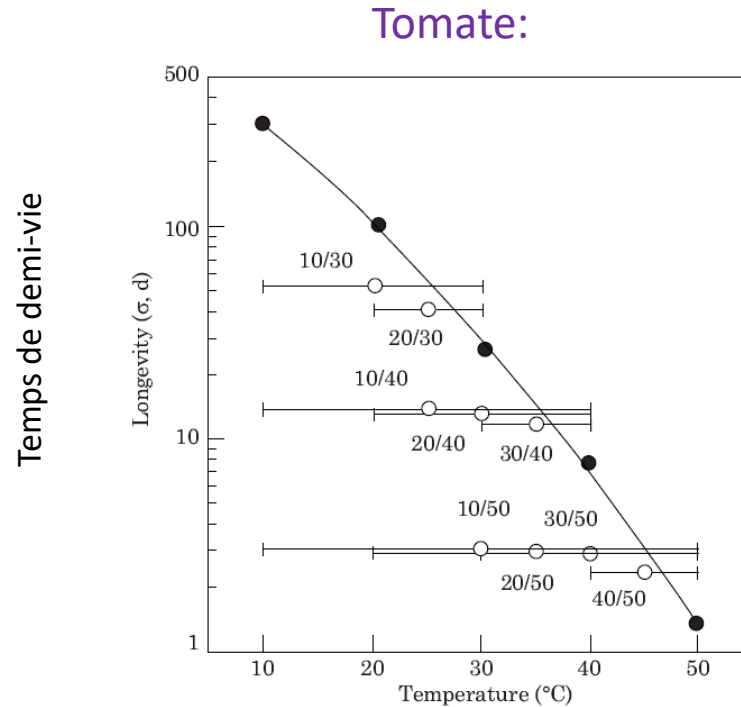
^a Lipid content expressed as % dry weight. ^b Moisture content as g H₂O/g dry wt. ^c R² is correl



Vertucci and Leopold (1990), Theoretical basis of protocols for seed storage. Plant Physiology 90 1019-1023

Vertucci et al. (1993) Theoretical basis of protocols for seed storage II. The influence of temperature on optimal moisture levels. Seed Science Research 3, 201-213

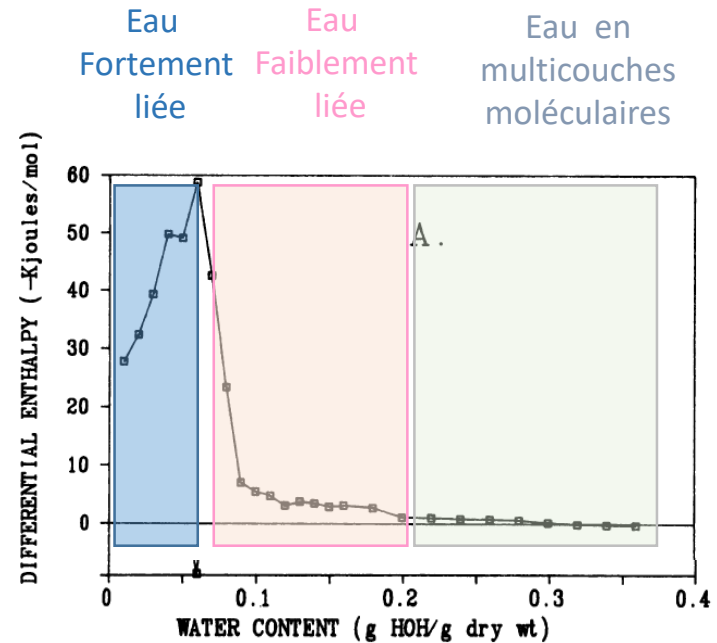
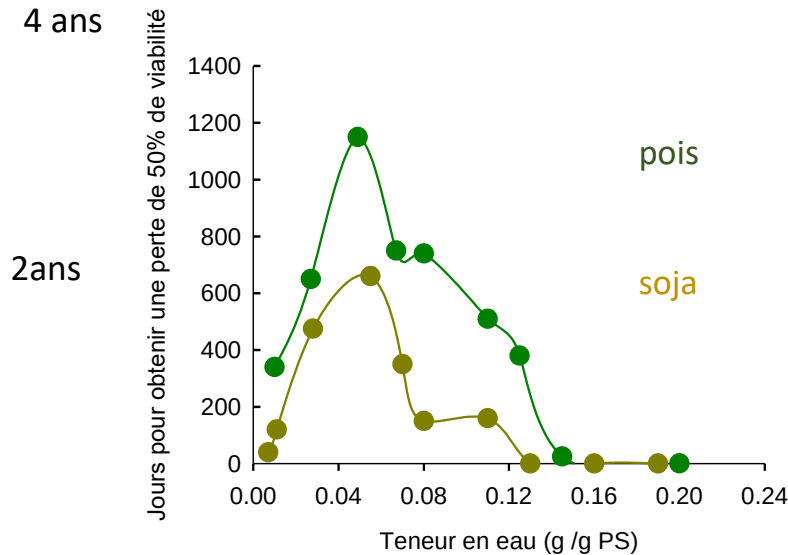
Les graines se conservent plus longtemps au froid



Hung et al. (2001) Constant, Fluctuating and Effective Temperature and Seed Longevity: a Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Exemplar. *Annals of Botany*, 88: 465-470

Il existe un optimum de teneur en eau pour la conservation

Température stockage 35°C



Ballesteros and Walters (2019) Solid-State Biology and Seed Longevity: A Mechanical Analysis of Glasses in Pea and Soybean Embryonic Axes. *Frontiers in Plant Science*, July 16

Le concept d'état vitreux dans la vie quotidienne

Senlis

Création de la Maison Larnicol



SiO_2



Sucre (79%), sirop de glucose, eau,.....

g



Liquide
ressemblant
à des solides



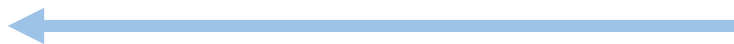
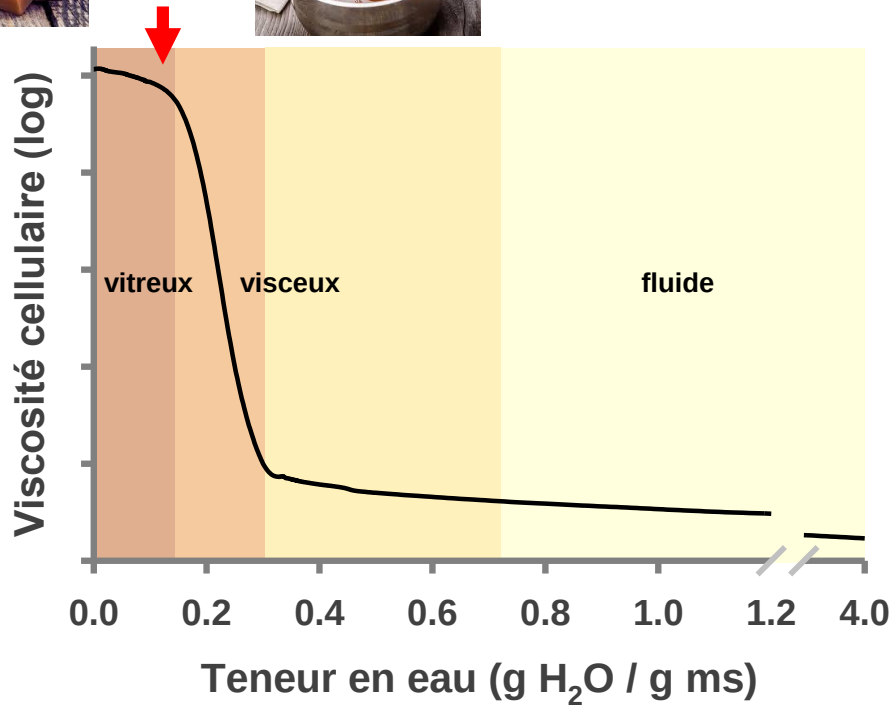
Quartz



Sucre cristallisé

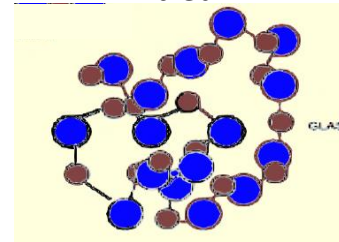
Cristaux
solides

Formation d'un état vitreux dans les graines

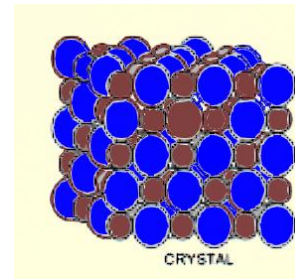


Buitink & Leprince (2004) Cryobiology 48(3):215-28

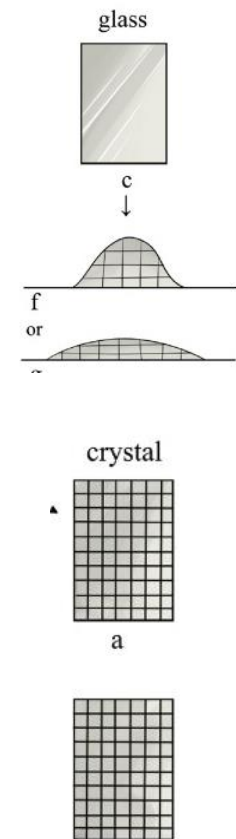
Vitreux



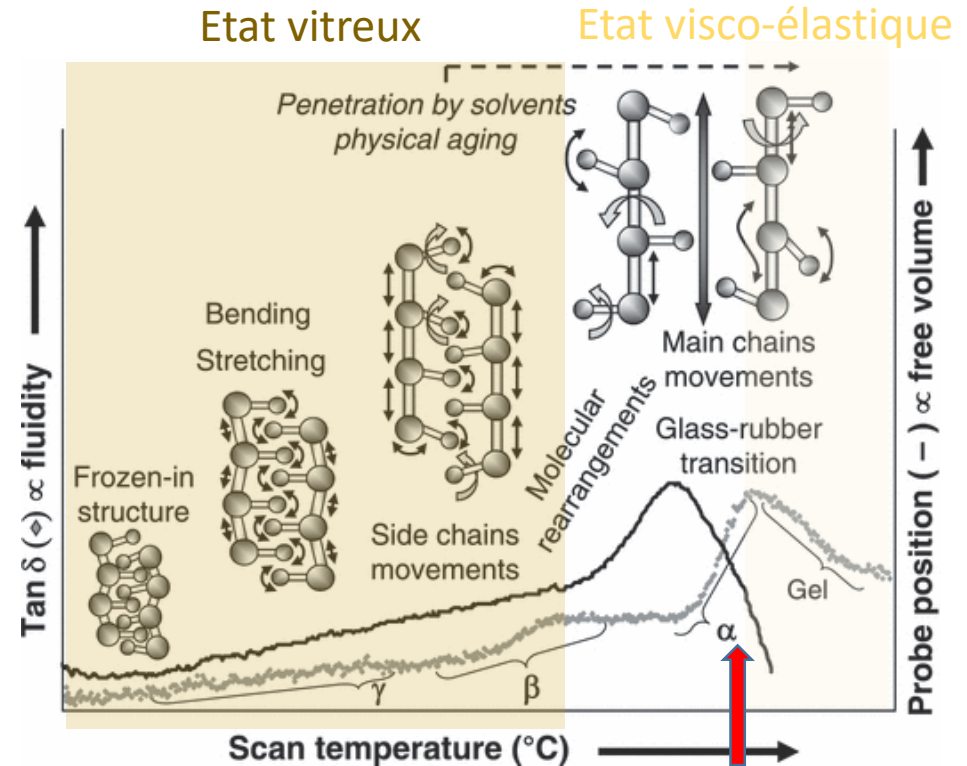
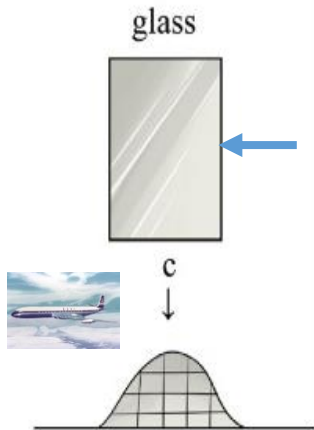
Phase liquide,
amorphe
viscosité 10^{-14} m/s
métastable



Phase solide,
Ordonné
No viscosity



Formation d'un état vitreux dans les graines



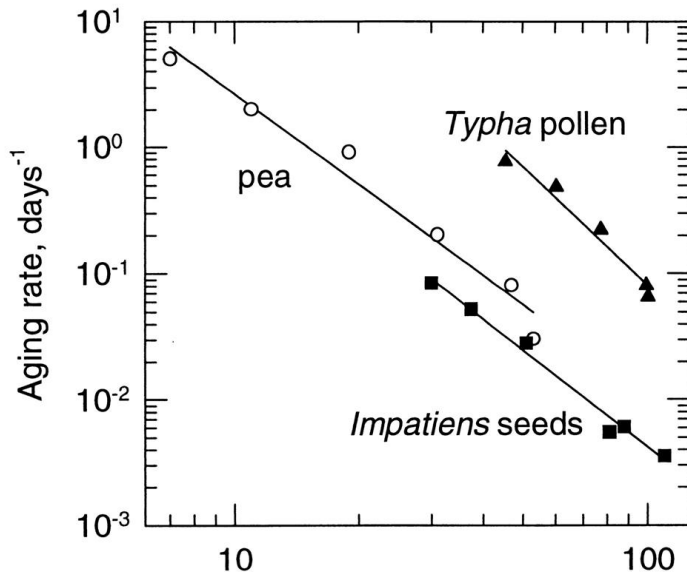
Propriétés de l'état vitreux: fort ralentissement des mouvements moléculaires



- 1) Le trafic est bloqué
- 2) Auto 1 peut avancer de quelques metres
- 3) Mais sera stopée par la voiture devant

Propriétés de l'état vitreux: fort ralentissement des mouvements moléculaires

Vitesse de vieillissement



Mouvement de rotation moléculaire
à l'échelle du Glucose, μs)

Formation état vitreux
↓
Mouv moléculaire très fortement ralenti
Eau restante adopte des propriétés différentes

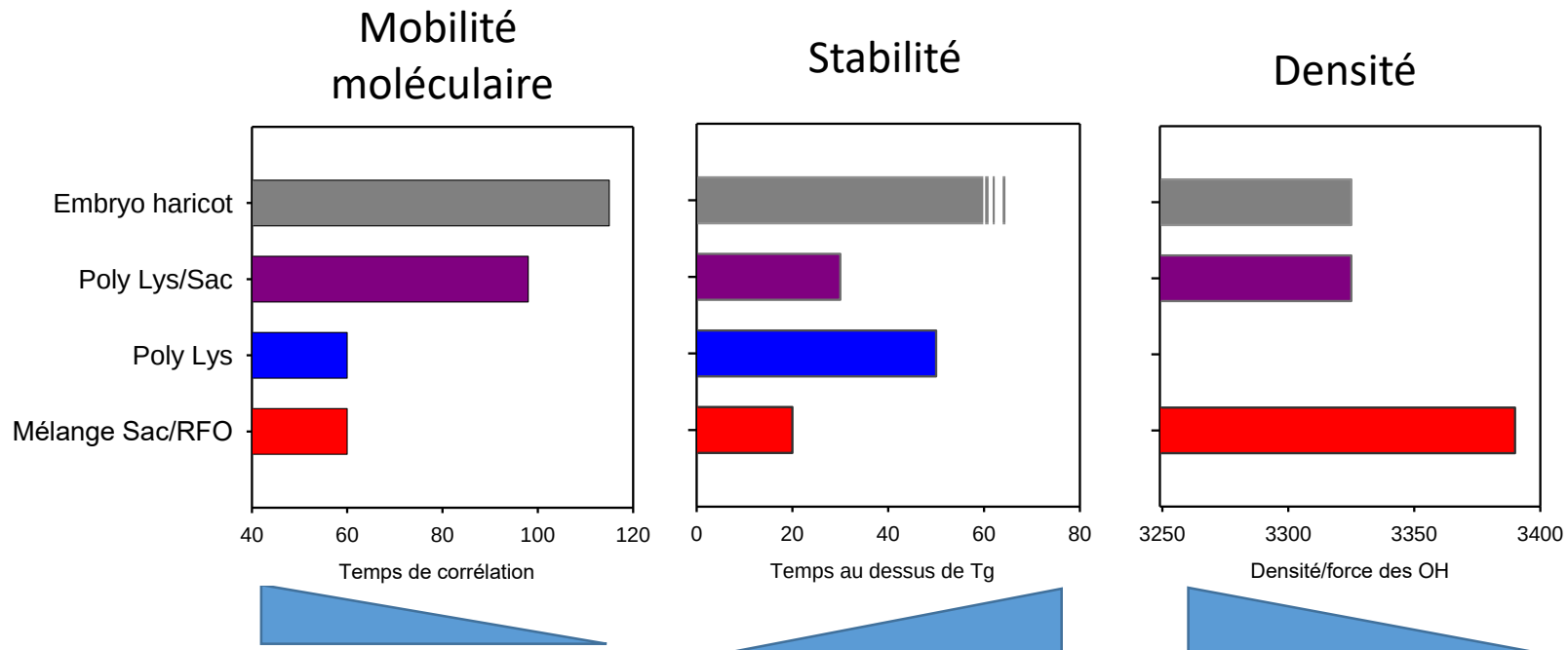
Réactions de
dégradation
inhibées ou très
fortement ralenties

Etat
amétabolique

Nouvelle
propriétés
physico-chimique
de la graine
(dure,
hygroscopiques)

Buitink et al. (2000) Molecular mobility in the cytoplasm: An approach to describe and predict lifespan of dry germplasm. Proc Natl Acad Sci USA 97 : 2385-2390

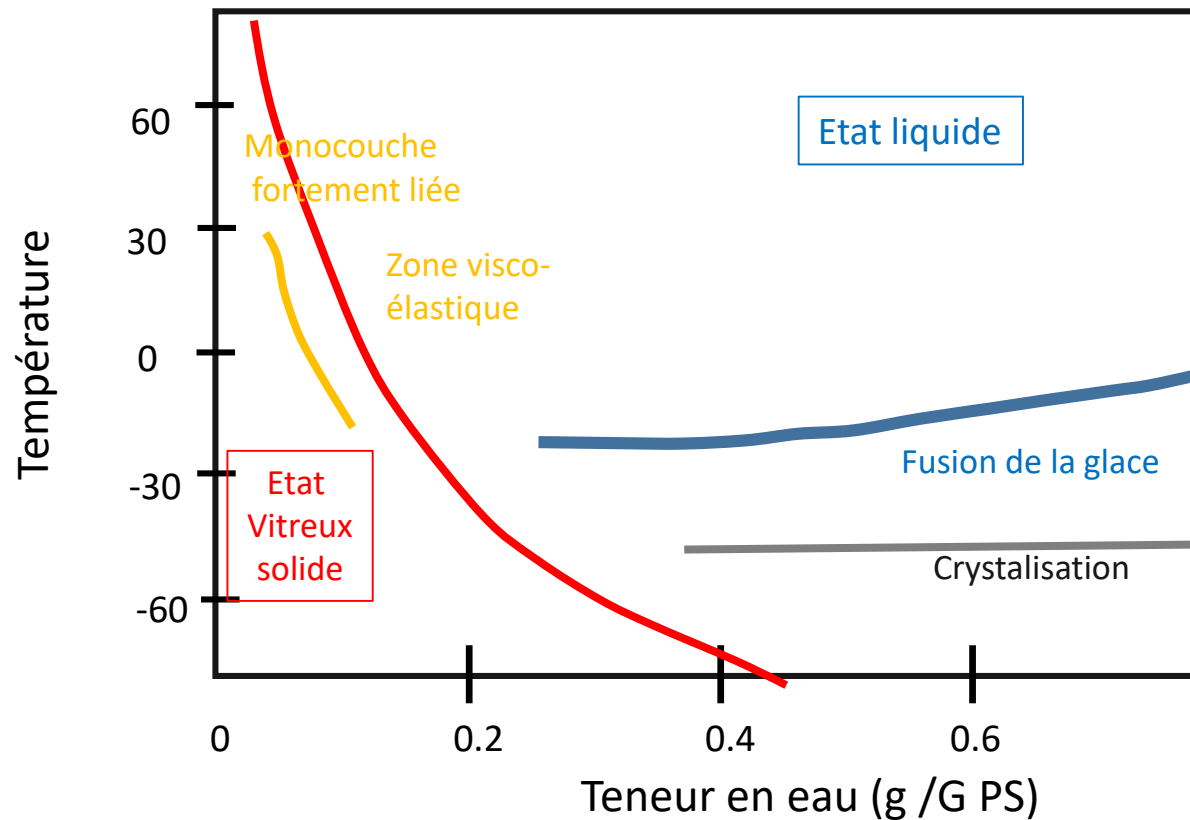
Composition de l'état vitreux cytoplasmique: sucres, protéines hydrophiles et



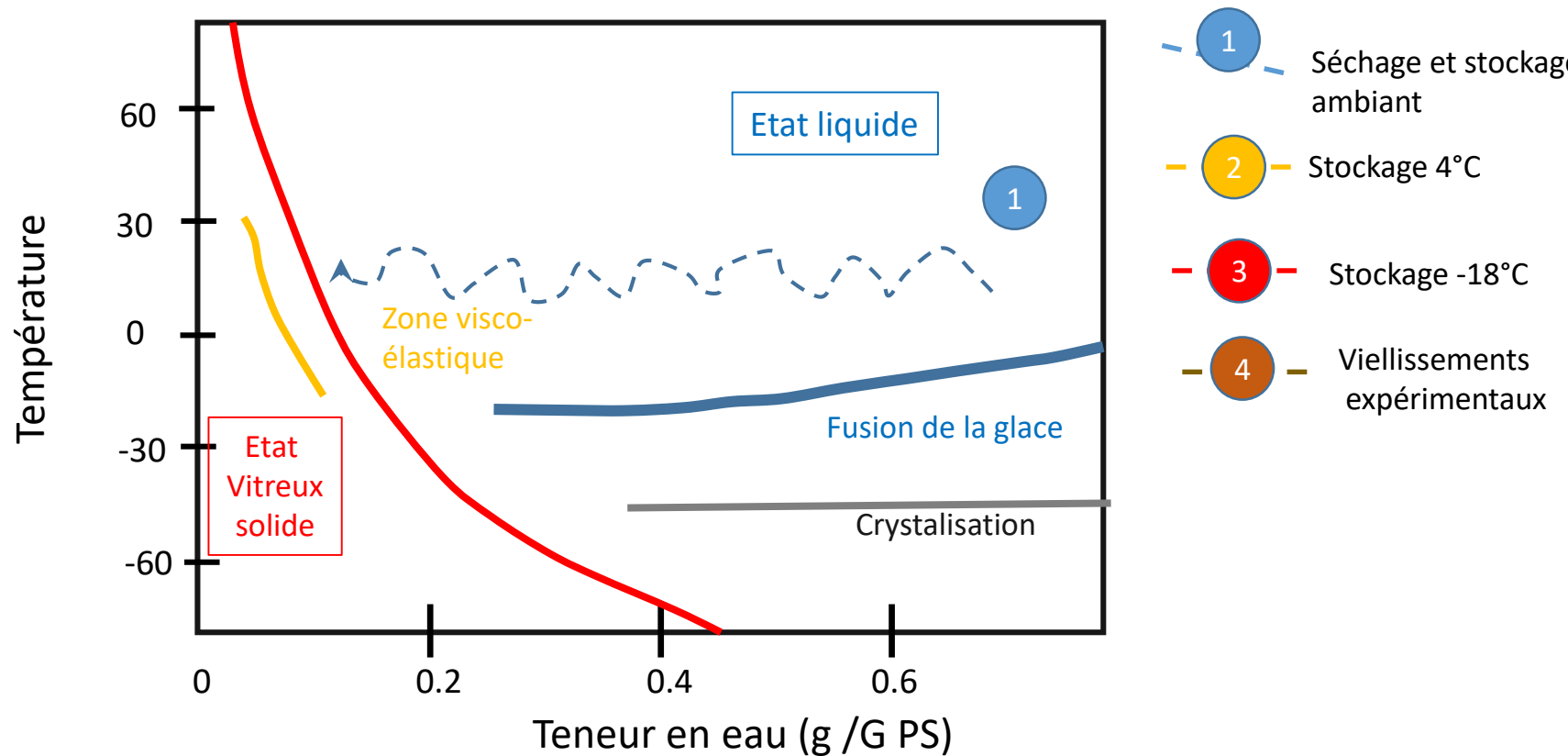
Buitink et al. (2000) High critical temperature above T_g may contribute to the stability of biological systems
Biophysical Journal 79 : 1119-1128

Le cadre conceptuel de l'état vitreux

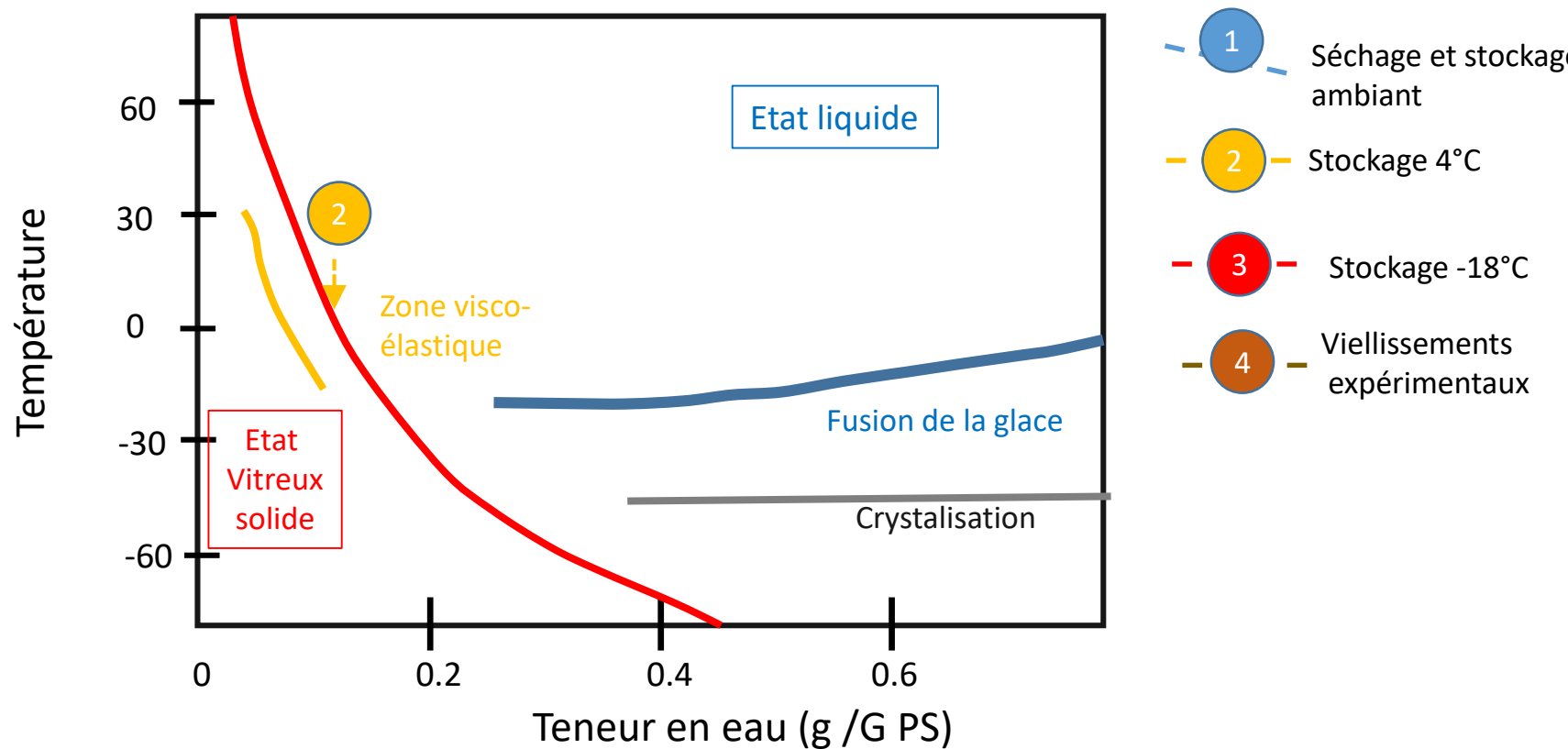
Diagramme d'état de phase prédit la relation entre structure et propriétés de l'eau dans le système



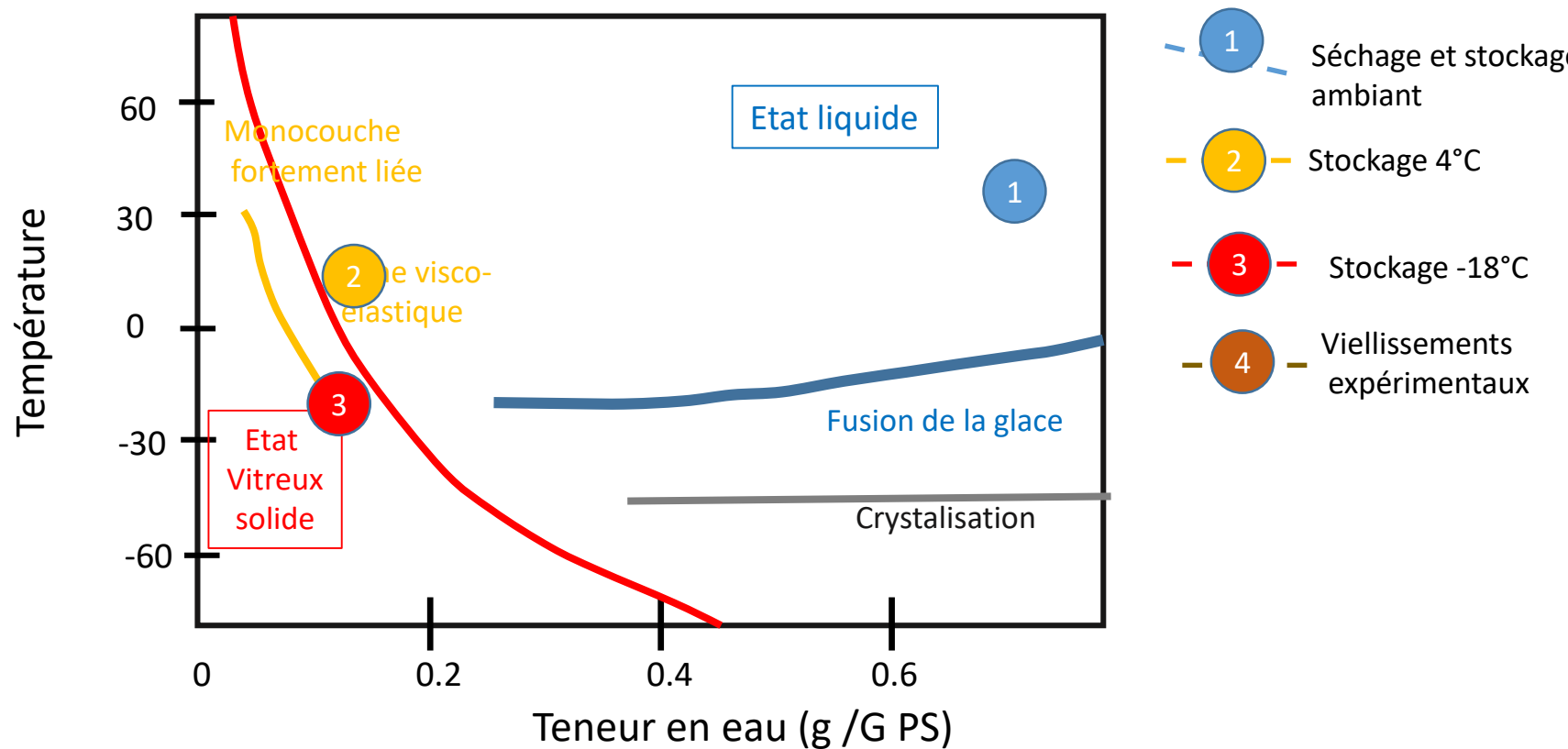
Le cadre conceptuel de l'état vitreux



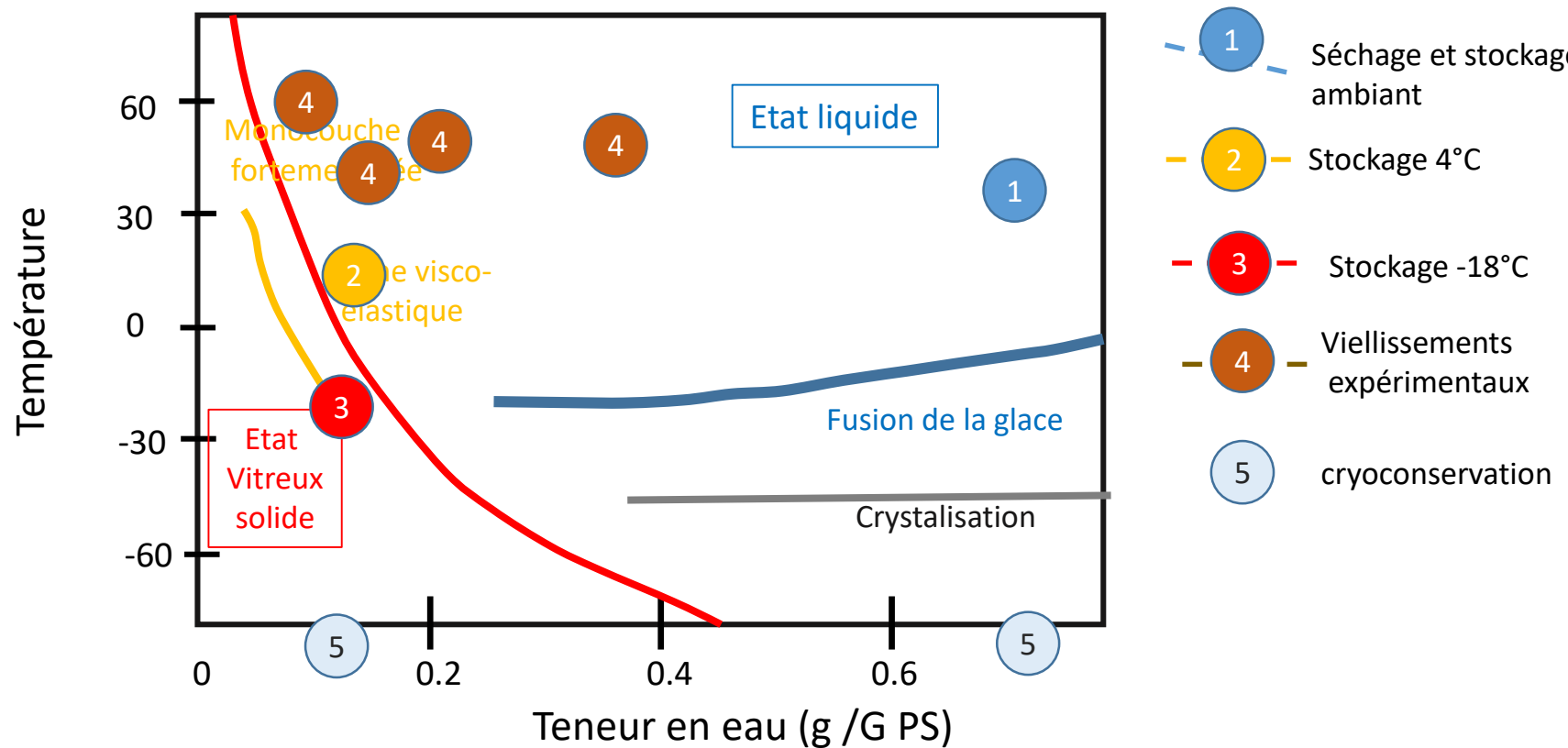
Le cadre conceptuel de l'état vitreux



Le cadre conceptuel de l'état vitreux



Le cadre conceptuel de l'état vitreux



Merci pour votre attention

Financements:

