

#### I – Introduction

- Le fait de pouvoir protéger l'Homme et l'environnement tout le temps que les déchets resteront dangereux, pendant plusieurs milliers d'années, repose sur la solution choisie par la France entre autres existant le stockage en formation géologique profonde, le choix du milieu Géologique (Projet cigéo) est primordial. Le projet CIGEO propose un stockage en formation argileuse.
- La couche argileuse du Callovo-Oxfordien, (faible perméabilité, capacité de rétention...), est le pilier du stockage qui présente des propriétés remarquables : **une très faible perméabilité** avec une très bonne capacité à retenir les éléments radioactifs, L'objectif est de Retarder et atténuer la migration des radionucléides vers la biosphère.
- Afin de garantir les caractéristiques du milieu géologique nécessaires aux besoins de la sûreté après fermeture, le critère de température maximale à respecter est de **90°C** au niveau de l'argileux.

➤ Dans le cadre d'entreposage des déchets HA, (exothermique), Est ce que la perméabilité de la cox sera impacté par la puissance thermique dégagée ??

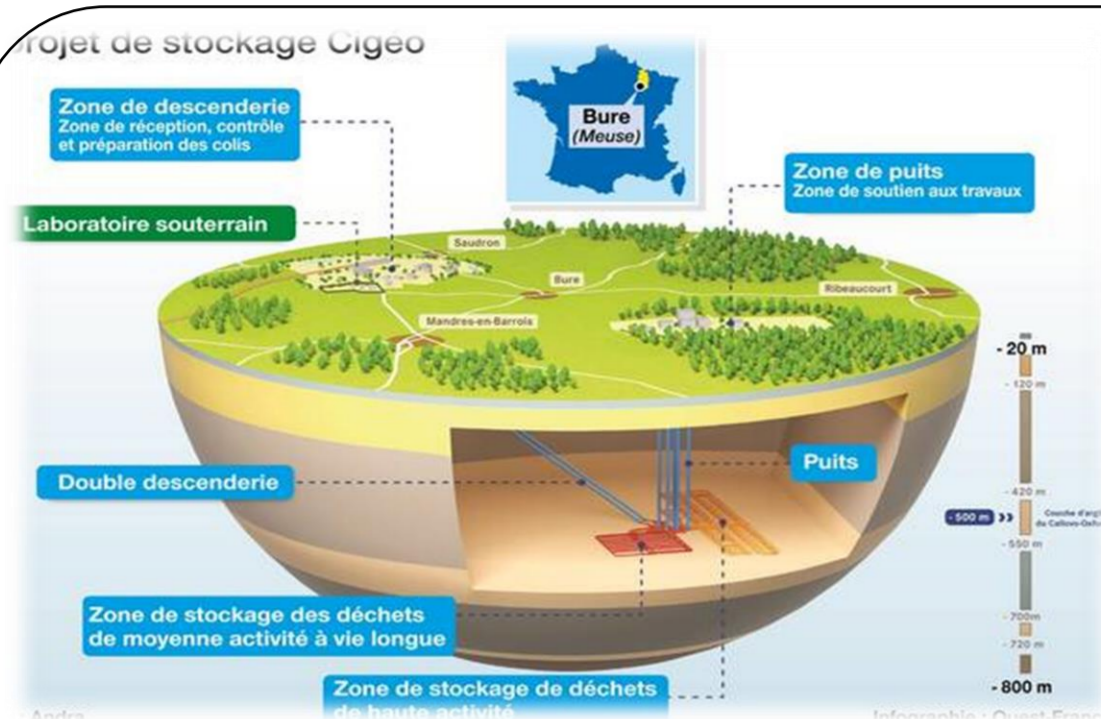


Figure 1: Projet cigéo [1]

❖ CIGÉO est le projet français de centre de stockage profond des déchets radioactifs. Il est conçu pour stocker les déchets hautement radioactifs et à durée de vie longue produits par l'ensemble des installations nucléaires actuelles, jusqu'à leur démantèlement, et par le traitement des combustibles usés dans les centrales nucléaires. [1]

Enjeu



#### II) Essai in-situ de chauffage :

❑ L'étude s'est déroulée sur 3 ans et a impliqué trois sondes chauffantes d'une longueur de 4 m dans l'extrémité de trois forages ( $\varnothing=16$  cm, L= 16 m) parallèles, horizontaux et séparés d'environ 2,7 m, forés à partir d'un tunnel selon 3 étapes :

▪ Tout d'abord sur TED1201 puis sur les 2 autres sondes, l'objectif est d'obtenir une température de 90°C dans l'argilite.

▪ La première étape une sonde chauffante à été mise en marche en appliquant trois étapes d'environ 4 mois :

- ❖ puissance  $\rightarrow$  150 W (25 % de la puissance nominale).
- ❖ puissance  $\rightarrow$  300 W (50 % de la puissance nominale).
- ❖ puissance  $\rightarrow$  600 W (nominale)

▪ Au jour 400, La deuxième phase de chauffage a eu lieu avec les deux sondes chauffante allumées, pour étudier les effets de la charge thermique supplémentaire

▪ la même charge thermique a été appliquée dans les deux autres forages supplémentaires TED1202 et TED1203, En suivant les étapes de TED1201 :

- ❖ H2.1 (à partir du jour 400)  $\rightarrow$  150 W
- ❖ H2.2 (à partir du jour 526)  $\rightarrow$  300 W
- ❖ H2.3 (à partir du jour 653)  $\rightarrow$  600 W

▪ Le jour 999, la phase de refroidissement a été commencé.

▪ La puissance fournie par les appareils de chauffage a été diminué de 50 W par mois, jusqu'à l'arrêt définitif le jour 1271.

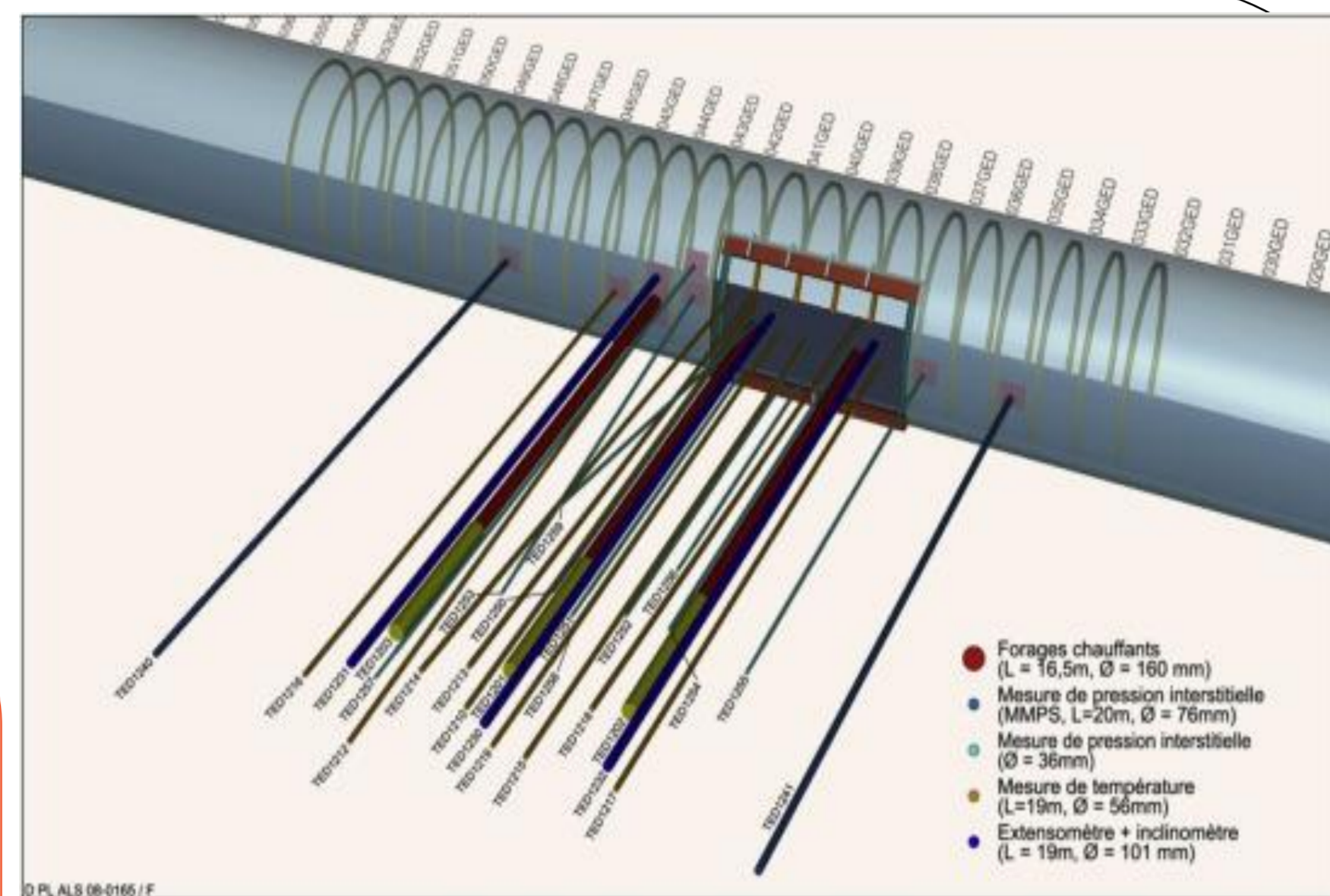


Figure 2: Disposition de l'expérience avec trois appareils de chauffage dans des forages horizontaux parallèles et 200 instruments installés dans 26 forages [2]

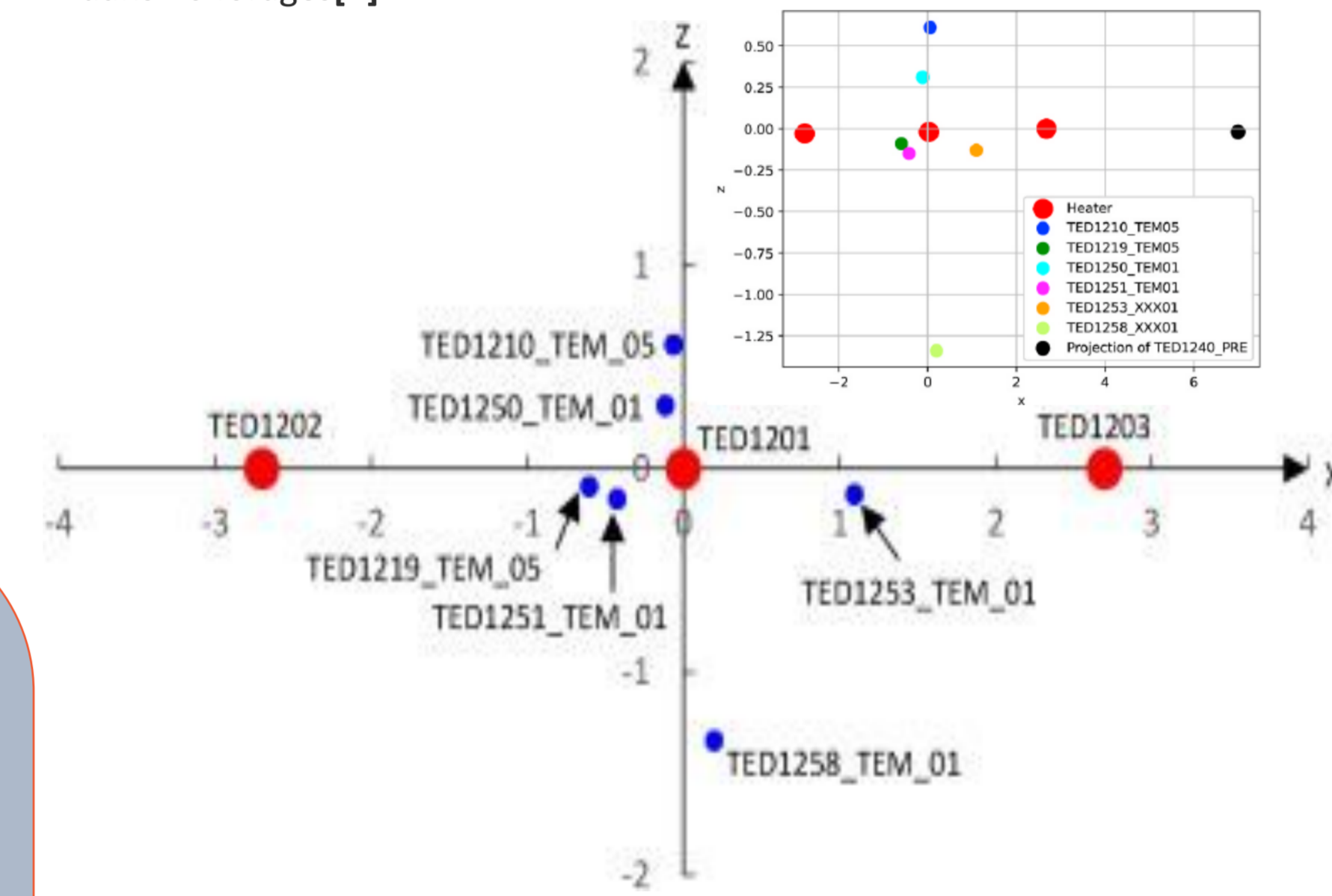


Figure 3: Coupe transversale verticale à travers les trois centres de chauffage. [3]

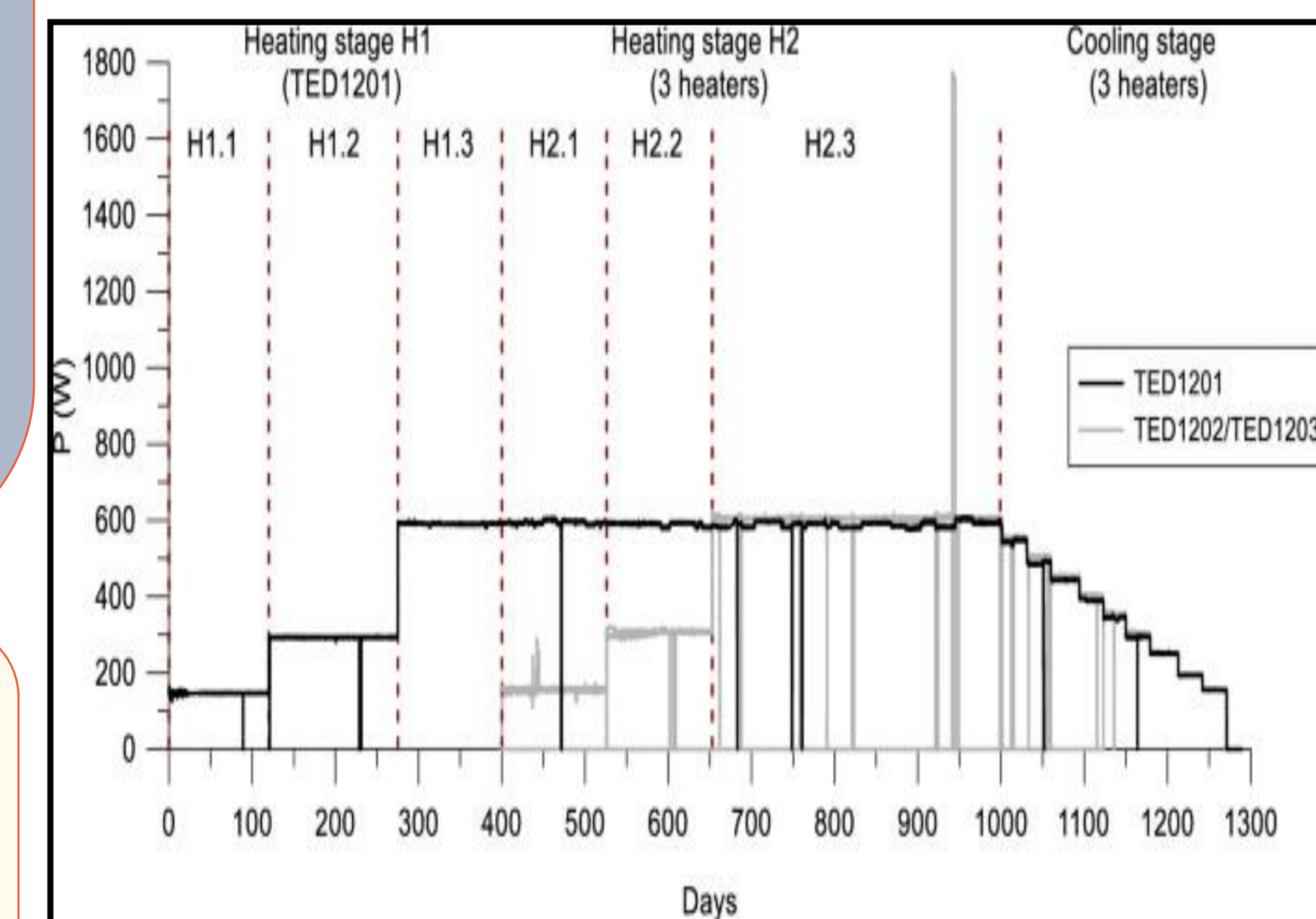


Figure 4: puissance appliquée aux trois appareils de chauffage au cours des différentes étapes [4]

#### III) - Résultats et interprétations

❑ Sous l'effet de la chaleur, L'argilite se dilate et donc une augmentation de pression interstitielle.

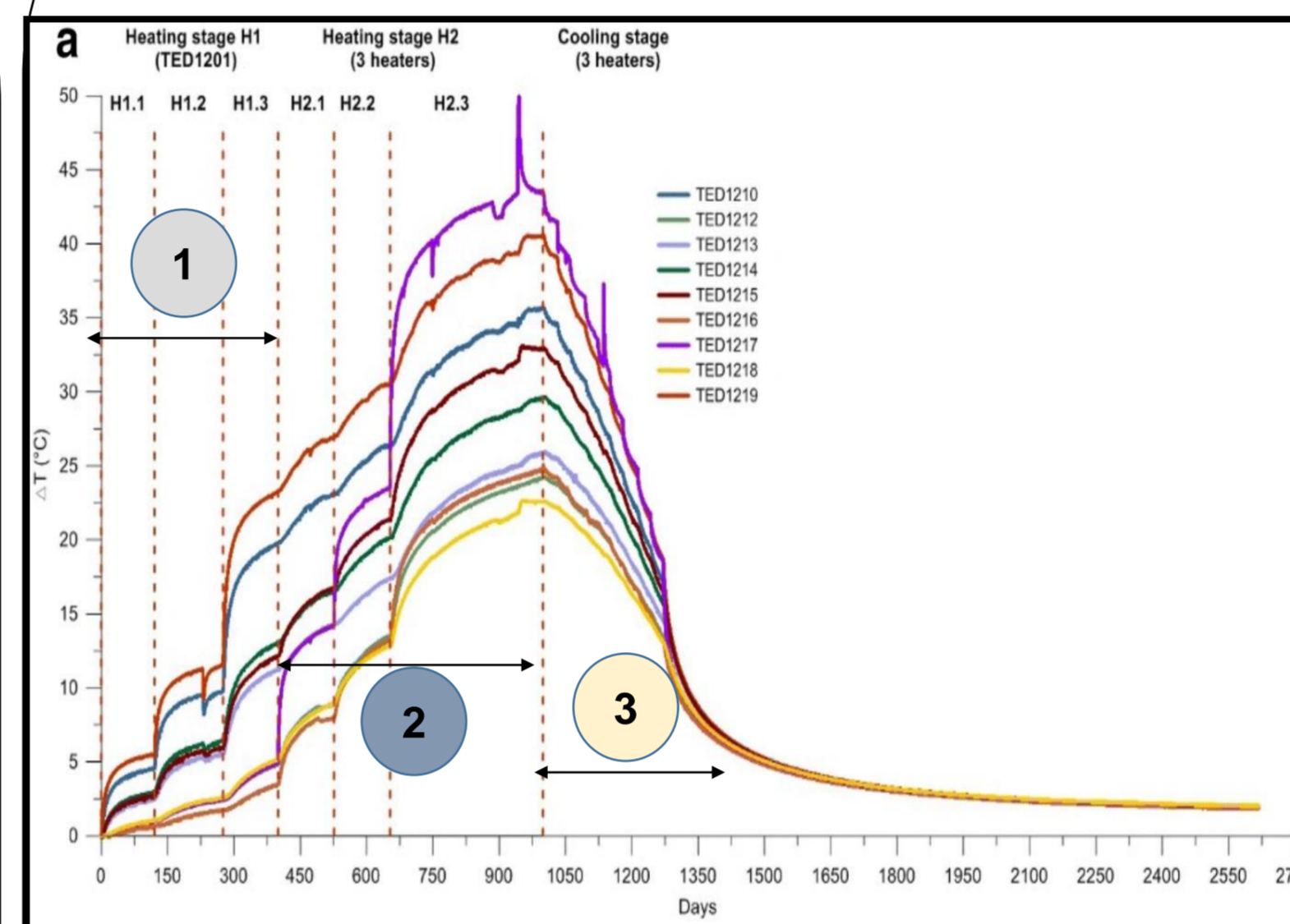


Figure 5: Historique de la température [4]

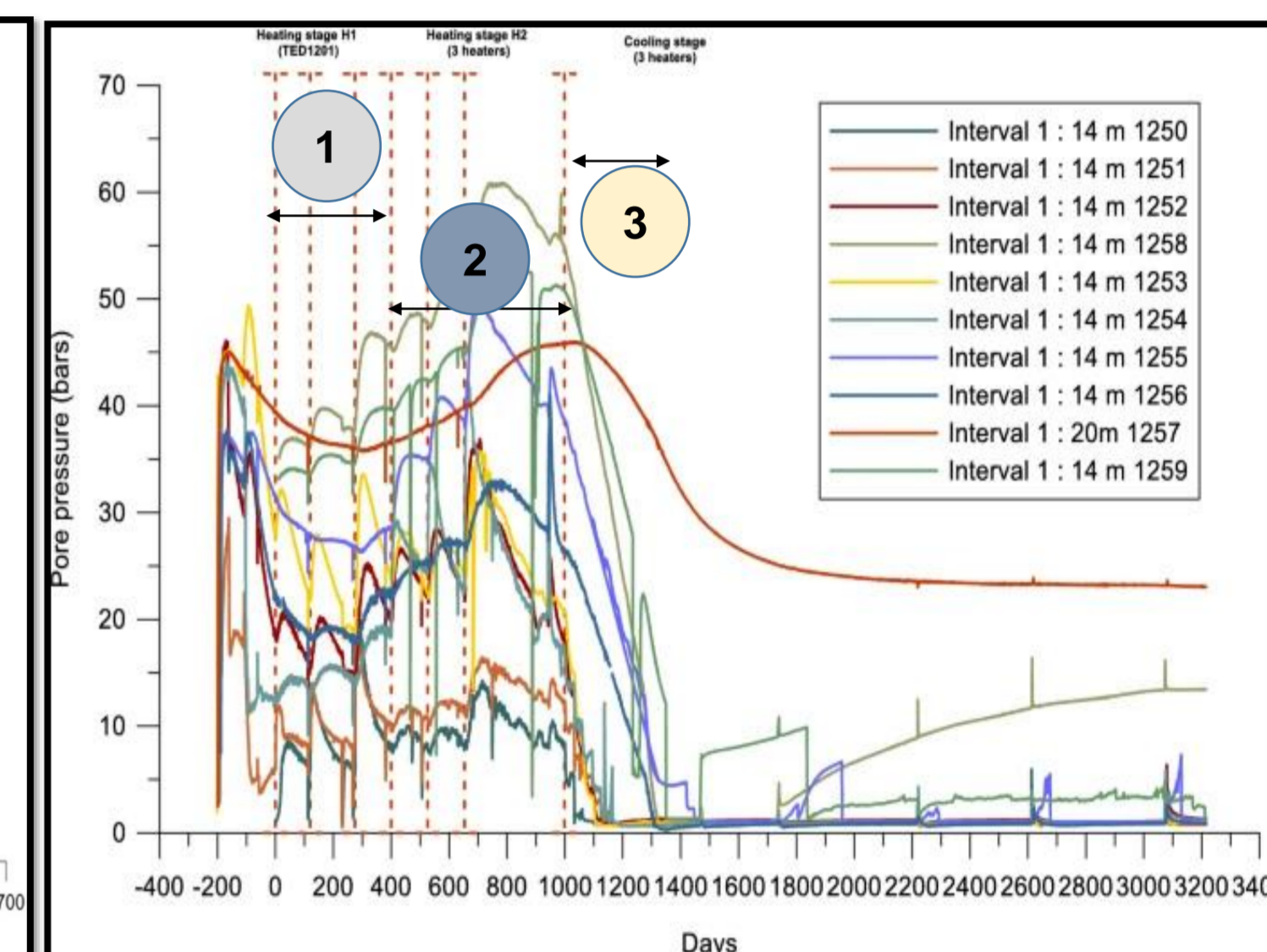
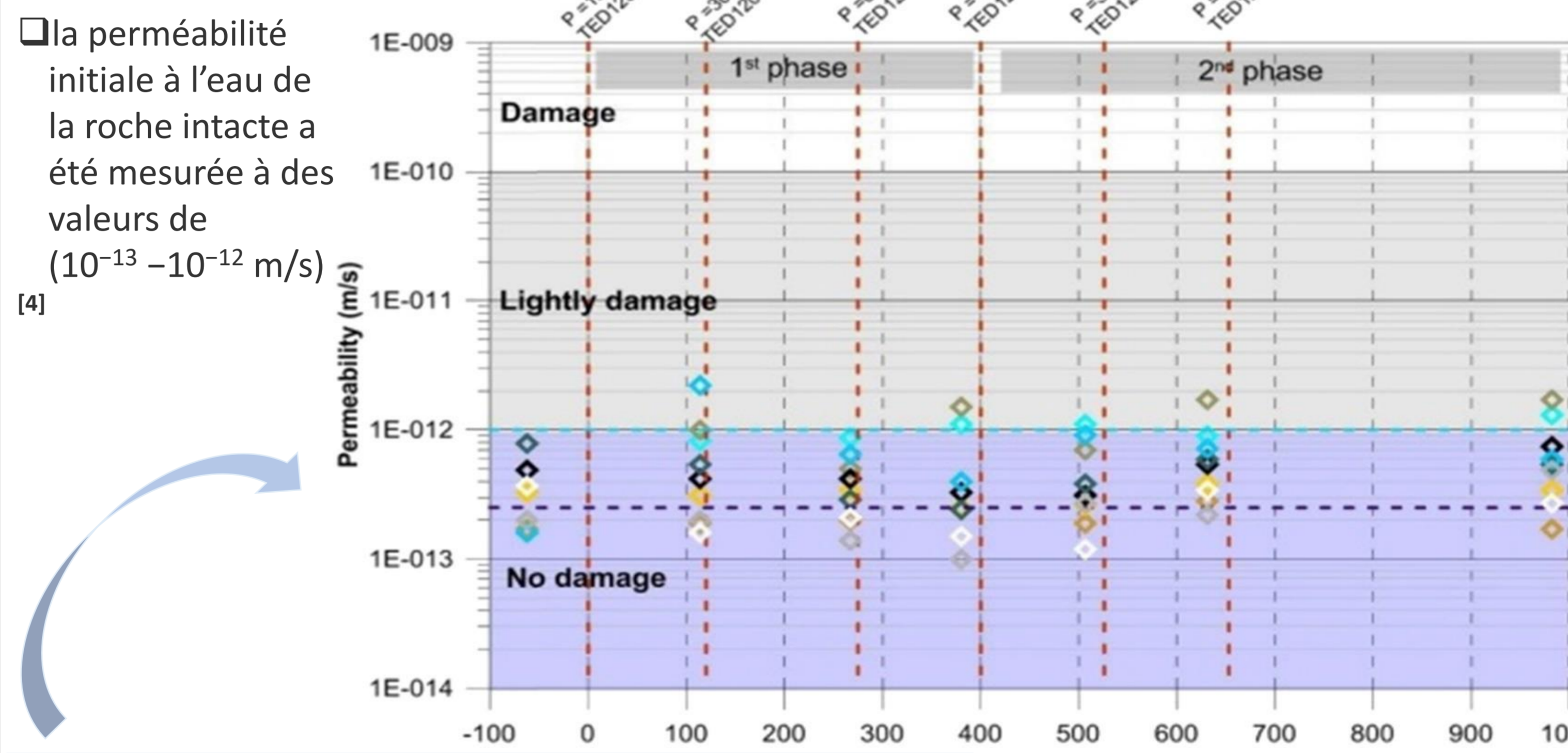


Figure 6: Historique de pression interstitielle [4]

- ❑ une augmentation de la température provoque une augmentation de la pression presque due à la dilatation thermique différentielle de l'eau et d'un squelette solide.
- ❑ lorsque la puissance du chauffage diminue pendant la phase de refroidissement, le taux de la température diminue.



- ❑ la perméabilité initiale à l'eau de la roche intacte a été mesurée à des valeurs de ( $10^{-13}$  -  $10^{-12}$  m/s) [4]
- Pour une valeur de conductivité hydraulique :
  - Inférieure à  $10^{-12}$  m  $s^{-1}$  l'argilite est saine.
  - Entre [ $10^{-10}$  -  $10^{-12}$  m  $s^{-1}$ ] l'argilite est légèrement endommagée.
  - Supérieure à  $10^{-10}$  m  $s^{-1}$  l'argilite est endommagée. [4]

❑ Pendant toute la phase de chauffage, les valeurs de perméabilité restent proches de  $10^{-12}$  m  $s^{-1}$ , ces valeurs ne varient pas significativement au fil du temps et reste tangentielle à la valeur maximale dont l'argilite est saine.

#### IV - Conclusion

- ❑ L'impact thermique sur les propriétés de la barrière et l'intégrité d'une roche hôte argileuse est la principale préoccupation pour le stockage géologique en profondeur des Déchets HA. Cette question importante a fait l'objet d'une étude approfondie avec le laboratoire et des expériences thermiques in situ sur les roches argileuses.
- ❑ L'expérience montre que le champ de perméabilité n'est pas affecté par les charges thermiques appliquées jusqu'à 90 °C, ce qui indique que la roche n'est pas endommagée à ces niveaux de température.

#### V-Bibliographie

- Cigéo [WWW Document], n.d. . Drupal. URL <https://www.andra.fr/cigéo> (accessed 12.14.22). [1]
- Armand, G., Bumbieler, F., Conil, N., de la Vaissière, R., Bosgiraud, J.-M., Vu, M.-N., 2017. Main outcomes from in situ thermo-hydro-mechanical experiments programme to demonstrate feasibility of radioactive high-level waste disposal in the Callovo-Oxfordian claystone. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering 9, 415–427. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2017.03.004> [2]
- Guo, R., Thatcher, K.E., Seyedi, D.M., Plúa, C., 2020. Calibration of the thermo-hydro-mechanical parameters of the Callovo-Oxfordian claystone and the modelling of the ALC experiment. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 132, 104351. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2020.104351> [3]
- In Situ Investigation of the THM Behavior of the Callovo-Oxfordian Claystone | SpringerLink [WWW Document], n.d. URL <https://link.springer.com/article/10.1007/s00603-020-02073-8> (accessed 12.14.22). [4]