



HAL
open science

**Suivi magnétique de production de magnétite sur
échantillon solide à différentes températures
(100-300°C). Exemples sur des péridotites pyrénéennes
(France)**

Keanu Loiseau, Charles Aubourg, Pierre Camps, Thierry Poidras, Guilhem
Hoareau, Christophe Rigollet

► **To cite this version:**

Keanu Loiseau, Charles Aubourg, Pierre Camps, Thierry Poidras, Guilhem Hoareau, et al.. Suivi magnétique de production de magnétite sur échantillon solide à différentes températures (100-300°C). Exemples sur des péridotites pyrénéennes (France). Réunion des sciences de la Terre, Oct 2023, Rennes, France. hal-04423844

HAL Id: hal-04423844

<https://univ-pau.hal.science/hal-04423844>

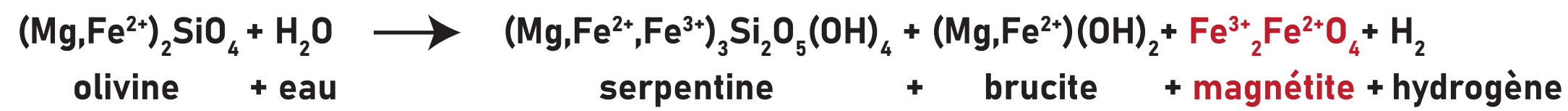
Submitted on 29 Jan 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Introduction

La compréhension d'un système hydrogène passe par la caractérisation de ses mécanismes générateurs dont la serpentinisation. Sur plus de 700 expériences de serpentinisation en laboratoire, une seule étude s'est attardée sur un suivi magnétique de la réaction et aucune sur échantillon solide. La magnétite est un produit de la serpentinisation, ses propriétés magnétiques en font un marqueur identifiable. L'aimantation de la magnétite est de 92 Am²/kg et avec les magnétomètres, une concentration de l'ordre du ppb est facilement mesurable de manière non destructive et sur échantillon solide.



Protocole expérimental

Notre approche consiste en un suivi de l'aimantation rémanente acquise au cours d'une chauffe des échantillons (entre 100 et 300°C) en atmosphère hydratée et sous un champ magnétique de direction contrôlée et d'intensité de 100 μT. Ces expériences ont été réalisées dans un four à paléo-intensité, sans contrôle de la fugacité de l'oxygène. La rémanence acquise (Ra), du fait de notre protocole, minimise la composante visqueuse du signal, de sorte que Ra est principalement le résultat d'une aimantation rémanente cristalline. Les minéraux magnétiques produits ont été caractérisés par différentes méthodes (désaimantation AF et thermique, stabilité de la Ra, S-ratio) afin de confirmer le porteur du signal acquis.

Lherz - Péridotite peu serpentinisée



Figure : Massif de l'étang de Lherz

L'étang de Lherz situé en Ariège (qui a donné le nom de lherzolite à ce type de péridotite) est un massif qui affleure sur 2 km² (Clerc et al., 2012). Le degré de serpentinisation est très faible (<10%)

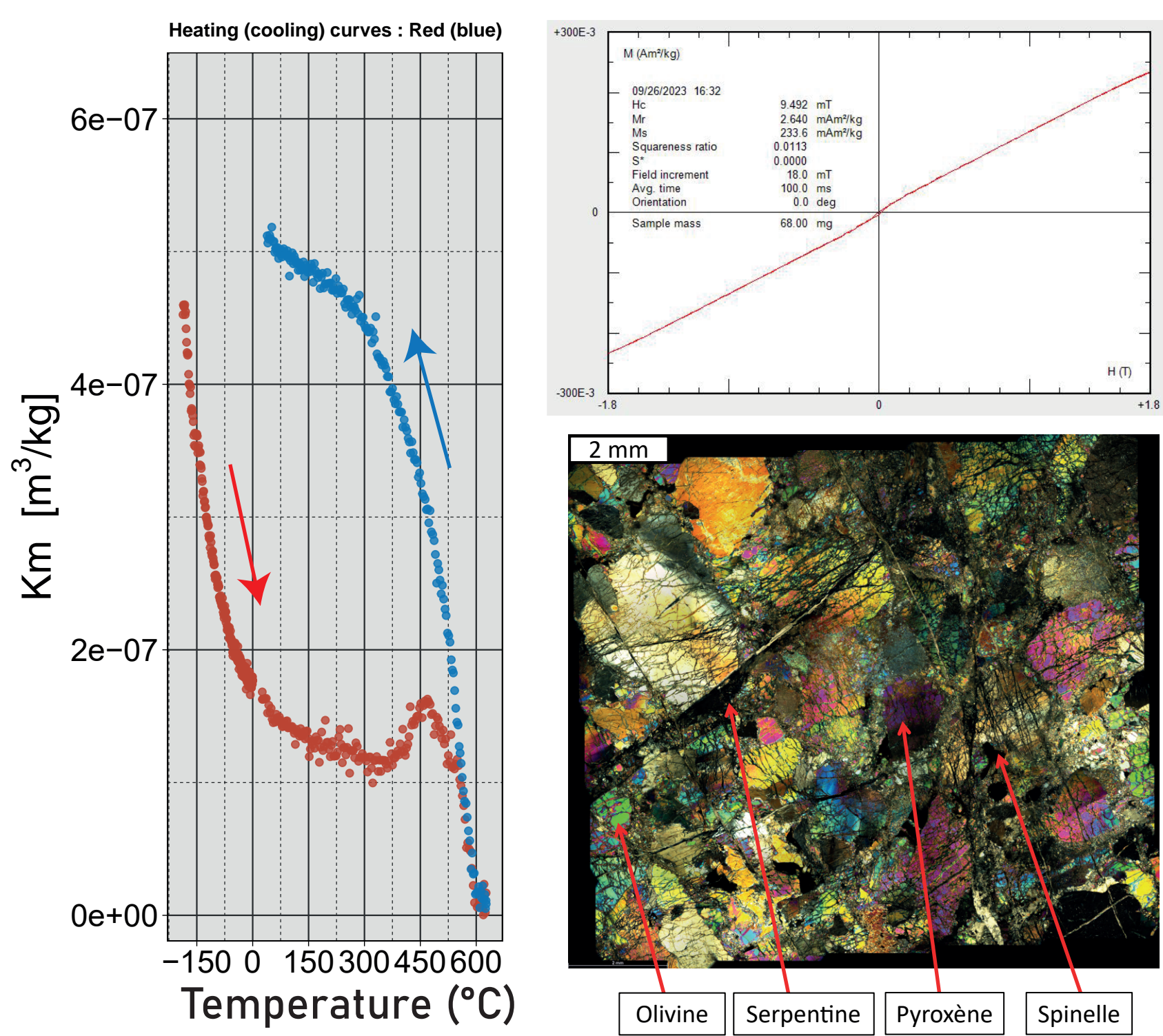


Figure : Courbes K-T, cycle d'hystérésis d'un échantillon de Lherz et lame mince en lumière polarisée et analysée

- Lherz indique un comportement principalement paramagnétique (cycle d'hystérésis et courbe K-T)
- La présence de magnétite est plus difficile à confirmer

Protocole

Le protocole expérimental se base sur l'étude d'Aubourg et Pozzi 2010. Les échantillons sont placés selon la direction du champ appliqué et des récipients en quartz remplis d'eau sont ajoutés afin d'assurer une atmosphère hydratée dans le four.



Figure : Four à paléointensité avec positionnement des échantillons selon la direction du champ appliqué

Les échantillons sont chauffés pendant 24 h avec le champ parallèle à Z, puis refroidissement en champ nul pendant 16-24h pour enlever l'aimantation visqueuse. Les échantillons sont choisis pour couvrir la plus large gamme de serpentinisation possible. Au total ce sont 7 massifs de péridotites variablement serpentinisés qui ont été testés avec ce protocole.

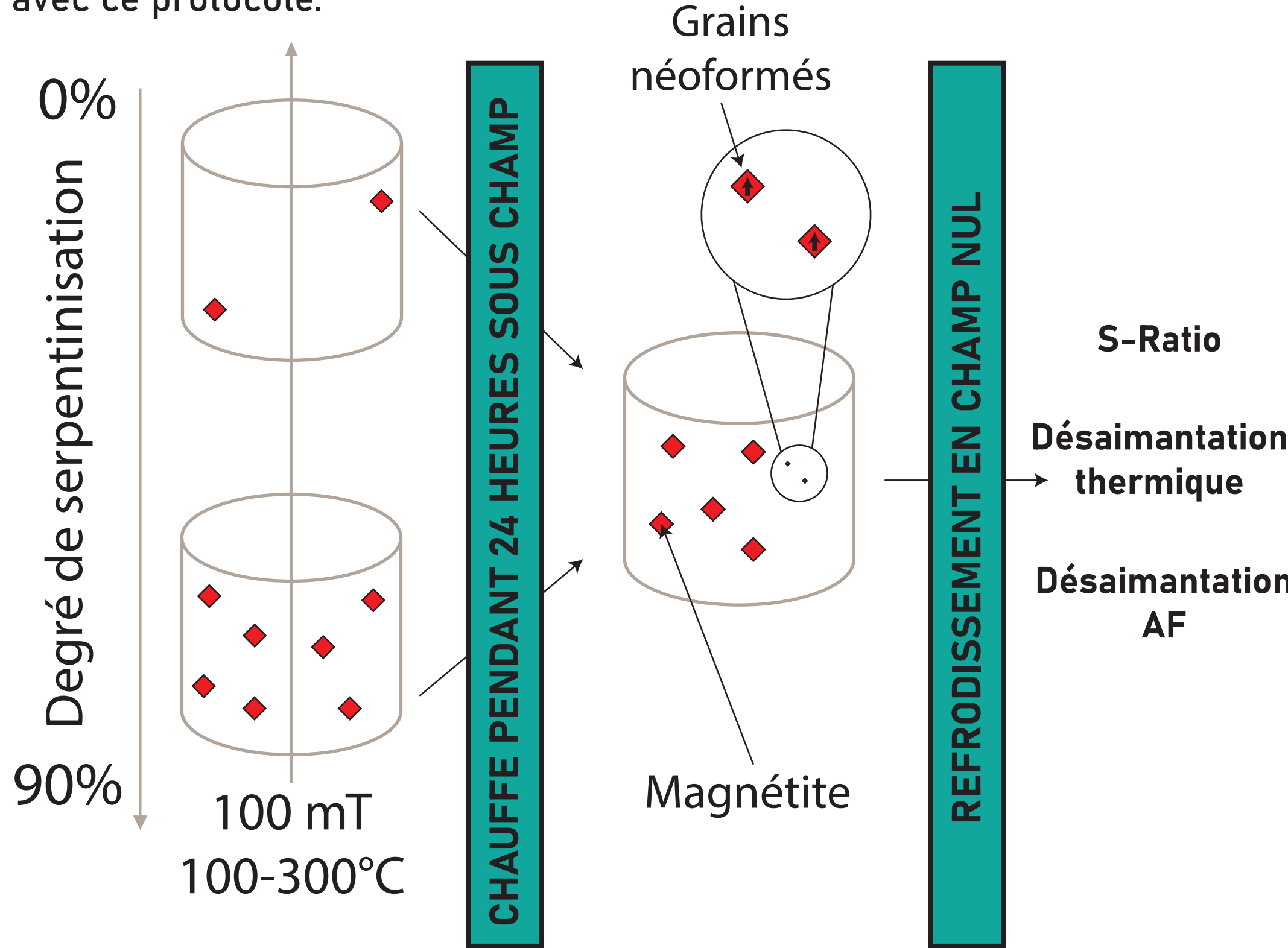


Figure : Schéma du protocole expérimental

Sarailh - Péridotite très serpentinisée



Figure : Massif du Sarailh

Le massif du Sarailh situé dans les Pyrénées-Atlantiques est un corps lenticulaire de 500 m de long associé à l'anticlinal de Sarrance. (Lagabrielle et al., 2010 ; Corre et al., 2016). Il est le massif le plus serpentinisé des Pyrénées.

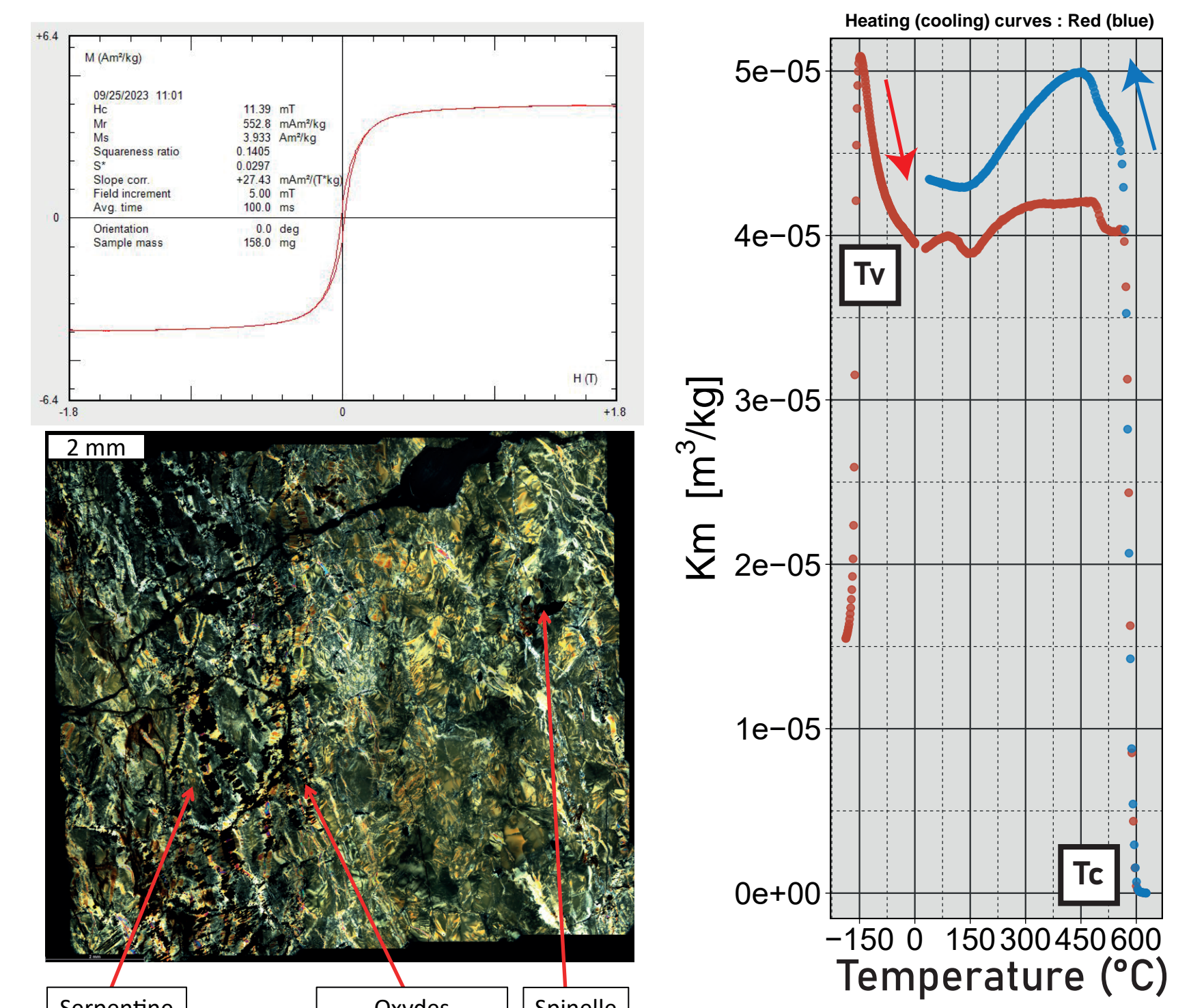


Figure : Courbes K-T, cycle d'hystérésis d'un échantillon du Sarailh et lame mince en lumière polarisée et analysée

- Le Sarailh indique principalement un comportement ferromagnétique (cycle d'hystérésis et courbes K-T)
- La présence de magnétique est confirmée par la transition de Verwey (Tv) et par la température de Curie (Tc)

Echantillon naturel

Echantillon naturel

Caractérisation des grains formés

Caractérisation des grains formés

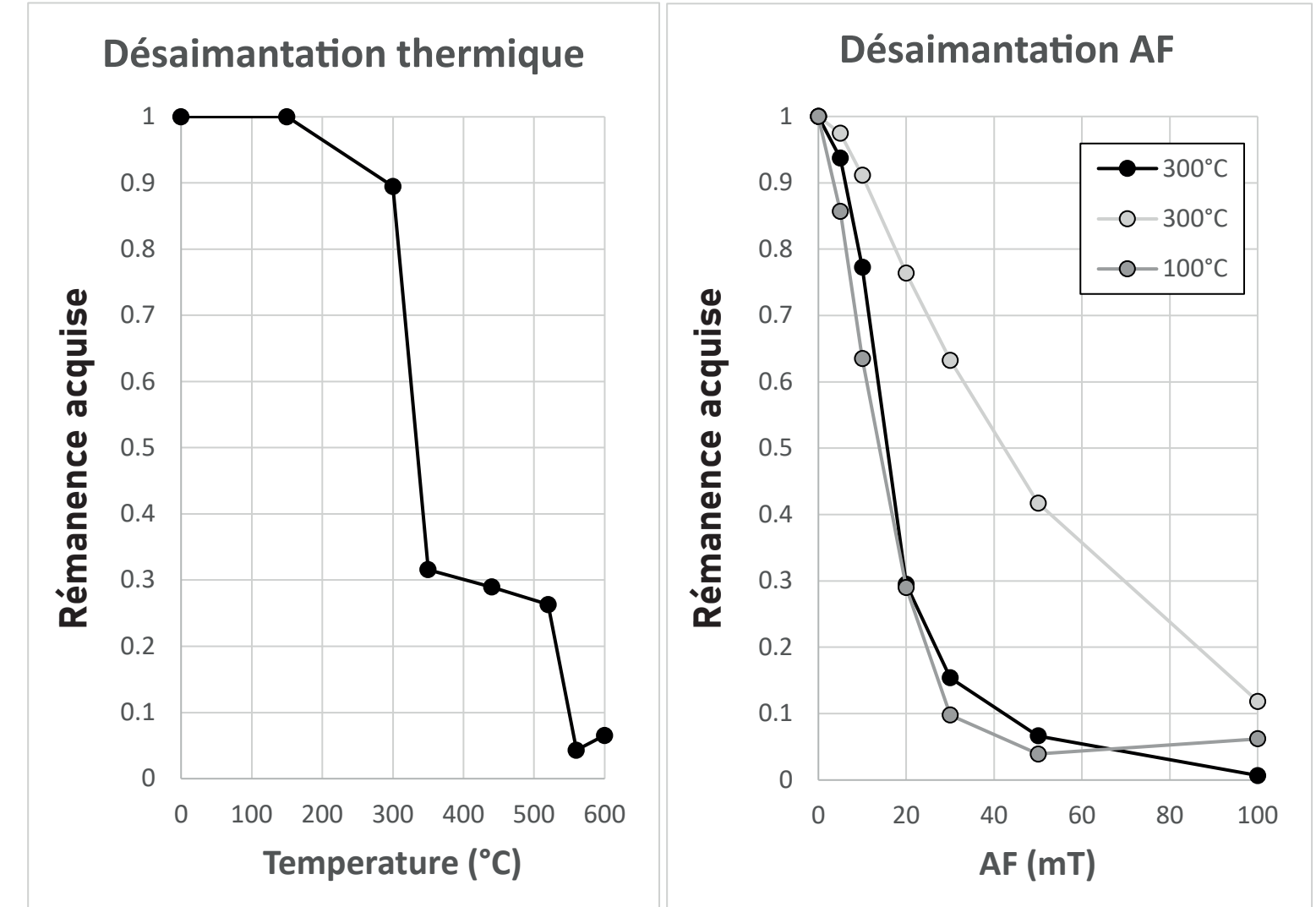


Figure : Désaimantation thermique et AF d'un échantillon chauffé du massif de Lherz

- Le signal acquis est porté par des grains néoformés de magnétite (température de déblocage proche de la température de Curie de la magnétite).
- Cette réaction se fait à toutes les températures testées

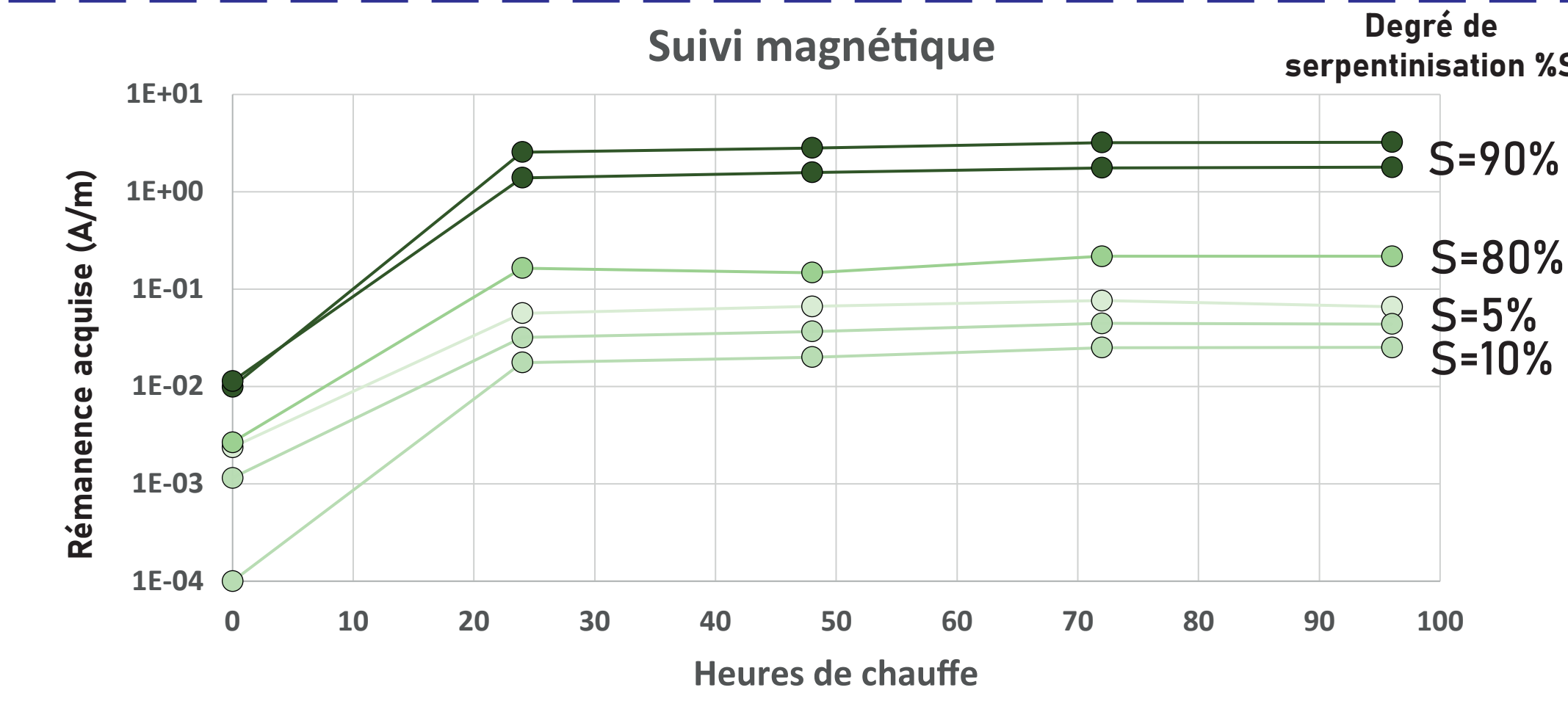


Figure : Résultats du suivi magnétique après 4 jours de chauffe (S% = taux de serpentinisation de l'échantillon)

Les résultats du suivi magnétique à 300°C montrent un palier pour tous les échantillons après seulement 24h de chauffe. Ce palier est interprété comme correspondant à l'altération de la couronne superficielle de l'échantillon. Pour toutes les autres expériences, le protocole a donc été ajusté à 24h de chauffe pour pouvoir maximiser le nombre de réalisations.

Relation Susceptibilité magnétique - Rémanence acquise

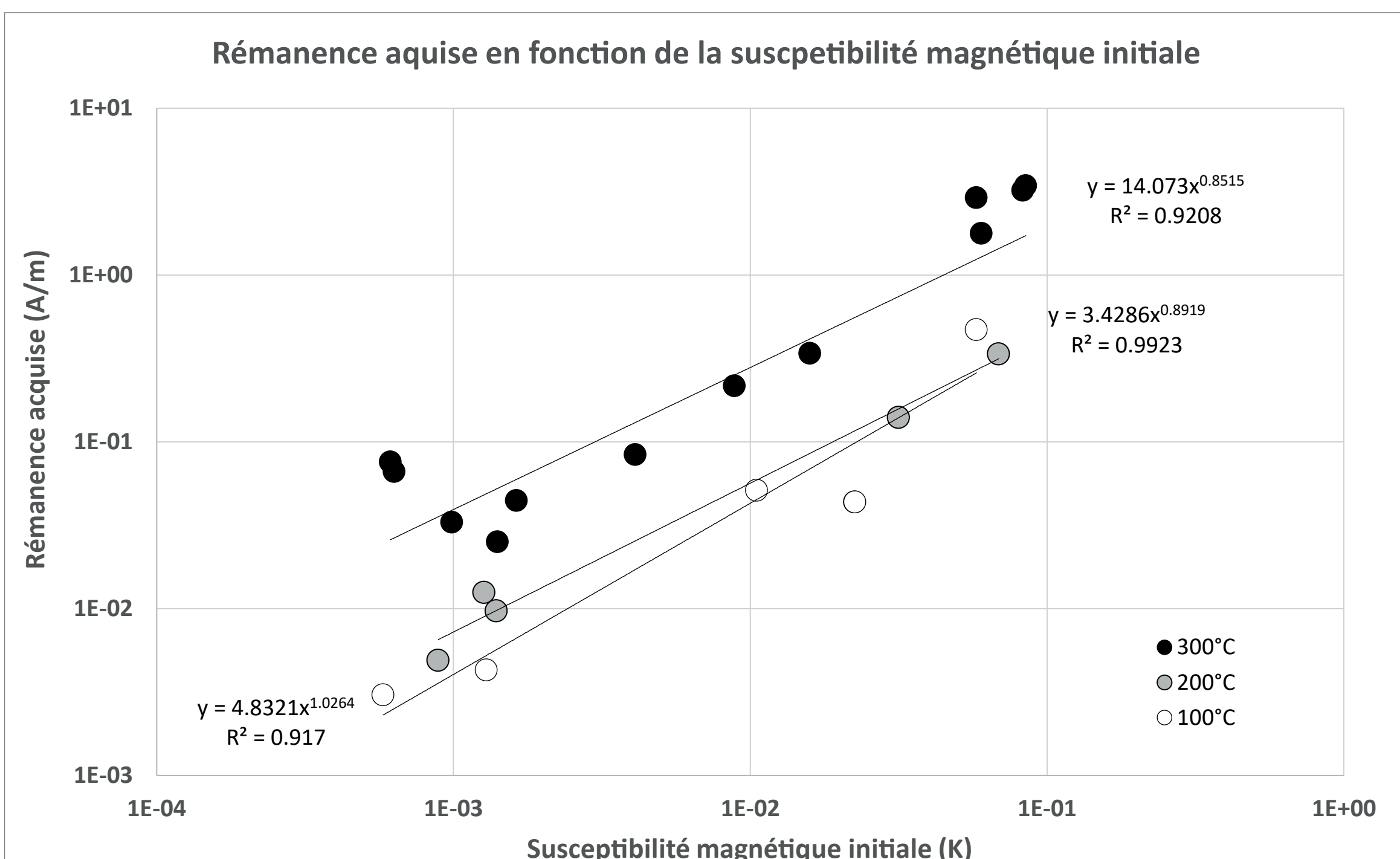


Figure : Relation entre rémanence acquise et susceptibilité magnétique initiale

Les résultats montrent que les échantillons de péridotites de 100°C à 300°C acquièrent une rémanence (10⁻⁶ à 10⁻² Am²/kg) que l'on trouve proportionnelle à la susceptibilité initiale de l'échantillon. La réaction à 300°C enregistre un signal d'environ un ordre de grandeur supérieur à celles à plus basses températures (100 et 200°C). La réaction est donc dépendante à la température mais reste néanmoins contrôlée par la susceptibilité initiale de l'échantillon.

Conclusion

Nos résultats indiquent qu'en dépit d'une atmosphère hydratée, sans contrôle de la fugacité de l'oxygène, nous ne dégradons pas la fraction ferromagnétique préexistante et que le processus observé est de la néoformation rapide (<24 h) de magnétite. Les résultats des expériences à 100 et 200°C suggèrent que la formation de magnétite est possible à très basse température dans les conditions naturelles. La Ra à haute température (300°C) étant d'un ordre de grandeur supérieur à celles à plus basses températures (100-200°C), la réaction en jeu est donc contrôlée par la température, remet en solution du fer et produit sûrement de l'hydrogène.

Références

Aubourg, C., & Pozzi, J. P. (2010). Toward a new <250°C pyrrhotite-magnetite geothermometer for claystones. Earth and Planetary Science Letters, 294(1-2), 47-57. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2010.02.045>

Clerc, C., Lagabrielle, Y., Neumaier, M., Reynaud, J.-Y., & De Saint Blanquat, M. (2012). Exhumation of subcontinental mantle rocks: evidence from ultramafic-bearing clastic deposits nearby the Lherz peridotite body, French Pyrenees.

Corre, B., Lagabrielle, Y., Labaume, P., Fourcade, S., Clerc, C., & Ballèvre, M. (2016). Deformation associated with mantle exhumation in a distal, hot passive margin environment: New constraints from the Sarailh Massif (Chaignos Béarnais, North-Pyrenean Zone). Comptes Rendus - Geoscience, 348(3-4), 279-289. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2015.11.007>

Lagabrielle, Y., Labaume, P., & De Saint Blanquat, M. (2010). Mantle exhumation, crustal denudation, and gravity tectonics during Cretaceous rifting in the Pyrenean realm (SW Europe): Insights from the geological setting of the lherzolite bodies. Tectonics, 29(4). <https://doi.org/10.1029/2009TC002588>