

# Réactions exothermiques dans les profils latéritiques sur granites : conséquences sur les eaux souterraines

## Pétrographie des altérations latéritiques sur granites

Une étude pétrographique a été réalisée sur deux profils latéritiques de granites (granite de Langonnet, Morbihan et granite de Plouvien, Finistère) recoupés par des forages carottés, dans le but d'étudier les mécanismes de formation de l'horizon fissuré.

En profondeur, à une cinquantaine de mètres sous la base des arènes, les biotites sont fraîches. Plus haut, les biotites commencent à se chloritiser, les clivages de la biotite sont alors déformés par le gonflement des feuillets (passage de 10 à 14 Å de l'épaisseur des feuillets). Des cristaux aciculaires d'adulaire (feldspath potassique de basse température) apparaissent alors dans les feuillets des biotites.

## Etude isotopique (O, D) des adulaires et chlorites néoformées

Une étude isotopique a été réalisée sur les adulaires et les chlorites néoformées pour tenter de déterminer leur température de formation. Les  $\delta^{18}O$  de l'adulaire néoformée sont compris entre 10,1 et 15,2 ‰ avec une moyenne de  $12,0 \pm 1,2$  ‰. Le  $\delta^{18}O$  de la chlorite, mesuré sur un seul point, est de  $-0,5 \pm 0,3$  ‰ et le  $\delta D$  moyen de  $-55 \pm 3$  ‰ (n = 5). La composition isotopique de l'adulaire est compatible avec une origine hydrothermale à partir d'une eau météorique ( $T^\circ = 50$  à  $100$  °C), celle de la chlorite avec une eau météorique à des températures inférieures à  $300$  °C. Si les deux minéraux sont cogénétiques, ce qui apparaît probable au vu des lames minces, les compositions isotopiques mesurées impliquent une précipitation à des températures de l'ordre de  $70$  à  $80$  °C.

## Caractère exothermique de l'altération latéritique

L'altération latéritique est dominée par des réactions d'oxydation et d'hydratation qui sont très exothermiques. L'altération totale d'1 m<sup>3</sup> de granite libère environ 400 MJ sous forme de chaleur. Si la perméabilité du milieu le permet, la chaleur est évacuée en temps réel par convection thermique. En fonction des constantes de temps impliquées (vigueur de la convection, cinétique des réactions) la chaleur libérée sera dissipée ou non,

Toutefois, au voisinage du front de percolation (base de l'horizon fissuré), la perméabilité très faible ( $< 10^{-10}$  m/s) ne permet pas la circulation de l'eau, et une part importante de celle-ci est consommée par les réactions d'hydratation ; dans cette zone la chaleur produite est donc évacuée principalement par conduction. Dans les roches cristallines la conductivité thermique tend à diminuer lorsque la température augmente. Il y aura donc échauffement de la roche puisque la diffusivité thermique des roches ne permet pas le refroidissement rapide.

## Modélisation de l'échauffement au voisinage du front de percolation

Une modélisation de l'échauffement de la roche au voisinage du front de percolation a été réalisée avec les paramètres suivants :

$T^\circ$  en surface =  $20$  °C

Densité du granite =  $2700$  kg/m<sup>3</sup>

Capacité calorifique =  $800$  J/kg/K

Conductivité thermique =  $3$  W/m/K

Flux géothermique constant de  $90$  mW/m<sup>2</sup>

Profondeur de la zone d'échauffement =  $200$  m

Épaisseur de la zone d'échauffement =  $10$  à  $30$  m

Vitesse d'enfoncement du front thermique = quelques m/Ma

Les résultats obtenus montrent que pour une hypothèse de puissance thermique voisine de  $10$  mW/m<sup>3</sup>, une température de l'ordre de  $100$  °C peut être obtenue à  $200$  m de profondeur en régime permanent (le flux thermique revient à  $90$  mW/m<sup>2</sup>) au bout d'une dizaine de millions d'années de fonctionnement du profil.

## Conclusions

- Dans un granite à biotite, l'altération latéritique peut provoquer un échauffement de la roche au voisinage du front de percolation (base de l'horizon fissuré).
- La température de la roche peut atteindre  $50$  à  $100$  °C (environ  $100$ °C au bout de  $10$  Ma).
- La chloritisation des biotites et la formation d'adulaire sont compatibles avec les températures obtenues vers  $200$  m de profondeur au bout d'une dizaine de Ma de fonctionnement du profil, ce qui est compatible avec la durée de fonctionnement des profils latéritiques (plusieurs dizaines de Ma).
- Les eaux thermales « tièdes » en contexte de profil d'altération et en l'absence de volcanisme et de relief pourraient être la trace en surface de fronts d'altération actifs (granite d'Avrillé, Vendée ; sources du Moulin de Quip à Allaire, Morbihan ; forages d'hydraulique villageoise du Burkina Faso).
- Des températures comparables peuvent être atteintes en base de saprolite dans les roches ultrabasiques (Guillou-Frottier et al., 2015) ; elles sont également accompagnées de sources tièdes ( $40$  à  $45$  °C), comme par exemple en Oman et en Nouvelle Calédonie.

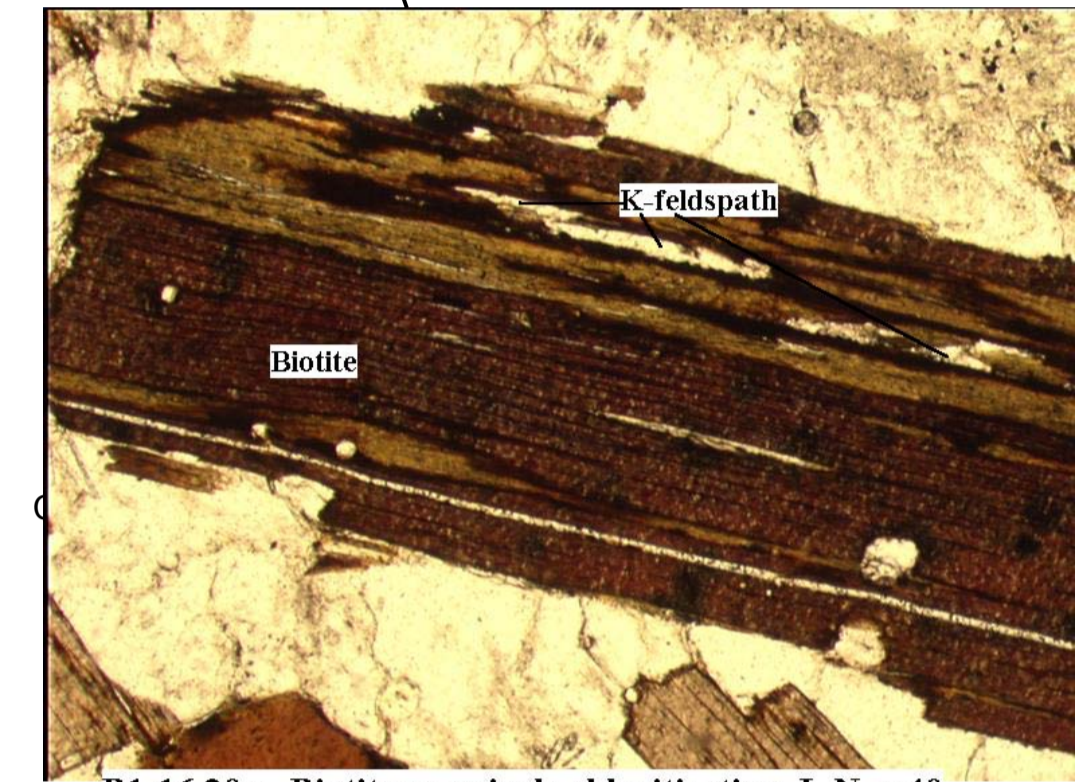
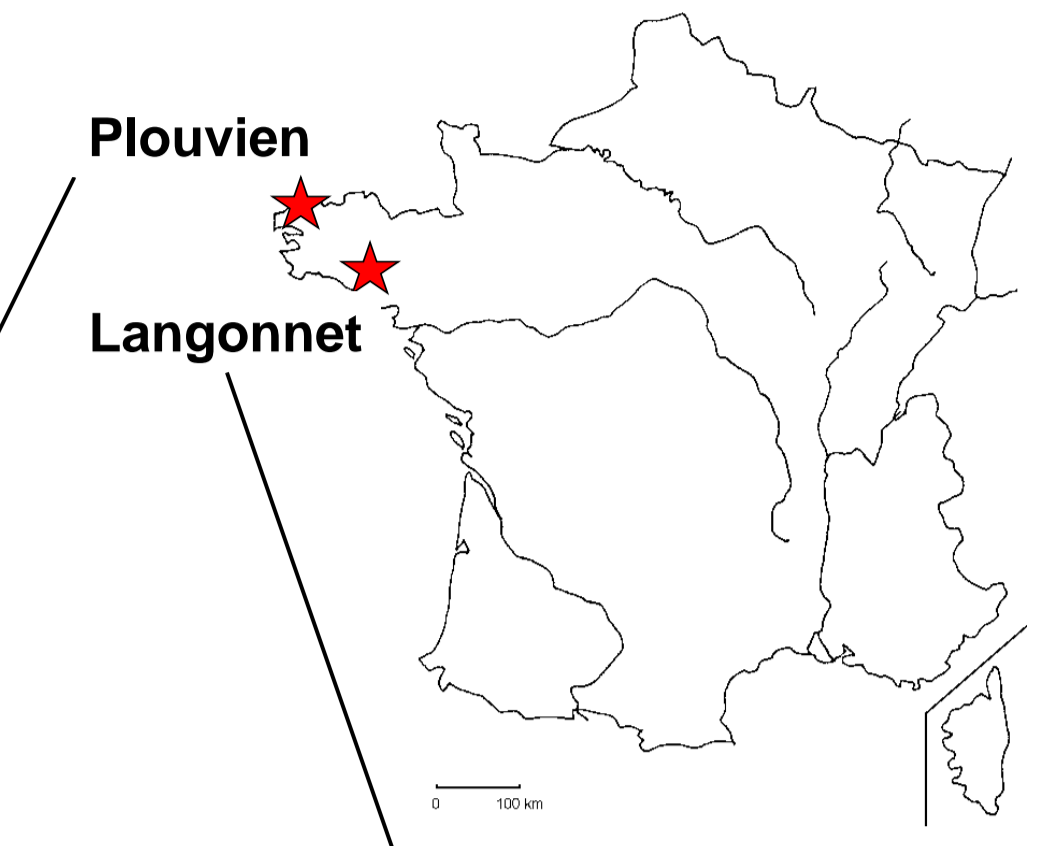
### Auteurs

Robert Wyns<sup>(1)</sup>, Laurent Guillou-Frottier<sup>(1)</sup>, Jean-Pierre Girard<sup>(2)</sup>, Anicet Beauvais<sup>(3)</sup>, Philippe Blanc<sup>(1)</sup>

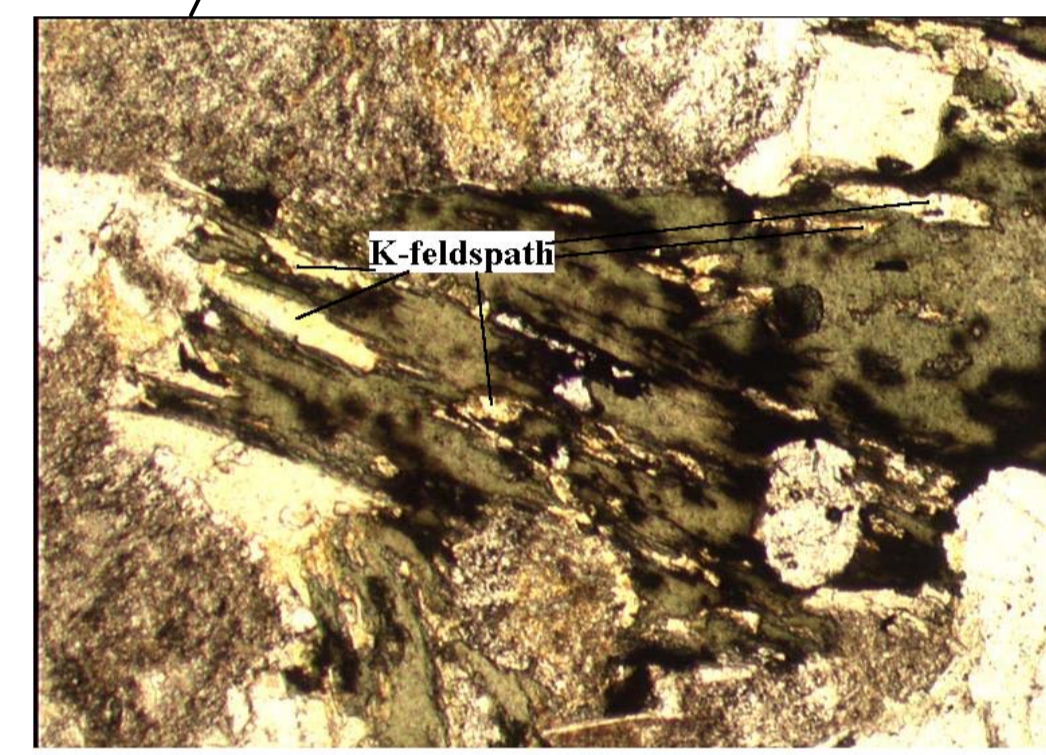
### Référence bibliographique :

Guillou-Frottier L., Beauvais A., Wyns R., Bailly L., Augé T., Audion A.S. (2015) – Formation of corrugations during weathering of ultramafic rocks. In Actes de la Conférence « Aquifères de socle : le point sur les concepts et les applications opérationnelles », 20èmes Journées techniques du Comité Français d'Hydrogéologie de l'Association Internationale des Hydrogéologues. 11-13 Juin 2015, Auditorium ICES, La Roche-sur-Yon, Vendée, France, 8 p

(1) BRGM, ISTO, UMR 7327, Orléans ; (2) Total, Pau (auparavant au BRGM) ; (3) Aix-Marseille Université, CEREGE (IRD, CNRS), Aix-en-Provence  
r.wyns@brgm.fr



B1-16,20m. Biotite en voie de chloritisation. L.N. x 40



P1 - 44,95 m. Biotite entièrement chloritisée, avec K-feldspath entre feuillets. L.N. x 40

