Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg
UMR 7517 – CNRS , Université de Strasbourg / EOST, ENGEES
1 rue Blessig 67084 Strasbourg Cedex -- tél. 03 68 85 05 59 --
https://www.lhyges.unistra.fr

Chaine de traitement pour la détermination des vitesses d'altération des faces minérales

L'altération chimique des roches constitue une étape fondamentale du cycle géochimique de nombreux éléments. Les interactions entre fluides aqueux et minéraux constitutifs des roches représentent le dénominateur commun de problématiques géologiques, environnementales, sociétales et d'ingénierie. Il s'agit ici de revisiter l'altération des silicates en mettant au cœur de l'approche le lien entre la cinétique macroscopique de dissolution et l'état microscopique de la surface du minéral dans un milieu réactionnel contraint. On cherche à déterminer la cinétique des processus élémentaires – hydrolyse et condensation de liaisons chimiques – variation de la proportion de ces étapes élémentaires avec l'avancement de la réaction. La chaine de traitement expérimental et analytique décrite ci-dessous est reprise dans deux organigrammes en fin de chapitre. Le premier fait la synthèse des différentes étapes de traitement et d'analyse des échantillons alors que le second fournit les temps caractéristiques nécessaires à la réalisation de ces différentes étapes.

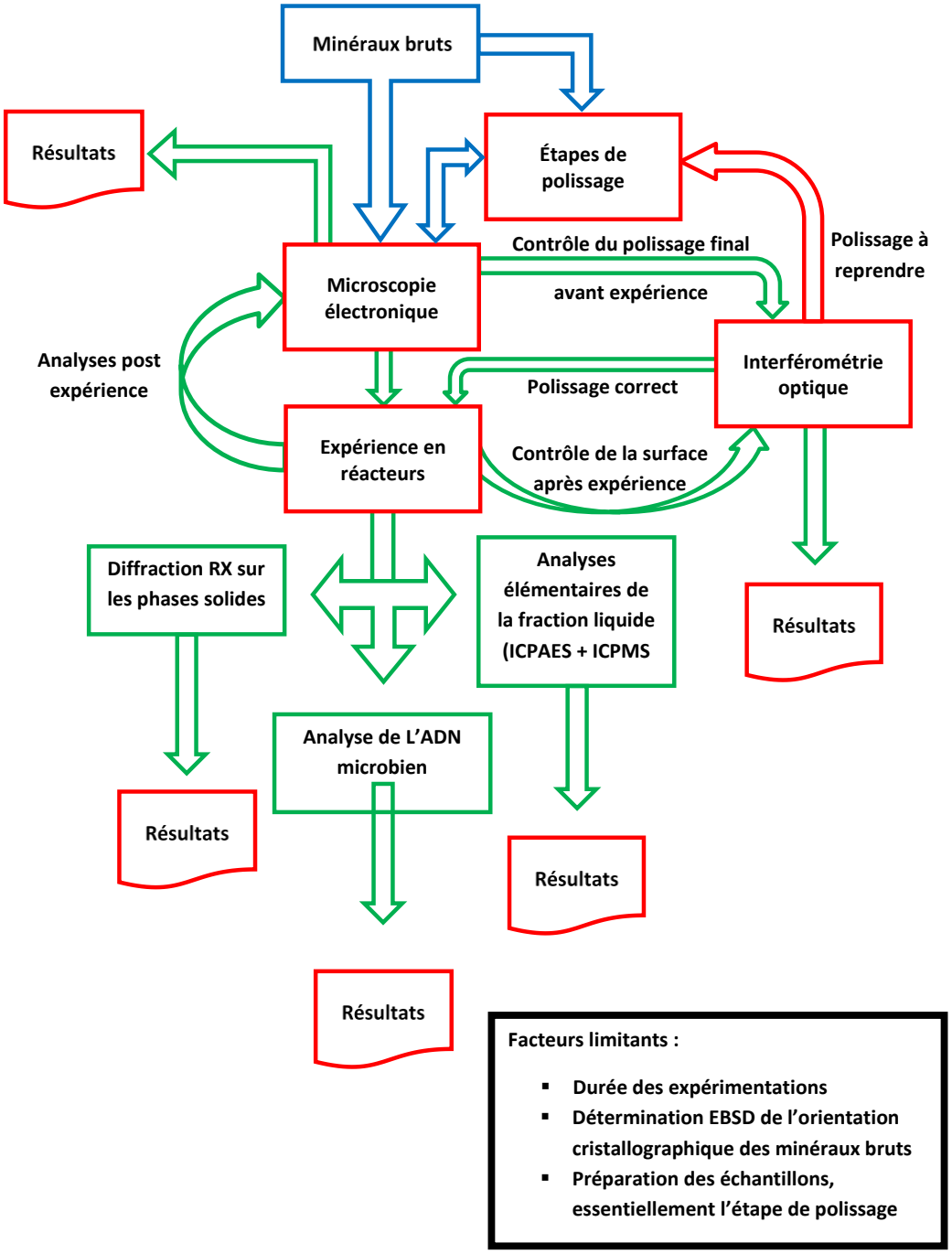
La première tâche, bien qu'anodine, est de définir clairement les types de minéraux que l'on souhaite étudier. Pour des raisons pratiques, il est préférable de travailler sur des minéraux représentatifs du milieu naturel mais qui s'altèrent rapidement, de l'ordre du mois plutôt que de l'année afin de réduire les temps d'expérience au laboratoire. On choisira par exemple un feldspath alcalin de type orthose, minéral prépondérant dans de nombreux réservoirs géothermiques (ex., Soultz-Sous-Forêts) ; ou encore une labradorite dont la cinétique de dissolution est proche de celle de l'albite, minéral que l'on retrouve dans de nombreux environnements granitiques et métamorphiques (ex., le bassin versant du Strengbach, site d'étude phare du Laboratoire et également Service National d'Observation de l'INSU-CNRS).

En second lieu, il faut se procurer des cristaux qui doivent répondre à quelques critères particuliers dont : idéalement une taille de l'ordre du centimètre, en tous cas la plus grande possible pour pouvoir sélectionner plusieurs faces cristallines et reproduire les expériences ; présenter une homogénéité de composition et être exempts d'inclusions. Ces critères étant généralement incompatibles, la chasse aux minéraux de qualité "gemme" commence alors. Au final, les cristaux de taille centimétrique sont en général obtenus par achat en boutique spécialisée, parfois par don ou échange. Ensuite, les minéraux obtenus sont sélectionnés à l'œil et sous la loupe binoculaire pour être orientés selon une face donnée après collage sur un support, travail plus ou moins délicat selon que les cristaux présentent des faces bien développées et planes ou arrondies.

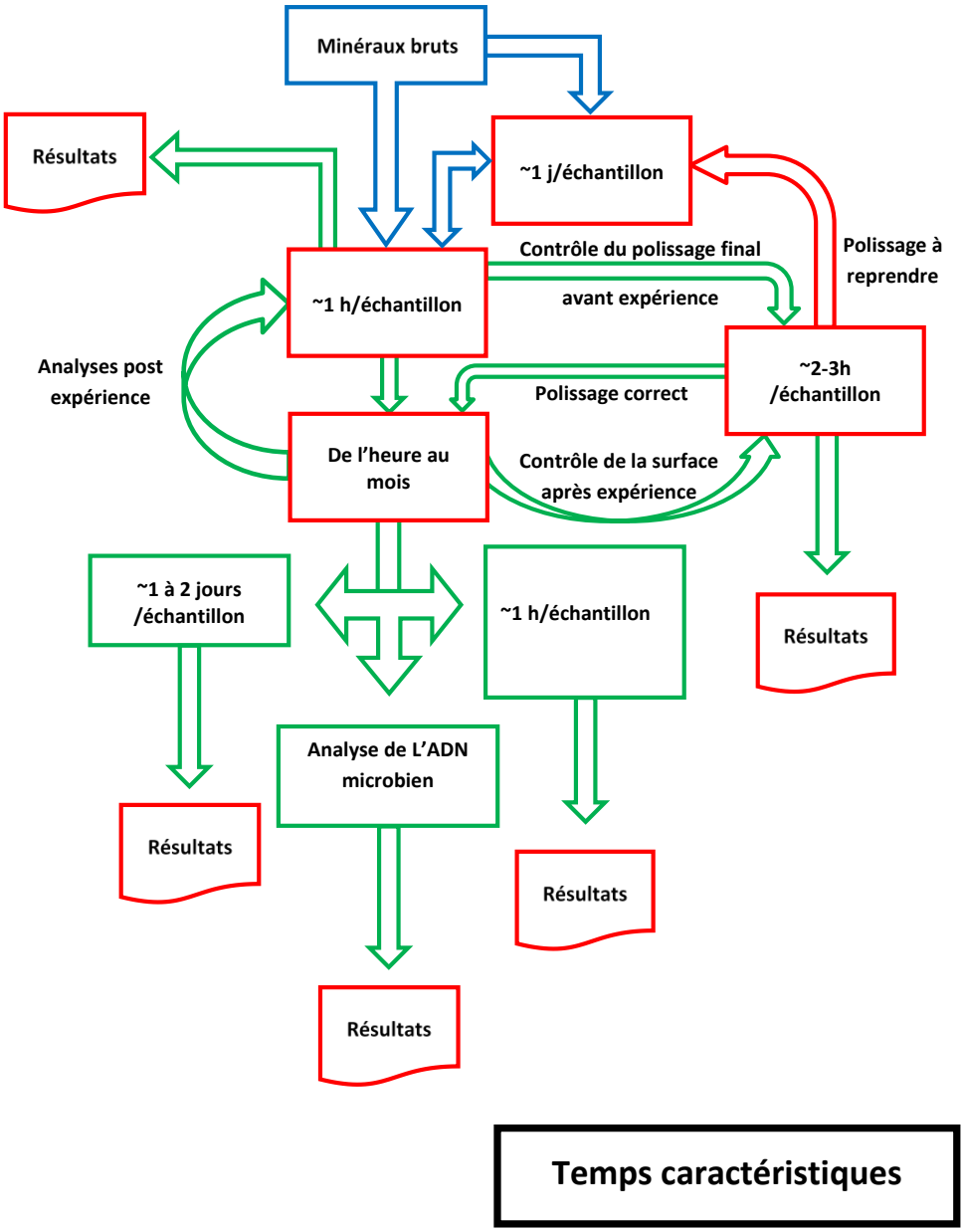
Il est important que la face inférieure qui servira de support présente également une certaine planéité. Si tel est le cas, les cristaux sélectionnés sont alors collés sur un scotch double face posé sur une lame de verre et une étude préliminaire est réalisée au microscope électronique à balayage : contrôle de la composition par analyse chimique élémentaire et détermination de l'orientation cristallographique de la face sélectionnée. Selon le type de minéraux, le taux de rejet est plus ou moins important lors de cette étape pour des raisons telles que : une composition chimique des minéraux non conforme ou présentant des inclusions gênantes, l'absence de diagramme de diffraction à cause de microrugosités de surface, etc.

Une fois les minéraux bruts qualifiés, ils sont sciés, inclus en résine et polis. Les blocs les plus volumineux peuvent être découpés en plusieurs morceaux, orientés selon des faces cristallines différentes à l'aide d'une scie équipée d'un goniomètre. L'état de surface de l'échantillon est contrôlé par microscopie optique et l'orientation finale de la face sélectionnée est validée par analyse EBSD (Electron Back Scattered Diffusion). A l'issue de ces étapes, la topographie locale des faces de l'échantillon poli est contrôlée à l'aide d'un interféromètre en lumière blanche (VSI/PSI – Vertical Scanning Interferometry/Phase Shift Interferometry). Si l'état de surface est jugé imparfait, le polissage est repris.

Les expériences d'altération en réacteurs fermés ou à circulation peuvent débuter. Elles durent de quelques jours à plusieurs mois et un aliquote de fluide est prélevé régulièrement pour suivre l'évolution de l'altération par analyse chimique de la fraction liquide (ICPAES/ICPMS). En fin d'expérience, des analyses complémentaires sont menées sur la fraction solide résiduelle : détermination des phases secondaires par diffraction des rayons X (si la quantité de produit est suffisante), analyses chimiques, caractérisation morphologique des phases secondaires par MEB (la détermination cristallographique des phases est rarement possible) et de l'ADN microbien. La caractérisation morphologique des figures de corrosion en surface par VSI permet enfin de déterminer les facettes d'équilibre. La modélisation de ces figures de corrosion permet *in fine* de remonter aux énergies mises en jeu lors des réactions d'hydrolyse et de proposer de nouvelles fonctions d'évolution des surfaces réactives au cours de l'avancement de l'altération du minéral.



Chaine de traitement – détermination des vitesses d'altération des phases minérales



Chaine de traitement – détermination des vitesses d'altération des phases minérales