

J. P. LAUTRIDOU*

Caen

LA CONTRIBUTION DES EXPERIENCES EN LABORATOIRE AUX RECHERCHES PERIGLACIAIRES: HISTOIRE, ACQUIS ET PERSPECTIVES

LES ROCHES

Depuis les essais de J. TRICART en 1956, de nombreuses expériences ont été menées tant en France que dans d'autres pays concernés par le périglaciaire; travaux ponctuels ou, comme à Caen, expériences variées et de longue haleine (30 ans) sur plusieurs milliers d'échantillons. Les principes ont été de respecter les temps de gel-dégel et d'effectuer des expériences proches des conditions naturelles, dans la plupart des cas: gélifraction de blocs éboulisés détachés d'une paroi ou d'un versant.

La première étape a consisté à définir des échelles de gélivité confrontées à celles obtenues sur le terrain. Ainsi trois classes de gélivité dépendants de la caractéristique des roches (porosité totale, granulométrie des pores, perméabilité, résistance mécanique) et de l'intensité du gel ont été définies pour les calcaires (LAUTRIDOU). Pour les roches siliceuses saines ou altérées dont l'éventail de porosité est moindre, on a pu cependant définir deux seuils critiques de porosité (3% et 6%) et montrer que les gels intenses produisent un amenuisement double à -30°C de celui à -5°C (LAUTRIDOU).

De plus, après notamment les travaux russes et français, il apparaît que le quartz peut être gélif, le paramètre microfissuration d'origine ancienne ou héritée (altérations diverses) s'avérant prédominant. Les figures examinées au MEB (SEM) attribuées au processus glaciaire sont en fait en grande partie d'origine périglaciaire.

La granulométrie et la forme des débris ont été caractérisées et comparées à celles des dépôts périglaciaires (heads, grezes, etc) afin par exemple de comprendre leur signification climatique et temporelle (nombre de cycles gel-dégel) et d'appréhender l'origine de la fraction fine. Des seuils de fragmentation et d'amenuisement maximum ont été définis

*Centre de Géomorphologie du CNRS, Caen, France

pour chaque faciès. Ainsi pour les schistes l'amenuisement est une fonction linéaire de la racine carrée du temps, et de l'intensité du gel.

Des essais de dilatométrie (PRICK) et de mesure des gonflements et contraintes (HALL) pendant le gel ont complété les autres expériences. De même le rôle des processus complémentaires a été étudié (humectation-dessiccation, chocs thermiques, influence des sels) afin de séparer l'influence de ces processus de celle du gel (HALL, MCGREEVY, ROBINSON).

LA DEUXIEME ETAPE: LA MODELISATION

La quantification des microfissures a permis de distinguer une quatrième classe de gélivité des calcaires. Puis sur des abaques les rôles respectifs de l'intensité du gel et de la teneur en eau ont été représentés. Enfin un modèle prédictif a été établi par Letavernier: $Ca=1/25(Nt-b)$, ca est le coefficient de fragmentation (granulométrie des gélifraacts après 100 cycles gel-dégel), la porosité, b la porosité critique définie dans chaque classe de gélivité en fonction de la teneur en eau et de la racine carrée de l'intensité du gel. Pour résumer, la gélivité augmente avec le carré de la porosité, la racine carrée de la température, la racine carrée du temps et la porosité critique.

Parallèlement un autre modèle portant sur des roches siliceuses a été établi par MATSUOKA en utilisant le critère mécanique du module d'Young.

La formule est alors la suivante:

$$R = f \left[\frac{(\mathcal{E}_{vol} + \mathcal{E}_{wat} + \mathcal{E}_{def})Et}{St} \right]$$

Avec R le taux de fragmentation, Et le module d'Young, St la résistance à la fraction, \mathcal{E}_{vol} la tension liée au gonflement de l'eau et \mathcal{E}_{wat} la tension liée aux migrations d'eau et \mathcal{E}_{def} la tension liée à la déformation plastique de la glace. Cette formule intègre indirectement la teneur en eau à un particulier l'eau adsorbée à et la température avec les indices \mathcal{E} .

PERSPECTIVES

En dépit de travaux menés par des physiciens, le mécanisme de la cryoclastie n'est pas encore totalement élucidé (rôle de l'eau adsorbée?).

Pour les géomorphologues il faut maintenant passer à l'échelle de la parol. Les premières tentatives menées en Normandie et des essais de modélisation pour une (HALLET, MATSUOKA) ont montré que les expériences antérieures permettent d'évaluer le comportement d'un versant

calcaire, mais aussi que d'autres paramètres complexes interviennent (fissuration, fatigue, nappes d'eau). Il faut donc tenter de tester de gros blocs avec ou sans pergélisol à la base (essais en cours à Caen) en parallèle avec des études de parois.

L'autre challenge est de confronter les deux modèles et de tenter une synthèse afin que cette approche soit plus utilisée que maintenant par les géomorphologues.

LES SOLS

L'expérimentation concernant les sols a abordé deux sujets qui sont – d'une part, les modalités de la cryoreptation et de la gélifluxion en fonction de paramètres comme la granulométrie des matériaux, les conditions thermiques, l'alimentation en eau et à d'autre part, l'origine des cryoturbations.

Lors d'expériences menées avec un limon riche en glace et des dégels brefs et répétés concernant une couche de faible épaisseur, une solifluxion en blocs avec arrachements régressifs sur une surface englacée est apparue. Des éléments de grande taille étaient entraînés et réorientés (REIN et BARROUS, HELLUIN *et al.*).

De 1993 à 1997, un programme a été développé au Centre de Géomorphologie de Caen avec un versant expérimental incliné à 12° (HARRIS et COUTARD). Il s'avère que les sols sablo-graveleux subissent des déplacements lents et limités dus essentiellement à la cryoreptation pendant le gel alors que les matériaux silteux où la ségrégation de glace est plus forte sont sujets à des déplacements beaucoup plus importants, en particulier grâce à une gélifluxion marquée pendant le dégel. Ces expériences montrent également que la gélifluxion pendant le dégel est liée à l'accroissement temporaire de la pression intersticielle et de la pression d'écoulement d'eau au moment du passage du front de dégel. D'autres essais (COUTARD et MUCHER) ont révélé que la gélifluxion se traduisait dans les matériaux fins par des microondulations et des microchevauchements.

Dans le domaine des cryoturbations, les expériences entreprises tant à Liège (PISSART) qu'à Caen (COUTARD et VAN VLIET-LANOË) démontrent que le gonflement différentiel des matériaux subissant des cycles gel-dégel est à l'origine des cryoturbations. De même, sous l'action des cycles répétés, des masses de limon prises dans un sable peuvent se déformer et migrer vers le bas dans leur matériau encaissant. Lors de l'emploi de matériaux naturels, la théorie du "load cast" et celle de la convection n'ont pas encore pu être vérifiées expérimentalement. Une expérience de cryoexpulsion a été faite à Caen (COUTARD et VAN VLIET-LANOË); il en ressort que les objets allongés sont les plus concernés par ce processus et que la vitesse d'expulsion a un rapport direct avec l'importance de la surface de ces éléments grossiers prise dans la matrice du sol.

Enfin la modélisation thermique, hydrique et mécanique de la propagation du gel d'abord utilisée par des ingénieurs à Caen (FREMOND *et al.*) pour des problèmes techniques (route, oléoduc, gazoduc) a été adaptée pour simuler la profondeur du pergélisol lors d'une période froide (LEBRET *et al.*). Il faut donc constituer l'expérimentation principalement sur les processus de cryoturbation et aussi sur ceux de la gélifluxion, par exemple la mise en place des heads (dépôt périglaciaire hétérométrique de versant) pour faire la part de la gélifluxion, du ruissellement, des débris (flows), de la tectonique.