

EROSION DES SOLS ET EROSION CHIMIQUE DANS LE BASSIN KARSTIFIÉ DE LA DAMUSSE (LORRAINE SEPTENTRIONALE)

par

Patrice GAMEZ¹

(2 figures et 1 tableau)

RESUME. - Le bassin de la Damusse (11,5 km²) est situé dans des argiles et des calcaires jurassiques. Des mesures *in situ* ont donné des valeurs de l'érosion des sols et de l'érosion chimique.

L'exportation des carbonates est double de l'érosion des sols. Le karst facilite en outre celle-ci en évacuant les colluvions argileuses. La corrosion est surtout le fait des aquifères épikarstiques et de la nappe du calcaire jurassique.

ABSTRACT. - **Soil erosion and chemical denudation in the karst of the Damusse River Basin (Northern Lorraine).** The Damusse Basin (11,5 square km) is located in Jurassic clays and limestones. Measurements *in situ* provided data concerning soil erosion and chemical denudation. The dissolved carbonate load is twice the suspended load. The soil erosion is favoured by the karst conduits which carry away the clayey load. Corrosion is mainly active in the epikarstic aquifers and in the water-table of the Jurassic limestone.

Le centre d'Etudes géographiques de l'Université de Metz a équipé depuis 1978 le bassin versant de la Damusse sur l'interfluve Loison-Othain (P. Gamez, F. Gras et M. Sary, 1979). Ce bassin versant karstifié est situé en Lorraine septentrionale, à l'est de la cuesta des Hauts de Meuse, à la transition entre le Pays-Haut calcaire (revers de la cuesta de Moselle) et la Woëvre argileuse (dépression subséquente des Hauts de Meuse). L'analyse des processus hydrogéomorphologiques (P. Gamez, M. Sary, 1979), complétée par des mesures *in situ*, permettent une approche quantitative de l'érosion des sols et de l'érosion chimique " assistées par le karst " (M. Sary, 1984).

I. - LE CADRE PHYSIQUE (Carte fig. 1 et fig. 2)

Le bassin versant d'alimentation d'une superficie proche de 11,5 km² est entaillé dans les argiles calloviennes (40 à 60 m d'épaisseur) et dans la partie supérieure des calcaires bathoniens sous-jacents (Dalle d'Étain de 30 à 40 m d'épaisseur). Ces couches inscrites dans le synclinal de Luxembourg sont légèrement inclinées vers le sud-ouest avec une accentuation par flexure en aval pendage.

C'est un bassin compact entaillé par le réseau hydrographique de la Damusse conformément au pendage général, et dont le relief se caractérise par :

1) Un **interfluve** constitué de collines argileuses armées de petits bancs calcaréo-gréseux (pierre d'eau) qui confèrent une certaine vigueur au relief. C'est sur

les versants de cet interfluve que nous avons des têtes de vallons en forme d'hémicycles à pentes raides (rondvaux), se raccordant à des fonds de vallons très empâtés. Les processus de solifluxion se concentrent sur ces versants car :

- les argiles calloviennes atteignent d'autant plus facilement la limite de plasticité qu'elles sont sableuses et lardées de dépôts gypseux;
- les petits bancs calcaréo-gréseux armant la masse argileuse sont autant de drains recoupés par les versants. Ils entretiennent l'imbibition des colluvions et la raideur des versants, favorisant les dépassements de limite de cohésion des argiles;
- les fentes de dessiccation favorisent en fin de saison sèche la pénétration profonde des eaux dans l'argile et leur décollement;
- les héritages quaternaires (lambeaux de couverture éolienne, bourrelets de solifluxion) sont très sensibles à toute modification des équilibres du milieu naturel.

Or, celui-ci a subi depuis les premières déforestations et occupations du sol dans le bassin de Delut, une forte pression anthropique :

- la solifluxion est généralisée dans les rondvaux déboisés;

¹ Centre d'Etudes géographiques de l'Université de Metz (C.E.G.U.M.) Ile du Saulcy, F 57045 Metz Cedex (France).



Figure 1. - Carte

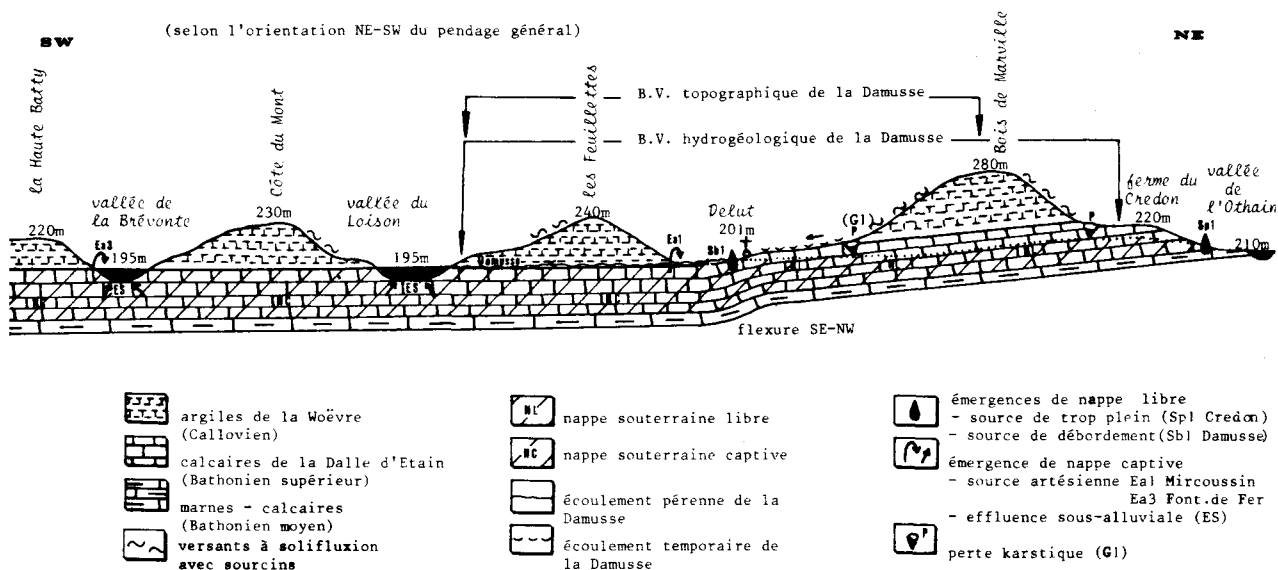


Figure 2. - Coupe schématique du Bassin de la Damusse.

- avec le développement récent de l'économie herbagère, les abreuvoirs naturels captant les ressources hydriques des pierres d'eau forment autant de cicatrices d'arrachement et favorisent par leurs débordements l'imprégnation des colluvions;
- l'exploitation mécanisée des forêts et des prairies (secondaires, temporaires ou artificielles), la généralisation de la traite en stabulation villageoise (piétinement) entraînent également des déséquilibres ponctuels non négligeables.

2) Une **dépression alvéolaire à rondvaux** dont le plancher est constitué par la partie sommitale des calcaires de la Dalle d'Étain. C'est dans la concavité basale des versants, que se situe la majorité des phénomènes karstiques (mardelles, pertes d'eau et gouffres) :

- constituée par un matériau propice à la pénétration de l'eau et située au pied d'interfluvés argileux favorisant sa concentration, la Dalle d'Étain est karstifiée;
- ces phénomènes karstiques sont essentiellement situés dans la zone de contact entre la dalle calcaire et les versants argileux colluvionnés;
- ils forment un niveau de base local conditionnant la dynamique des processus d'érosion sur les versants, selon des modalités variables.

Dans les **rondvaux boisés**, l'érosion se manifeste surtout sous la forme d'entailles liées à la concentration du ruissellement (précipitations et sourcins des pierres d'eau) en direction des pertes. Ces apports en sédiments sont limités par le nombre des exutoires, le développement faible des versants et l'entrave végétale. De plus, la généralisation des plans de glissement dans les colluvions de bas de pente à proximité des ouvertures, se combine à la suffosion karstique (évolution sous couverture : P. Gamez, M. Sary, 1979) pour nourrir directe-

ment et en permanence les écoulements souterrains.

Dans les **rondvaux déboisés** (prairies), le ruissellement est plus limité alors que la solifluxion est généralisée. En pied de versant, les ouvertures karstiques sont totalement colmatées par le matériau soliflué qui transite lentement vers les circulations souterraines.

Quant au **fond de la dépression** inscrite dans la partie supérieure de la Dalle d'Étain, elle est caractérisée par :

- des glacis de revers structuraux à gélifracsts surmontés de limons éoliens;
- des vallons en berceau et à fond plat empâtés par les colluvions;
- l'absence de phénomènes karstiques;
- une mise en culture généralisée.

II. - LES TYPES D'ÉCOULEMENT

L'écoulement des eaux est lié aux particularités du climat lorrain qui se caractérise dans la Woëvre septentrionale par des précipitations moyennes de 817 mm/an et des températures moyennes annuelles de 8,5° (station de Damvillers). Mais plus que les moyennes, se sont les irrégularités annuelles (765 mm en 1978, 895 mm en 1979) et mensuelles qui jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des processus hydrologiques, morphogénétiques et karstogénétiques.

L'eau qui ruisselle sur les buttes argileuses, issue des précipitations et des sourcins des pierres d'eau, est captée dans la concavité basale, au contact de la Dalle D'Étain, par les pertes karstiques. Cette eau transite par les circuits karstiques pour atteindre la nappe des calcaires. Elle réurge en différents points autour du village

de Delut (émergences pérennes de la Damusse, de Mircoussin, trop-plein de crue des Bouillons) et donne naissance au ruisseau du Moulin.

Dans la dépression, sur les glacis de revers et les vallons, les circulations ne sont par conséquent qu'épisodiques, se produisant essentiellement lors d'épisodes particulièrement humides.

On peut ainsi observer à l'aval en période de crue, le cumul de trois types d'écoulements : écoulement de nappe, ruissellement transitant par le karst, ruissellement de surface.

Le fonctionnement hydrologique du bassin apparaît donc discontinu dans le temps et dans l'espace :

- les écoulements de surface ne s'effectuent qu'en période humide. A l'entrée du système karstique (tableau : ruissellement sous forêt et sur pâturages) ils ont fonctionné 171 jours (moyenne annuelle 1978 et 1979), pour une surface de bassin versant de 3,5 km² environ, représentant 36 % des écoulements mesurés à l'exutoire du bassin (ruisseau du Moulin). Dans le fond de la dépression, le ruissellement est fonction non seulement de la saturation en eau du sol, du gel et de l'intensité des pluies, mais aussi de la mise hors-circuit momentanée des pertes karstiques en amont des rondvaux déboisés, qui sont obstruées par des coulées de solifluxion (diminution de leur capacité d'absorption). Ils ont fonctionné en moyenne 40 jours (1978-1979), drainant une superficie de 2,5 km², et représentant 28 % des écoulements à l'exutoire.
- les écoulements souterrains sont de type mixte, nappe et karst. Les apports correspondent à l'alimentation par les pertes en pied de versant argileux. Ils s'écoulent par les émergences de la Damusse et de Mircoussin, à l'aval du village de Delut. Lors des plus fortes crues (débit supérieur à 1 m³/s : 11 jours en 1978, 19 en 1979) le trop-plein du ruissellement karstique, représentant en moyenne 8 % des volumes d'eau, assure dans le village le fonctionnement de l'émergence des Bouillons. La pérennité des écoulements est assurée par la nappe des calcaires bathoniens (surface du bassin d'alimentation de 11,5 km²) qui se vidange par les sources de trop-plein de Crédon et Broche d'Or en amont pendage, et en aval pendage par les émergences de la Damusse et de Mircoussin. Elle assure la fourniture de 36 % des écoulements mesurés.

III. - LES VALEURS DE L'ÉROSION

L'approche quantitative de la morphogenèse actuelle du bassin d'alimentation de la source de la Damusse a été permise par la réalisation de mesures effectuées tant à l'amont qu'à l'aval des systèmes hydrologiques, au cours des années 1978 et 1979 (1). Le tableau résume les valeurs de l'érosion des sols (turbidité

et de l'érosion chimique (dureté totale ou titre hydro-timétrique).

1. LA TURBIDITE

Avec une mobilisation moyenne annuelle de 262 t et une dégradation spécifique de 104 t/km²/an, c'est le ruissellement sur les vallons cultivés de la dépression qui apparaît comme l'agent le plus efficace de la dégradation des sols, devant le trop-plein karstique de crue (159 t exportées et une dégradation spécifique de 45 t/km²/an) et le ruissellement aboutissant aux pertes karstiques (120 t et 34 t/km²/an).

Mais si l'on tient compte de la durée de fonctionnement des différents types d'écoulements, ce sont les circulations de type karstique qui apparaissent les plus virulentes (15,9 t/km²/jour de fonctionnement) devant le ruissellement sur vallon (6,5) et très loin devant le ruissellement sous forêt et prairie (0,7). On constate d'autre part que les turbidités moyennes mesurées évoluent dans le même sens : 394 mg/l au trop-plein des Bouillons, 181 mg/l dans les vallons, 63 mg/l sous forêt et prairie.

D'une manière générale, les apports de sédiments aux pertes sont sous forêt limités par :

- la concentration du ruissellement dans des entailles aboutissant à un nombre réduit de pertes (57);
- le faible développement des versants;
- l'entrave végétale apportée à la mobilisation des particules.

On ne peut toutefois, compte tenu de l'aspect ponctuel des mesures (25), négliger l'éventualité d'apports par bouffées épisodiques (sapements et éboulements de berges).

Par contre, le ruissellement trouve dans les vallons de la dépression des conditions optimales pour que s'exerce pendant un laps de temps court, une forte mobilisation des matériaux :

- 60 % des précipitations tombent alors que les labours ont ameubli un sol dépourvu de végétation;
- le karst assure indirectement la fourniture de masses d'eau importantes. Au pied des versants des rondvaux déboisés, les pertes karstiques, colmatées par les

1) Mesures physico-chimiques et de suspensions ponctuelles ou hebdomadaires aux :

- émergences karstiques : Damusse, Mircoussin, Bouillons à Delut;
 - émergences de nappe : source de Crédon à Marville, des Vignes à Juvigny sur Loison;
 - ruisseau du Moulin, exutoire du bassin de la Damusse à Delut;
 - pertes karstiques (gouffre G1) et ruissellement de surface.
- Analyses physico-chimiques : CEGUM, SRAE Lorraine, DDA Meuse.
- Analyses de suspensions : CEGUM.

Tableau 1. - Valeurs de l'écoulement et de l'érosion

	Type d'écoulement	Ruissellement sur vallons cultivés	Ruissellement sous forêt et sur pâturages	Nappe karstique	Exutoire du bassin versant	Trop-plein karstique de crue
HYDROLOGIE	part de l'écoulement total (0/o)	28	36	36	100	8
	Activité moyenne annuelle (en jours)	40	171	365	365	10
	débit moyen par jour de fonctionnement (m ³ /s)	0,417	0,128	0,058	0,164	0,468
	Surface d'alimentation concernée (km ²)	2,5	3,5	11,5	11,5	3,5
TRANSPORTS SOLIDES	turbidité moyenne (mg/l)	181	63	0	44	394
	nombre de mesures	10	25	0	102	10
	Tonnage annuel exporté	262	120	0	228	159
	Dégradation spécifique (t/km ² /jour)	6,5	0,7	0	0,6	15,9
	Dégradation spécifique (t/km ² /an)	104	34	0	19	45
EROSION CHIMIQUE	TH moyen (mg/l)	39	56	145	123	58
	Nombre de mesures	10	25	34	96	10
	Tonnage annuel exporté	56	106	267	636	23
	Dégradation spécifique (t/km ² /jour)	1,4	0,6	0,7	1,7	2,3
	Dégradation spécifique (t/km ² /an)	22,4	30	23	55	6,5
	Dégradation spécifique (mm/1000 ans)	8,8	12,1	17,8	22,1	2,6

mouvements de masse, ont une capacité d'absorption des eaux de ruissellement limitée. Il se crée des écoulements en continuité des versants à l'aval du Bassin, qui traversent ainsi l'ensemble de la zone cultivée.

Mais il existe une distorsion entre la très forte turbidité moyenne (394 mg/l) mesurée au trop-plein des Bouillons pendant un laps de temps très court (10 jours), comparée à la turbidité plus faible (18 mg/l) et au fonctionnement plus fréquent des ruissellements de fond de dépression (40 jours). C'est entre les entrées du système karstique (pertes) et le trop-plein de crue que s'exerce la suffosion karstique (fonds de mardelles, gouffres, fissures colmatées) qui nourrit directement les circulations souterraines en sédiments. Chaque épisode de crue assure ainsi l'évacuation massive et rapide des dépôts accumulés au long de l'année.

Il faut noter, enfin, le déséquilibre du bilan des particules mobilisées annuellement sur les versants et dans la dépression (382 t), et la relative faiblesse des exportations et des teneurs mesurées à l'exutoire du bassin (228 t) : 50 à 60 % des particules mobilisées ne sont pas exportées. C'est encore le karst qui joue là un rôle direct et indirect non négligeable :

- une partie des sédiments mobilisés sur les versants reste piégée en fin de crue dans les fonds colmatés des pertes d'eau;
- l'exportation des sédiments piégés par suffosion dans le karst ne se fait que lors des épisodes de crue les plus importants;
- ruissellement de surface et ruissellement souterrain sont rarement en phase. Lorsque les écoulements de surface parviennent à l'aval de la dépression, l'infiltration en direction du karst profond est alors facilitée par la gélifraction et la micro-fissuration du calcaire bathonien. Les fonds de vallons fonctionnent en zone de perte diffuse régressive : la compétence des écoulements diminue et se forment alors des dépôts. Dès que les pertes colmatées par la solifluxion au pied des rondvaux en pâturage sont capables d'évacuer le ruissellement des versants, les circulations cessent dans la dépression.

Comme les circulations hydrologiques, la mobilisation et l'exportation des colluvions apparaissent discontinues dans le temps, dans l'espace et en intensité. Mais avec une dégradation spécifique à l'exutoire de 19 t/km²/an, le bassin de la Damusse se situe largement au-dessus du seuil de tolérance admis par le "Soil Conservation Service" des Etats-Unis (11 t/km²/an).

2. L'ÉROSION CHIMIQUE

L'étude de l'agressivité théorique des eaux à partir des courbes d'équilibre de H. Roques, montre que les eaux sont toujours sous-saturées, tant au niveau des pertes que des émergences karstiques ou de la nappe bathonienne. Cette sous-saturation généralisée a pour origine :

- l'importance du ruissellement sur les argiles (64 % des écoulements);
- le temps de contact très court à l'interface eau/roche, les vitesses de circulation étant rapides tant en surface que dans les calcaires karstifiés;
- le régime pluviométrique qui fournit 60 % des apports (1978 et 1979) en période non végétative.

Avec une exportation moyenne annuelle de 267 t, c'est la nappe du Bathonien qui apparaît l'agent le plus efficace de l'érosion chimique dans le bassin de Delut, devant le ruissellement sous forêt et sur pâturages (106 t), le ruissellement sur le fond de la dépression (56 t) et les écoulements karstiques de crue (23 t). Ces chiffres sont en accord avec les minéralisations mesurées. Mais les résultats sont différents si l'on cherche le degré d'intensité des modes de la corrosion.

Ce sont les trop-pleins karstiques qui arrivent en tête avec une exportation moyenne journalière de 1,7 t, devant le ruissellement sur vallons (1,4 t), la nappe ne fournissant que 0,7 t/jour et le ruissellement aux pertes 0,6 t/jour. Les quantités d'eau mises en jeu semblent donc fondamentales pour expliquer l'importance de la corrosion.

Dans ces conditions, le ruissellement de surface ne fournit que 25 % des carbonates exportés, les écoulements souterrains apportant 75 % du total. Mais il faut moduler ce dernier chiffre en fonction des enseignements apportés par les mesures effectuées aux sources de Crédon (fig. 1 et fig. 2) et des Vignes (Juvigny-sur-Loison), qui déversent le trop-plein des eaux de la nappe bathonienne. Dans les deux cas, l'on observe des minéralisations plus faibles (80 à 90 mg/l) qu'aux émergences pérennes du bassin de Delut (145 mg/l en régime non influencé). Le débit moyen annuel de Crédon se situant entre 10 et 15 l/s. pour un bassin versant de 2 km², le tonnage exporté annuellement par la nappe libre bathonienne s'établit à environ 227 t de carbonates : chiffre très proche des 207 t qui manquent au bilan entrées/sorties du bassin.

Ainsi la nappe bathonienne ne fournirait que 42 % du chimisme total, les 33 % restant provenant des aquifères épikarstiques :

- zone de gélifraction et de détente mécanique de subsurface, feutrée de colluvions et de dépôts éoliens;
- portions de la Dalle d'Étain sujettes à la drainance sous les interfluves argileux et dans les colluvions de bas de pente;
- fentes du calcaire dans lesquelles s'exerce sous forêt la suffosion karstique (fonds de mardelles, gouffres et pertes plus ou moins comblés par les mouvements de masse des argiles).

La nappe des calcaires est donc nourrie en période de vidange par les apports retardés, à circulation lente et forte minéralisation des aquifères épikarstiques, ce qui n'est pas le cas de la nappe libre bathonienne alimentant

les sources de trop-plein (Credon, Vignes).

La triple commande bioclimatique, lithostratigraphique et karstogénétique qui s'exerce dans le bassin de la Damusse détermine la distribution de l'ablation chimique en 25 % d'érosion de surface, 75 % d'érosion de fond, dont 42 % pour la nappe libre des calcaires et 33 % pour les apports retardés d'origine épikarstique.

Enfin, la corrosion principalement karstique est l'élément morphogénétique le plus actif aujourd'hui dans le bassin de la Damusse : elle exporte uniquement en carbonates 636 t annuelles, contre seulement 228 t pour l'érosion des sols. Ceci représente une ablation de 22 mm/millénaire, chiffre certes isolé, mais qui est comparable aux données de G. Fabre (1980) pour le Languedoc oriental.

CONCLUSION

Le karst joue un rôle fondamental dans la morphogénèse actuelle du bassin de la Damusse :

- la seule exportation des carbonates est au moins deux fois supérieure à l'exportation des sols;

- il assiste l'érosion des sols par ses crues qui évacuent les colluvions prélevées à la base des versants argileux (suffosion des colluvions alimentée en partie par la solifluxion des versants);
- il est l'agent principal de la corrosion par le jeu des aquifères épikarstiques et de la nappe libre bathonienne qu'il draine.

BIBLIOGRAPHIE

- FABRE, G., 1980. Les karsts du Languedoc oriental. Recherches hydrogéomorphologiques. Assoc. Française de Karstologie. Mémoire n° 2.
- GAMEZ, P., GRAS, F. & SARY, M., 1979. Le revers de la Dalle d'Étain en Lorraine septentrionale. Un exemple de l'influence du karst sur la géodynamique externe. Comptes rendus du colloque Franco-Belge de karstologie appliquée. Liège 24-27 mai 1979.
- GAMEZ, P. & SARY, M., 1979. Morphogenèse et karstogénèse en Woëvre septentrionale. "L'interfluve Loison-Othain". Mosella, IX, n° 1.
- SARY, M., 1984. Solifluxion naturelle et anthropique assistée par le karst. Colloque mouvements de terrain. 22-24 mars 1984. Université de Caen (à paraître).