

*Jean Alexandre*

*Elisabethville*

## LA SUCCESSION PROBABLE DES PHASES MORPHOLOGIQUES AU COURS D'UN CYCLE CLIMATIQUE QUATERNAIRE EN HAUTE BELGIQUE

### Abstract

Observations regarding Quaternary climates and morphological evolution become now numerous in High Belgium and call for a first critical examination, especially as regards the formation of „stability” terraces.

A. Cryergic periods seem to coincide, in the main valleys and along brooks with gentle slope, with a notable slackening and even stopping of vertical erosion, followed then by a rejuvenation („pediments” or erosion surfaces moulded by the combined work of frost and solifluction, graded in relation with the top of the terrace deposits; superimposed brook or gully on the valley-side of the former through the rock waste).

Time elapsed between the solifluction phase and the renewed down cutting would be small enough to avoid modification of the river course, which is ruled by the solifluction deposits coming down on the bottom of the valley.

In the middle course of the brooks, asymmetrical valley betokens simultaneous action of solifluction and vertical erosion: both phases cannot be distinguished in such a case.

B. The lack of concordance between relief features appeared after the solifluction phase and the weak power of the present running water imply the presence of a transition phase (rain-wash phase). The criteria for estimating the eroding power (not working runways under forest, underfit meanders, precocious senility of some brooks) have to be used with carefulness.

C. Between the comparatively quiet phase of temperate climate and the coming back cryergy, a second rain-wash phase seems to occur, but its effects may seldom be checked (truncated soil profile overlain by coarse and flat lying sediments, residue of the sorting of the upper part by running water, fossilized itself by solifluction deposits).

Therefore, the most complete climatic cycles would comprise four phases at least. It remains to study further details of their morphological effects in each part of the hydrological basin (valley-side, valley-bottom of brooks, and then of streams). If well used, this starting schema would make easier research as regard originality of each cycle.

Dans une étude sur le relief de l'Ardenne Centrale, depuis longtemps terminée mais publiée récemment<sup>1</sup>, nous étions arrivé à la conclusion que les cycles morphoclimatiques quaternaires les plus complets devaient être composés de trois phases successives au moins: dans la première, la solifluction aidée par la cryoclastie était l'agent d'érosion principal; au cours de la seconde, le ruissellement concentré, jusqu'alors peu efficace, devenait prépondérant; suivait enfin une phase de climat tempéré sans grande activité autre que pédologique.

<sup>1</sup> Présentée comme thèse de doctorat en mars 1956, publiée dans les *Mémoires de la Société Géologique de Belgique*, fin 1958.

Les recherches qui ont été entreprises depuis lors, dans d'autres parties de la Haute Belgique, notamment par l'école du professeur Macar<sup>2</sup>, ainsi que de nouvelles observations personnelles, sont venues étoffer le schéma proposé et ont confirmé la valeur générale de ces points, tandis qu'elles précisaien les réserves à faire sur d'autres. Une première mise au point s'imposait.

Pour l'examen de chaque enchaînement de phases consécutives, il convient de distinguer les différentes positions dans la hiérarchie du bassin hydrographique, à savoir le versant, le fond de la vallée du ruisseau et celui de la rivière.

#### PHASE DE SOLIFLUCTUATION — PHASE DE RUISELLEMENT

La succession sans délai de ces deux phases est attestée, le long des rivières principales par la présence de surfaces d'aplanissement plus ou moins parfaites, engendrées principalement par la cryergie et associées étroitement dans leur partie inférieure, à des lambeaux de terrasse (Alexandre 1958, p. M 225 et fig. 1a). Ces surfaces, rappelons-le, sont localisées sur les bancs les moins résistants à la gélivation (roches schisteuses, et pour les niveaux supérieurs du moins, calcaires) et à proximité des niveaux de base locaux. Leur pente est de l'ordre de 3° et plus lorsque les agents de transport en masse sont intervenus seuls; il s'agit alors de véritables glacis. Mais elle peut être inférieure et atteindre la valeur de 1° seulement lorsqu'un écoulement organisé a pris le relai dans l'évacuation de produits d'altération particulièrement fins, comme ceux des schistes peu évolués par exemple. L'aplanissement ne s'effectue pas uniquement aux dépens des versants de la vallée principale, il peut également s'étendre, quelquefois assez loin, le long des cours d'eau secondaires. L'étude des terrasses de la plupart des grands bassins de la Haute Belgique a montré que ces surfaces d'aplanissement avaient une grande extension non seulement dans l'espace mais aussi dans le temps, puisque chaque niveau de terrasses est en relation avec un grand nombre de fragments d'une même surface.

Cette disposition du glacier et de la terrasse, dans le prolongement l'un de l'autre, est l'indice d'un creusement faible tant qu'a duré le façonnement du glacier, c'est-à-dire pendant la phase de solifluction, puis d'une reprise accélérée de l'érosion verticale, concomitante d'un ruissellement abondant. Même au cours de la période la plus froide, le creusement ne

---

<sup>2</sup> C. Ek, 1957, G. Seret 1957, A. Chapelier 1957, A. Hufty 1959, A. M. Clairbois 1959.

s'arrête que rarement car une grande partie des lambeaux de terrasse ont leur fond rocheux nettement incliné („terrasse polygénique”). Toutefois, les glacis n'ont pas à se réadapter à ce niveau de base variable, car leur pente est égale ou supérieure à celle de la terrasse (fig. 1 b). Dans les tronçons où les surfaces d'aplanissement sont presque horizontales, la faible résistance du substratum a probablement permis une érosion généralisée du fond de la vallée, car la terrasse est elle-même pratiquement sans pente. Dans ce cas, la mise en place des alluvions caillouteuses que l'on y observe à présent, se serait faite uniquement au cours de la phase de solifluction. La présence de dépôts de solifluction au sommet des alluvions d'une terrasse ne peut attester l'antériorité d'une phase de solifluction à la reprise d'érosion responsable de la mise en relief de la terrasse, que s'il s'agit du dernier niveau<sup>3</sup>. Dans les autres cas, les apports des versants peuvent être postérieurs au recreusement, le paléosol qui aurait pu limiter vers le bas les nouveaux dépôts ayant été lui même emporté par la solifluction. Cette indétermination est toutefois éliminée lorsque ces dépôts reposent sur une série alluviale comprenant en son sommet des limons de débordement sans trace d'activité pédologique (Gullentops 1954, p. 184).

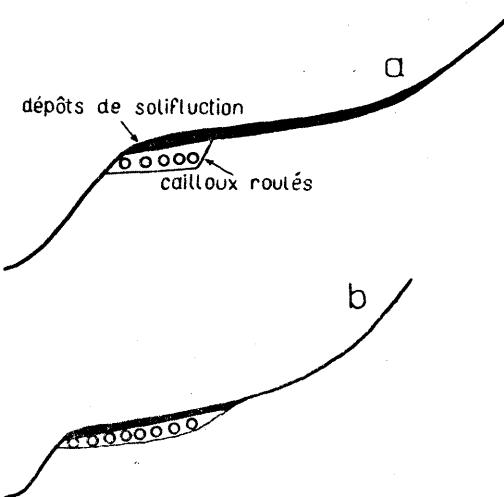


Fig. 1

Dans les vallées secondaires, la distinction entre ces deux phases consécutives n'est pas aussi aisée que dans les grandes. Certains cas particuliers n'offrent cependant aucune difficulté. Dans le tronçon supérieur par exemple, il est fréquent que la masse des produits emmenés par la solifluction à partir du plateau soit démesurée par rapport à la force

<sup>3</sup> Une étude des terrasses du bassin entier est nécessaire pour en juger. En effet le raccord de proche en proche des lambeaux de terrasse a montré que les niveaux inférieurs semblaient se confondre vers l'amont avec la plaine alluviale actuelle. Le niveau qui localement est le plus bas, ne date donc pas nécessairement du dernier cycle climatique efficace du point de vue de la morphologie.

vive du ruisseau. Une phase d'accumulation apparaît alors, nettement séparée de la reprise ultérieure de l'érosion verticale. Ce qui présente une certaine analogie avec les phénomènes observés sur les versants. Le ruisseau peut même, si le remblaiement est suffisant, se surimposer à l'un des versants de sa propre vallée.

Vers l'aval, l'entaille d'une surface d'aplanissement éventuelle par le ruisseau ne peut constituer un témoignage de la succession des deux phases de solifluction que si, de nouveau, la surface est apparue au cours du dernier cycle, ce qui se produit assez rarement.

Toutefois, la topographie la plus typique de l'étage inférieur des petites vallées de la Haute Belgique n'est pas celle des terrasses de remblaiement par solifluction, ni celle des aplanissements incisés, mais, sans conteste, la dissymétrie du profil en travers. Le creusement oblique *généralisé*<sup>4</sup> du ruisseau est le plus fréquemment, plutôt que le façonnement différentiel, le processus responsable de cette asymétrie (Alexandre 1958, p. M 265). La composante latérale de ce mouvement est l'effet d'une poussée résultant de l'inégalité des volumes de produits soliflués en provenance des deux versants. L'origine de cette inégalité doit être cherchée, suivant les cas, dans l'exposition (l'action de la cryergie étant plus importante, toute autre circonstance égale, sur les versants tournés vers le nord et l'est), la différence de hauteur ou de composition lithologique.

A l'encontre de ce qui se produit dans les grandes vallées, le creusement oblique des ruisseaux implique qu'une érosion verticale relativement importante peut, ici, prendre place dans la phase de solifluction. Un tel enfouissement ne peut, en effet, être considéré comme la conséquence d'une série de glissements latéraux et de reprises d'érosion alternatifs avec uniformisations du versant par la cryergie, car les bancs très quartzeux, peu sensibles à l'action de cette dernière, auraient gardé enregistrée cette succession de phénomènes sous la forme approximative d'un escalier.

Même dans un substratum homogène, le glissement latéral est loin d'être constant: nul près de la source, il augmente progressivement jusqu'à un maximum; la régression est, ensuite, assez rapide (fig. 2 a). D'autre part, le tronçon asymétrique correspond, dans sa majeure partie, avec un profil en long relativement bien équilibré et limité vers l'aval par un ressaut de reprise d'érosion (fig. 2 b). Il semble, dès lors, que les phases de solifluction et de ruissellement n'aient pas eu les mêmes effets morphologiques le long des ruisseaux, malgré la présence de l'érosion verticale au cours de l'une et l'autre phase. Pendant la première, l'érosion aurait

<sup>4</sup> Par opposition au creusement oblique *localisé* des méandres sculptés (*ingrown meanders*).

persisté uniquement dans la partie amont où se terminait la prise en charge par l'eau courante, tandis qu'à l'arrivée de la seconde, la reprise d'érosion des rivières principales aurait engendré une vague d'érosion régressive dans les vallées secondaires.

Les versants dont la pente n'est pas excessive sont couverts de dépôts de solifluction dans lesquels se sont gravés de fins chenaux de ruissellement qui ont souvent atteint le substratum. Les chenaux qui n'ont pas percé le manteau de produits soliflués ou ceux qui se sont surimposés à un versant schisteux, ne présentent jamais aucun indice d'asymétrie. Leur érosion a donc débuté lorsque la phase de solifluction était entièrement terminée. Si les ravins

enfoncés dans une roche plus résistante que le schiste ou le phyllade, présentent, au contraire, assez souvent un profil dissymétrique, c'est qu'ils sont relativement anciens et persistants à une phase de solifluction. Au cours de celle-ci, les autres chenaux ont disparu à la suite du remaniement, par la cryergie, de la substance de leur versant. Ils laissaient ainsi un versant régularisé sur lequel sont apparus de nouveaux chenaux symétriques.

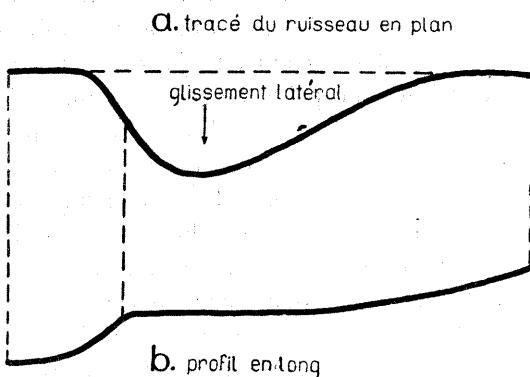


Fig. 2

#### PHASE DE RUISELLEMENT — PHASE DE CLIMAT TEMPERE

Il est très difficile de mettre en évidence le passage de la phase de ruissellement à la phase de climat tempéré, sans doute à cause de la très faible activité morphologique de cette dernière. Il est, en somme, très heureux que nous soyons actuellement dans une telle phase sinon une grande partie de ses caractères nous seraient inconnus.

Lorsque les chenaux inscrits dans les dépôts de pente sont peu profonds et ont un profil évasé, il est fréquent qu'on y observe le même profil pédologique que sur le versant lui-même. L'activité pédologique de la phase de climat tempéré est donc postérieure à la période de ruissellement abondant. De même, sous forêt, il n'est pas rare de rencontrer des chenaux de ruissellement qui ne sont plus fonctionnels: le terreau y atteint

une certaine épaisseur et les racines des arbres n'y sont pas déchaussées. L'abandon de ces chenaux par l'écoulement peut toutefois résulter de causes autres que climatiques: un des chenaux peut s'approfondir plus rapidement que les autres et modifier les conditions hydrologiques.

Dans leur cours moyen, un grand nombre de ruisseaux présentent un aspect que nous avons qualifié de „sénilité précoce“ (Alexandre 1958, p. M 305). Les méandres à faible rayon de courbure, presque sans contact avec le bas des versants, toujours assez raides, semblent témoigner d'un débit efficace incapable de rendre compte du calibrage de la vallée relativement large (photo 1). En réalité, la partie du cours au faciès sénile correspond à une zone qui n'a plus connu d'érosion verticale importante depuis la formation, dans la vallée principale, de l'une des premières terrasses quaternaires. Depuis lors, bien que l'épaisseur des dépôts y excède rarement une dizaine de mètres, cette zone a été le siège d'une tendance à l'accumulation, notamment au cours des différentes phases de solifluction. Les conditions ont donc sensiblement varié entre l'époque où la vallée a été excavée sous une forme à peu près définitive et celle où sont apparus les méandres actuels. Dans quelle mesure les ruisseaux précolement séniles sont-ils l'effet d'une diminution du débit efficace plutôt que de l'enfoncement du réseau hydrographique?

La même indétermination existe à propos des méandres complexes des grandes rivières. On sait que le rayon de courbure est grossièrement proportionnel au débit. Mais les grandes boucles encaissées ont un âge extrêmement différent de celui des petits méandres libres qui se sont inscrits à l'intérieur (fig. 3).

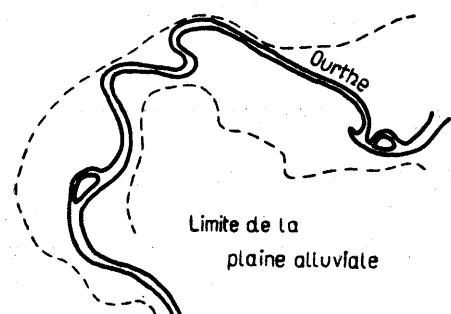


Fig. 3

L'origine des premières remonte à la période qui a directement précédé l'encaissement, c'est-à-dire à plusieurs cycles en arrière; les seconds sont pratiquement actuels. Les grands méandres caractérisaient le début d'une

phase de ruissellement et leur tracé résulterait, dans certains cas, d'une composition avec les cônes de déjection des affluents, formés au cours de la phase de solifluction précédente (Alexandre 1957). Ces méandres n'auraient jamais été vraiment libres. Des facteurs étrangers au problème de la diminution de débit sont donc également intervenus.

Quoiqu'il en soit, cette diminution de débit efficace lors du passage de la phase de ruissellement à la phase de climat tempéré, a dû exister mais a probablement été moins importante que ne le laissent supposer les indices.

#### PHASE DE CLIMAT TEMPÈRE — PHASE DE SOLIFLUCTION

Que se passe-t-il exactement entre ces deux phases ? Existe-t-il entre elles une transition qui pourrait prendre la forme d'une seconde phase de ruissellement, comme nous l'avions suggéré autrefois (Alexandre 1958, p. M 319) ?

Un moment, nous avons cru reconnaître dans une carrière ouverte dans un méandre recoupé de la Lesse, des traces de cette seconde phase (Macar et Alexandre 1958, p. 19). En effet, dans ce tronçon de vallée abandonnée par l'écoulement, le remblaiement effectué par les agents de transport en masse présentait une structure assez particulière. On pouvait y reconnaître un certain nombre de séquences à peu près semblables. Sur un paléosol plus ou moins tronqué, reposait un mince lit de cailloux plus ou moins grossiers et posés à plat; ce lit était surmonté par une masse limoneuse dans laquelle les plus gros éléments avaient une disposition quelconque et où les petits débris de schiste étaient cependant arrondis. La partie supérieure de cette masse limoneuse était elle même le siège d'une nouvelle activité pédologique. La succession des phénomènes devait donc être la suivante: a. pédogénèse de climat tempéré; b. ruissellement de type diffus, vraisemblablement sur sol gelé; c. solifluction.

Au fur et à mesure que l'on connaît mieux les relations qui existent entre ces dépôts et les grèzes litées auxquelles ils passent latéralement en direction des versants aujourd'hui fossilisés, il apparaît comme de plus en plus certain que ce ruissellement en nappe ne caractérise pas une phase particulière et doit également prendre place au cours de la phase de solifluction. Les dépôts de ruissellement les plus limoneux auraient été repris, à différents moments, par la solifluction. Il subsiste, en effet, dans la masse hétérogène, quelques lits non perturbés qui témoignent de l'alternance de l'un et de l'autre processus.

Nous avons essayé d'établir un schéma de la succession des phases au cours d'un même cycle, en ne nous basant que sur des faits d'observation. C'est l'interprétation de ces faits que nous venons de soumettre à la critique. Appliqué à la lettre, ce schéma a pu et pourrait encore constituer un certain danger et pousser l'observateur à voir ou entrevoir des

phénomènes inexistant. Utilisé comme méthode de recherche et en tenant compte de plusieurs éventualités telles que celles d'un cycle incomplet ou d'une grande variabilité dans la durée des phases, il permet de mettre en relief des faits auparavant insignifiants et de poser de nouveaux problèmes. Au cours de quelle(s) phase(s), par exemple, s'est exercé l'importante érosion latérale de certains cycles, qui a, chaque fois, calibré à nouveau la plupart des vallées?

### Bibliographie

- Alexandre, J. 1957 — Les terrasses des bassins supérieurs de l'Ourthe et de la Lesse. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 80; pp. B 317—332.
- Alexandre, J. 1958 — Le modèle quaternaire de l'Ardenne Centrale. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 81; pp. M 213—331.
- Chapelier, A. 1957 — Nouvelles observations sur les niveaux de terrasse de la Vesdre. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 80; pp. B 379—394.
- Clairbois, A. M. 1959 — L'évolution de la Meuse entre Liège et Anséremme au cours du Quaternaire. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 82; pp. B 213—233.
- Ek, C. 1957 — Les terrasses de l'Ourthe et de l'Amblève inférieures. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 80; pp. B 333—354.
- Gullentops, F. 1954 — Contributions à la chronologie du pléistocène et des formes du relief en Belgique. *Mém. Inst. Géol. Univ. de Louvain*, t. 18; pp. 123—252.
- Hufty, A. 1958 — Formes quaternaires dans le bassin de la Semois Jurassique. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 81; pp. B 441—455.
- Macar, P., Alexandre, J. 1958 — Compte rendu de la Session extraordinaire des Sociétés Géologiques de Belgique tenue à Liège, Trois-Ponts et Laroche du 20 au 23 septembre 1957. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 81; 107 p.
- Seret, G. 1957 — Les terrasses et les formes associées dans le bassin de la Lesse inférieure. *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 80; pp. B. 355—378.

### DISCUSSION

J. Tricart: La communication de M. Alexandre, qui m'a vivement intéressé, me semble établir une succession trop schématique car, en fait, le nombre de variables est beaucoup plus élevé et ces variables peuvent se compenser mutuellement. En voici quelques exemples:

— La nature lithologique. En Ardenne, on a des roches à la fois géolithiques et peu perméables. Solifluxion périglaciaire et ruissellement tardiglaciaire peuvent être tous deux très nets. Dans les calcaires de l'E du bassin de Paris, la solifluxion a été également très forte mais le ruisselle-

ment tardiglaciaire a été bloqué par le jeu de la perméabilité après disparition du pergélisol.

— La topographie: suivant la raideur des pentes, l'eau de dégel et de fonte des neiges ruisselle plus ou moins. Le versant alsacien des Vosges, profondément disséqué, était caractérisé, lors des périodes froides, par de violentes crues de fonte des neiges. Les vallées évasées, en pente faible, de la Sarre supérieure ne montrent rien de semblable malgré la similitude lithologique.

Dans le climat, interviennent les actions combinées des précipitations et des températures. Elles se combinent aux caractères lithologiques et topographiques pour commander le coefficient de ruissellement. C'est celui-ci qui, en fin de compte, joue le rôle morphodynamique essentiel. Sur des versants pas trop raides, le matériel de gélivation riche en limon (fonction de la lithologie) est capable de retenir une énorme quantité d'eau dans ses pores agrandis par le gel. Lors du dégel, le ruissellement est diminué. Au contraire, la solifluxion est favorisée. Si le dégel arrive brusquement, avec pluie sur sol gelé ou sur neige fondante, le ruissellement, au contraire, peut être énorme et occasionner de très fortes crues jouant un rôle déterminant dans le modélisé des fonds de vallées et des vallons. Les dépôts de pied de versant peuvent être balayés. On a un modélisé de ruissellement torrentiel alors que le climat, en fait peut être sec, plus sec que celui où la neige, fondant lentement, alimente la solifluxion au lieu du ruissellement.

Tous ces éléments doivent être pris en considération dans une tentative d'analyse dynamique, à la fois du point de vue de la fréquence des phénomènes et de leur intensité.

J. Alexandre remercie M. Tricart d'avoir rappelé la complexité des faits considérés, et doute avant tout que les variables signalées par M. Tricart puissent entraîner des phénomènes qui viennent troubler l'analyse morphologique.

Les conclusions qui ont été tirées ne sont évidemment valables que pour la Haute Belgique, avec son substratum bien particulier, constitué en ordre principal par des roches schisteuses plus ou moins armées de bancs quartzzeux et des calcaires assez résistants traversés de quelques intercalations argileuses. Pour des roches de nature totalement différente, comme les sables par exemple, le ruissellement n'est possible (si la masse de sable est suffisamment épaisse) que pendant la phase que nous avons baptisée „de solifluction”. Les noms ont probablement été mal choisis en vue d'une généralisation. Quant à l'importance de la topographie,

elle a été implicitement reconnue dans la subdivision de l'exposé suivant la position dans le bassin hydrographique: versants, ruisseaux, rivières.

J. Dylik: La coïncidence de sujet de nos communications, mentionnée par M. Alexandre, m'a fait plaisir, car il s'agit de questions importantes aussi bien quant aux buts géomorphologiques que pour ceux de la stratigraphie. Les lacunes dans notre connaissance de la subdivision climatique et morphogénétique d'une période froide sont plutôt considérables. M. Alexandre, qui a essayé de les remplir avec tant de succès dans sa remarquable présentation, mérite des félicitations.

Cependant, comme les problèmes posés sont difficiles et complexes; il y a et il y aura longtemps des questions à discuter. M. Alexandre n'a discerné que deux phases d'une période froide. Mais la phase de ruissellement, placée à la fin d'une période froide ou même partiellement au début d'une période plus chaude, n'est qu'à l'écart d'une certaine période froide. Donc, selon M. Alexandre, presque chaque période froide ne se compose pratiquement que d'une phase dite la phase de solifluxion. A mon avis c'est une déduction un peu simplifiée en face des faits connus. Il y a des évidences d'une action violente du vent, par exemple, qui est à lier avec une période plutôt sèche. D'ailleurs, je suis persuadé, moi, que la connaissance des phases morphogénétiques obtenues par l'analyse des formes du terrain doit être complétée par les résultats des études détaillées des formations.

J. Alexandre insiste à nouveau sur le fait que la succession des phénomènes qu'il vient de présenter est uniquement basée sur des observations faites en Haute-Belgique où, par exemple, l'action éolienne dont parle M. Dylik est très probable mais mal caractérisée. Le schéma proposé est un schéma de base dont un des buts est, notamment, de susciter les additions et les modifications nécessaires pour lui donner une valeur plus générale.



Photo 1. Ruisseau de Gives. Dépression des deux Ourthes, secteur SE. Vue prise du village vers le nord

méandre composé: le long d'un grand méandre se développent des méandres libres plus petits