

30

Apport de l'imagerie satellitaire et d'un modèle numérique de terrain à l'étude géomorphologique de la dépression d'Aubel, Pays de Herve, Belgique

LUC WILFEMS*, JEAN-PAUL DONNAY**, MARC BINARD**, PHILIPPE
TREFOIS*** et ANDRÉ OZER*

**Géomorphologie et géologie du Quaternaire, Université de Liège, 7, place du 20-Août
4000 Liège, Belgique; téléphone : (32) 41-66-54-46; télécopieur : (32) 41-66-57-00*

***SURFACES, Université de Liège, 7, place du 20-Août (B. A1-12), 4000 Liège,
Belgique; téléphone : (32) 41-66-54-24; télécopieur : (32) 41-66-56-93*

****Département de géologie et minéralogie, Musée royal de l'Afrique Centrale,
Leuvensesteenweg, 13, 3080 Tervuren, Belgique; téléphone : (32) 2-769-54-53;
télécopieur : (32) 2-767-02-42*

Résumé

À une douzaine de kilomètres à l'est de Liège (Belgique), s'ouvre une dépression subcirculaire d'environ 8 km de diamètre dont la genèse pose toujours une énigme. Le développement des techniques liées aux traitements d'images satellitaires et aux modèles numériques de terrain a permis d'envisager ce phénomène sous un nouvel angle et d'en faire ressortir des éléments jusqu'alors peu apparents par les études géomorphologiques traditionnelles (terrain, photo-interprétation, etc.). Il apparaît ainsi que la dépression d'Aubel semble associée à deux séries de linéaments, l'une parallèle aux failles du graben du Rhin, et l'autre aux fractures hercyniennes.

1. Introduction

Située à une douzaine de kilomètres à l'est de Liège, la dépression d'Aubel s'ouvre au coeur du Pays de Herve (Belgique) (fig. 1). Cette forme d'aspect circulaire de près de 8 kilomètres de diamètre se développe principalement dans des terrains du Crétacé constitués de couches sableuses, argileuses, gréseuses et crayeuses subhorizontales. Dégagés par l'érosion, les terrains paléozoïques sous-jacents, constitués principalement de grès, de psammites et de schistes du Houiller, n'apparaissent qu'au coeur de cette dépression, formant un vaste nez synclinal d'orientation SO-NE. Une barre de grès dévonien borde le bord occidental de ce synclinal et marque l'exutoire de la dépression. Les sables tertiaires datant de la transgression oligocène sont absents à l'intérieur de celle-ci, ce qui semble indiquer une genèse néogène, et ils ne se retrouvent que sur ses pourtours, dans des poches résiduelles.

Morphologiquement, la dépression d'Aubel présente un fond se situant à une altitude moyenne de 220m (160 m pour son point le plus bas) alors que ses bordures culminent entre 260 et 355 m (Hospice de Beloeil). Bien délimitée au nord et à l'est, la dépression présente des versants dont les pentes sont souvent supérieures à 15% et se développent principalement dans les craies. La bordure méridionale est moins précise dans le paysage. Beaucoup plus découpée, elle présente des pentes souvent plus faibles.

Plusieurs hypothèses ont été envisagées quant à l'origine de cette dépression, à savoir la possibilité d'un impact météoritique, la trace d'un pli diapire ou encore une conjonction de failles (WILLEMS, 1990).

Des dépôts consécutifs à un impact (roches métamorphosées, vitrifiées) ainsi que des perturbations qui en résulteraient dans les différentes roches en place (fractures chaotiques nombreuses) ne se retrouvent pas sur le terrain et ne sont mentionnés par aucun auteur dans la littérature pourtant abondante sur cette région.

L'hypothèse du pli diapire ne présente guère plus d'arguments. Des dépôts tels que l'anhydrite pourraient se localiser sous les terrains houillers, dans les calcaires viséens (comme, par exemple, à Mons Saint-Gishlain, dans l'ouest de la Belgique). Or, ces calcaires ont leur limite d'extension dans la partie orientale de la dépression et ne se retrouvent pas plus à l'ouest.

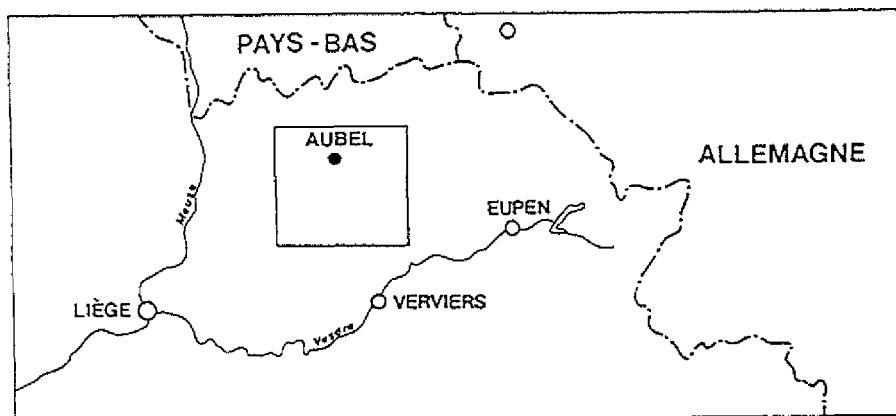


Figure 1 Localisation de la zone étudiée : dépression d'Aubel (Belgique)

À l'heure actuelle, l'inexistence de sondages géologiques bien localisés ainsi que l'absence de dépôts particuliers associés à un éventuel impact posent dès lors un problème face à une approche « traditionnelle » de l'étude géomorphologique.

Les techniques informatiques associées à l'imagerie satellitaire ainsi que celles liées à la création et l'exploitation de modèles numériques de terrain permettent d'apporter un ensemble d'éléments nouveaux à l'étude de formes énigmatiques telles que la dépression d'Aubel. La souplesse relative d'utilisation de ces moyens et les documents qui peuvent en être issus présentent trois avantages.

Le premier réside dans la souplesse de variation des échelles des différents documents, autorisant une vision à la fois globale et précise des faits à observer. L'imagerie satellitaire, dans sa limite de résolution-sol, permet notamment de mettre en évidence de grandes séries de linéaments parcourant l'ensemble du Pays de Herve mais également d'en préciser les tracés dans la dépression.

Le modèle numérique de terrain (M.N.T.), créé à partir d'une numérisation des isohypses, permet quant à lui, de mieux percevoir l'étendue du phénomène étudié et d'en faire ressortir des composantes structurales qui n'apparaissent que très difficilement sur le terrain ainsi que sur la carte topographique de base.

Enfin, le troisième avantage de ce type d'investigation réside surtout dans la perception de phénomènes localisés en zone de couvertures superficielles et végétales importantes, telles qu'on en rencontre souvent dans les régions tempérées, masquant souvent un grand nombre d'informations importantes peu visibles sur le terrain.

2. Matériel et méthodes

L'étude réalisée a comporté, outre une recherche traditionnelle sur le terrain et une étude par photographies aériennes, trois autres phases.

La première a consisté en la création des produits du M.N.T. sous le logiciel « Gipsy » (DONNAY, 1988; DONNAY et BINARD, 1993) pour la zone de la dépression d'Aubel. Pour ce faire, l'utilisation de la carte au 1:25 000 pour la numérisation était la plus appropriée, à la fois pour une question d'échelle du phénomène étudié et aussi pour une question de résolution propre au M.N.T. La saisie par numérisation de deux courbes de niveau trop rapprochées peut être confondue lors du passage à une grille de points. Le M.N.T. est réalisé au départ d'isohypses équidistantes de 10m ainsi que des courbes de niveau sommitales. Afin de ne pas tronquer les bordures de la zone étudiée, cette numérisation englobe une région un peu plus grande que la dépression. L'application d'une « fenêtre » permet de ne retenir que les informations du territoire examiné (fig. 2).

Un fichier-image est ainsi constitué et peut être manipulé afin d'obtenir toute une série de sous-produits dont les principaux sont : une carte des gradients de pentes, une carte d'orientation des pentes, un estompage du relief, une carte des altitudes et des blocs-diagrammes.

La seconde phase d'étude fut la création de documents à partir de l'image satellitaire. Les données utilisées proviennent des canaux 3, 4, 5, 6 et 7 du « Thematic Mapper » (TM) de Landsat 5.

La troisième et dernière phase consista en la comparaison des documents obtenus par le M.N.T. et ceux réalisés à partir des données satellitaires.

3. Les résultats du M.N.T.

L'image du relief estompé (fig. 3) rend une impression de relief par une source d'éclairage artificiel qui serait placée à 45° au-dessus de l'horizon, au nord-ouest de la zone étudiée.

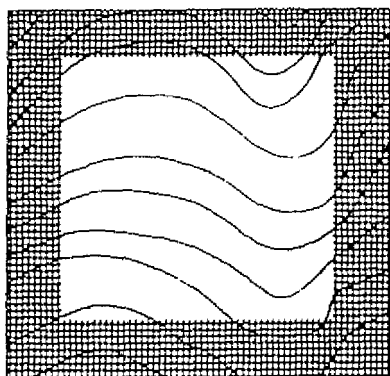


Figure 2 Application d'une fenêtre sur un secteur dont les isohypses sont numérisés; le quadrillage représente la zone numérisée mais n'apparaissant pas dans l'image. les lignes courbes représentent les isohypses

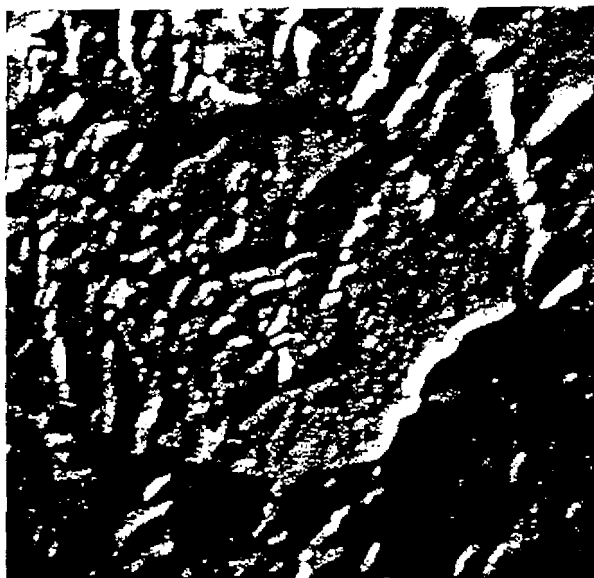


Figure 3 Dépression d'Aube' modèle numérique de terrain estompé

Ce document permet une meilleure perception de la dépression, soulignant bien ses bordures et faisant apparaître toute une série de linéations principalement NE-SO qui correspondent à une série de vallons peu marqués.

L'image des gradients de pente (fig. 30-4, voir cahier couleur) souligne surtout les bords de la dépression, mettant les versants relativement raides en évidence. il fait également apparaître l'aspect irrégulier du fond de la cuvette, relativement homogène pour deux tiers mais dont la partie sud-ouest est plus découpée et occupée par une crête secondaire SE-NO.

L'image de l'orientation des pentes (fig. 30-5, voir cahier couleur) révèle des éléments morpho-structuraux peu visibles sur les autres documents et permet une plus nette délimitation de la dépression d'Aube. Cette dernière apparaît bien fermée tant au nord qu'à l'est mais s'ouvre largement vers l'ouest. De plus, elle se différencie bien par rapport aux régions environnantes. La dépression peut être délimitée en zones présentant des aspects de pente différents : une première située dans la partie orientale (1) et occupée par des linéaments NO-SE, une seconde (2) dans la partie sud-occidentale présentant des linéations SSE-NNO secondaires (vallons) se rattachant à deux linéations NO-SE de plus grande importance (crête secondaire occupant le fond de la dépression). Enfin, la troisième zone (3) occupe la partie nord-ouest et est caractérisée par des orientations NO-SE peu marquées. Au nord-est de la dépression (4) s'observe une quatrième orientation, NNE-SSO, qui correspondrait à la structure condrusienne sous-jacente et qui se marque par l'intermédiaire des vallons secondaires mentionnés précédemment. Séparée nettement par une limite ONO-ESE, la zone méridionale (5) de l'image est également toute différente de l'aspect interne de la dépression quelques linéaments NNE-SSO se marquent encore, mais en moindre importance et une structure NO-SE apparaît sous-jacente mais atténuée. L'érosion à l'intérieur de la dépression l'aurait peut-être dégagée, la mettant ainsi plus en évidence.

4. L'apport des documents satellitaires

Un des buts de départ pour la constitution de ces documents était la recherche de linéaments difficilement identifiables dans des terrains à couvertures superficielles et végétales importantes.

L'interprétation de l'image issue du canal TM6 (infrarouge thermique) superposée à une carte synthétique des fractures connues nous a permis de poursuivre le tracé de certaines failles qui ne sont connues que très fragmentairement dans cette région. En effet, les différences de température entre adret et ubac sont mises en évidence, et soulignent certains vallons rectilignes malgré la faible résolution satellitaire du canal utilisé (120 m).

Un des principaux résultats est de confirmer que l'ensemble du Pays de Herve est occupé par un réseau de failles NO-SE qui peut être associé au graben du Rhin situé au nord-est du site étudié.

La réalisation d'une composition colorée R.V.B. (rouge, vert, bleu) (fig. 30-6, voir cahier couleur) réalisée à partir des canaux 4, 5 et 7, enregistrant plusieurs gammes d'infrarouge, permet d'affiner l'analyse de la dépression. Ces canaux, fortement influencés par la teneur en eau des sols et la turgescence de la végétation, permettent de déceler d'éventuelles failles et autres cassures.

Les différentes données ont subi une amélioration de contraste par égalisation des histogrammes. Ensuite, à chaque canal a été associée une couleur : le rouge pour le TM4, le vert pour le TM5 et le bleu pour le TM7.

Le document obtenu révèle toute une série de linéaments dont les orientations correspondent à celles observées sur l'image des orientations de pentes, à l'exception de la direction NO-SE. Peut-être faut-il y voir l'influence de la limite de résolution du capteur TM par rapport à la précision du M.N.T. (équidistance de 10 m). Ici se marque déjà la complémentarité des deux catégories de documents. De plus, le territoire couvert par l'image satellitaire permet de suivre ces linéaments sur plusieurs kilomètres, voire une dizaine de kilomètres.

La superposition du bloc-diagramme à la composition colorée (fig. 30-7, voir cahier couleur) permet de voir la correspondance des linéaments repérés sur l'image satellitaire avec la topographie, mettant particulièrement bien en évidence les bords abrupts de la dépression.

Ce type de document présente également un grand intérêt quant aux influences topographiques associées aux types d'affectation du sol que l'on y rencontre et sur l'évolution des paysages. Il suggère que les bords de la dépression sont associés à divers linéaments.

5_ Conclusion

À la suite de cette étude, il apparaît que la dépression est caractérisée par toute une série d'orientations linéamentaires largement distinctes de celles rencontrées dans les zones avoisinantes. Si une solution n'a pas été trouvée quant à l'explication de sa genèse, il semble de plus en plus que celle-ci soit liée à tout un système de failles complexes de diverses orientations et d'âges différents. On retrouve un système faille d'orientation NO-SE associé au Graben du Rhin, d'âge cénozoïque, ainsi qu'un ensemble de failles NE-SO en relation avec la structure condrusienne et d'âge hercynien. L'étude par l'imagerie satellitaire et la création d'un modèle numérique de terrain permet une approche originale du problème; la grande souplesse d'échelle des documents, leur complémentarité dans la résolution au sol et leur superposition admettent des observations supplémentaires à celles obtenues par les démarches traditionnelles dans ce type d'étude géomorphologique ainsi que de replacer un phénomène «local», la dépression d'Aubel, dans son contexte régional, le Pays de Herve.

6. Références

- DONNAY, J.-P. 1988. Constitution d'un modèle numérique de terrain : une approche en mode raster sur micro-ordinateur. Bulletin trimestriel de la Société belge de photogrammétrie-télétection et cartographie, nos 171-172, p. 47-60.
- DONNAY, J.-P. et BINARD, M. 1993. GIPSY : un système d'information géographique orienté images. in DUBOIS, J.-M. M. et BLASCO, F. (éd.). Outils micro-informatiques et télétection de l'évolution des milieux. Troisième journées scientifiques du Réseau de télétection de l'UREF, Toulouse, 13-16 novembre 1990, Éditions AUPELF-UREF et Les Presses de l'Université du Québec, p. 281-307
- WILLEMS, L. 1990. L'apport de la télétection à l'étude géomorphologique de la dépression d'Aubel (Pays de Herve). Mémoire en Sciences géographiques, Université de Liège, 93 p.