

Bulletin de la Société belge de Géologie	T. 97	fasc. 2	pp. 191-197	Bruxelles 1988
Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie	V. 97	deel 2	blz. 191-197	Brussel 1988

## TELEDETECTION GEOLOGIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE DANS LE SECTEUR DE HAMOIR

par

S. LUCA\*, M. UYTTENDAELE\*\*, et A. OZER\*\*\*

RESUME - Dans le cadre du projet "Vitrine aux Mémoires" Club Athena (Région Wallonne), une étude de télédétection associant l'Université de Liège et la société Walphot-Télédétection a pu être menée.

Les images satellitaires, provenant des satellites SPOT et LANDSAT 5 et couvrant la région de Hamoir, ont été traitées sur une station de traitement interactif d'images numériques.

Afin de mettre en évidence les linéaments, la méthode des filtres directionnels suivant 4 directions principales (N-S, E-O, NE-SO, NO-SE) a été appliquée tant à des images brutes qu'à des images traitées au préalable en composantes principales.

La comparaison avec une carte de synthèse des grands traits tectoniques de la région montre que nombre des linéaments représentés sont confondus avec des failles connues, alors que d'autres les prolongent indépendamment de faits anthropiques (routes, etc...). De telles observations permettent à terme d'orienter des études ponctuelles *in situ*, de proposer la modification du tracé de certaines failles et de mettre en évidence des cassures insoupçonnées.

ABSTRACT - A remote-sensing study has been carried out within the Club Athena "Vitrine aux mémoires" project (Ministry of the Région Wallonne). It associated the private society Walphot Teledetection and the University of Liège.

Landsat 5 and SPOT remotely sensed images from the Hamoir surroundings (Belgium) have been analysed, lying therefore an interactive processing system for numeric images.

As our target was the detection and the enhancement of lineaments, we also have employed the directional filters method, limited to 4 preferential directions (N-S, NE-SO, E-O, NO-SE).

The comparison between filtered images and the geologic map of this area tell us that a great of these depicted lineaments are to be connected to known structures (such as faults, ...). Other ones independantly of human activities are located in the prlongement of some faults. Such observations open the way to "in situ" pin-point studies. They sometimes propose modifications to the geologic maps (correcting fault traces, mapping unknown faults, ...).

MOTS-CLES : Télédétection, géomorphologie, linéaments, Landsat, SPOT, cartographie géologique, filtre directionnel, zone test.

KEY-WORDS : Remote-sensing, geomorphology, lineament, Landsat, SPOT, geologic mapping, directional filter, test-site.

\* Licencié en Sc. géographiques et en Océanologie (ULg)

\*\* Ingénieur géologue, Walphot-Télédétection.

\*\*\* Docteur en Sciences géographiques (ULg. Lab. de Géom. et Géol. Quat.)

## 1. LE CADRE DE L'ETUDE

Le projet "Vitrine aux Mémoires-Athena", organisé par la Région Wallonne, a pour but de favoriser une synergie entre l'Université et le secteur privé en donnant la possibilité à des étudiants d'accomplir leur travail de fin d'étude dans une société privée. C'est par cette voie que l'un d'entre nous (S. LUCA) a pu disposer du système interactif de traitement d'images numériques : *International Imaging System Model 75* de la firme Walphot-Télétection.

## 2. METHODOLOGIE DE L'ETUDE ET REGION TEST

Le programme dans lequel est inséré cette étude vise, à terme, à utiliser la télédétection satellitaire dans des régions peu ou pas encore étudiées sur les plans géologiques et géomorphologiques. Nous avons estimé intéressant, dans un premier temps, de suivre la méthodologie utilisée par A. OZER *et al.* (1988, ce volume) en interprétant les images spatiales dans une région bien connue. Un travail de vérité terrain a également été mené en parallèle pour reconnaître les grandes unités géomorphologiques. Dans cette région test déjà fort bien connue sur le plan géologique, la télédétection satellitaire nous a révélé un certain nombre d' "anomalies" de nature vraisemblablement géologique ou géomorphologique jusqu'ici insoupçonnées.

Le territoire choisi chevauche trois grandes régions naturelles :

- à l'ouest, le Condroz dont la structure est bien visible sur les images satellites;
- au Centre, la Famenne orientale très étroite et plissée, accolée à la bande calcaire;
- à l'est, l'Ardenne.

Cette zone se situe sur la planche IGN 49, dont la carte géomorphologique vient d'être dressée par la section liégeoise du C.N.R.G. (Centre National de Recherche Géomorphologique); nous avons donc bénéficié des enseignements de ce levé.

L'ensemble de cette planche a également servi de zone test à une étude de télédétection en géologie (projet TELED 14 du S.P.P.S. (Service de Programmation de la Politique Scientifique) et projet P.E.P.S. (Projet d'Evaluation Préliminaire SPOT); cette recherche a pu ainsi s'appuyer sur les données recueillies par ces divers projets.

Le territoire est densément faillé, c'est ce qui nous a motivé à nous intéresser particulièrement à la manière dont les cassures et les zones de faiblesse peuvent transparaître sur les images satellites sous la forme de linéaments; ces alignements, curvilignes ou linéaires, sont quelquefois associés à des éléments géologiques ou géomorphologiques; mis en évidence grâce à des nuances au sein d'associations végétales ou dans l'affectation du sol.

Les linéaments mis en évidence sur les images satellitaires grâce aux traitements numériques font l'objet du paragraphe suivant. Seuls, les linéaments "géologiques ou géomorphologiques" ont retenu notre attention.

## 3. METHODES NUMERIQUES DE MISE EN EVIDENCE DES LINEAMENTS

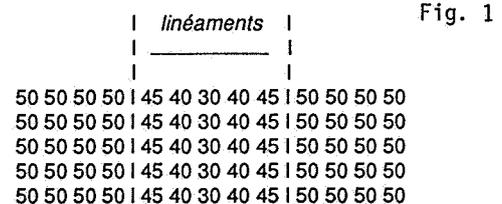
Deux méthodes ont été expérimentées et combinées :

- l'analyse en composantes principales,
- la dérivation d'images.

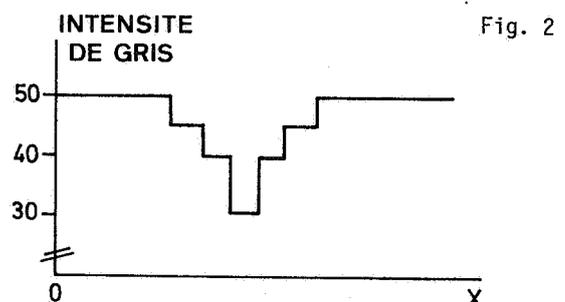
L'analyse en composantes principales est couramment utilisée en statistique; appliquée à la télédétection, elle consiste à créer de nouveaux canaux à partir d'anciens étroitement corrélés et présentant de ce fait une redondance de l'information; les nouveaux canaux créés suivant cette méthode sont "indépendants", chaque nouvelle composante amène des informations supplémentaires. A mesure que l'on progresse vers des composantes d'ordre de plus en plus élevé, la variance expliquée par le nouvel axe factoriel est de moins en moins élevée; pour cette raison, ces nouveaux canaux mettent en évidence des phénomènes (plus précisément des associations de valeurs numériques dans les canaux originels) de plus en plus rares au sens statistique du terme.

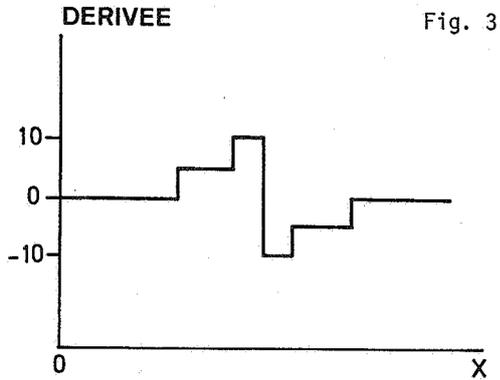
La dérivation d'image consiste en l'utilisation de "filtres directionnels numériques".

Au niveau d'une image numérique, un linéament se caractérise par un alignement (continu ou non) de valeurs nettement différentes de leur environnement (fig. 1).



Imaginons un linéament sombre se détachant dans un environnement clair (fig. 2); après la dérivation, la bordure gauche de ce linéament va se caractériser par la présence d'un liseré sombre juxtaposé à un liseré clair pour la bordure droite (fig. 3).





La dérivation consiste donc en un processus "d'illumination artificielle" avec une zone fort éclairée juxtaposée à une ombre : le linéament ressortira d'autant mieux qu'il donnera une impression de relief (fig. 4 et 4').

En pratique, la dérivation d'image peut se résumer à un simple calcul matriciel puisqu'elle consiste à remplacer chacun des points de l'image par une combinaison linéaire bien précise de tout pixel avec ses pixels voisins.

La direction des chiffres non nuls de la matrice doit être perpendiculaire à la direction des linéaments que l'on veut faire ressortir (fig. 5).

Fig. 5

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{(filtre nord-est) faisant ressortir les linéaments nord-est - sud-ouest.}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad \text{(filtre nord-ouest) fait ressortir les linéaments nord-ouest - sud-est.}$$

Ces matrices ont été appliquées à un certain nombre d'images dans les 4 directions principales. Pour les images SPOT, l'image correspondant au canal 3 (proche infrarouge) a été dérivée, ainsi que les 3 composantes principales. Au niveau des images LANDSAT, le traitement s'est limité aux 2 premières composantes (il y en a 6 en tout) qui ont été dérivées.

#### 4. INTERPRETATION DES LINEAMENTS

Les variations d'humidité et de végétation, résultant de la présence d'un réseau de diaclases, de failles ou plus précisément de la mise en contact de lithologies différentes, sont aisément repérables sur les photographies aériennes.

Qu'en est-il au niveau des images satellitaires ?

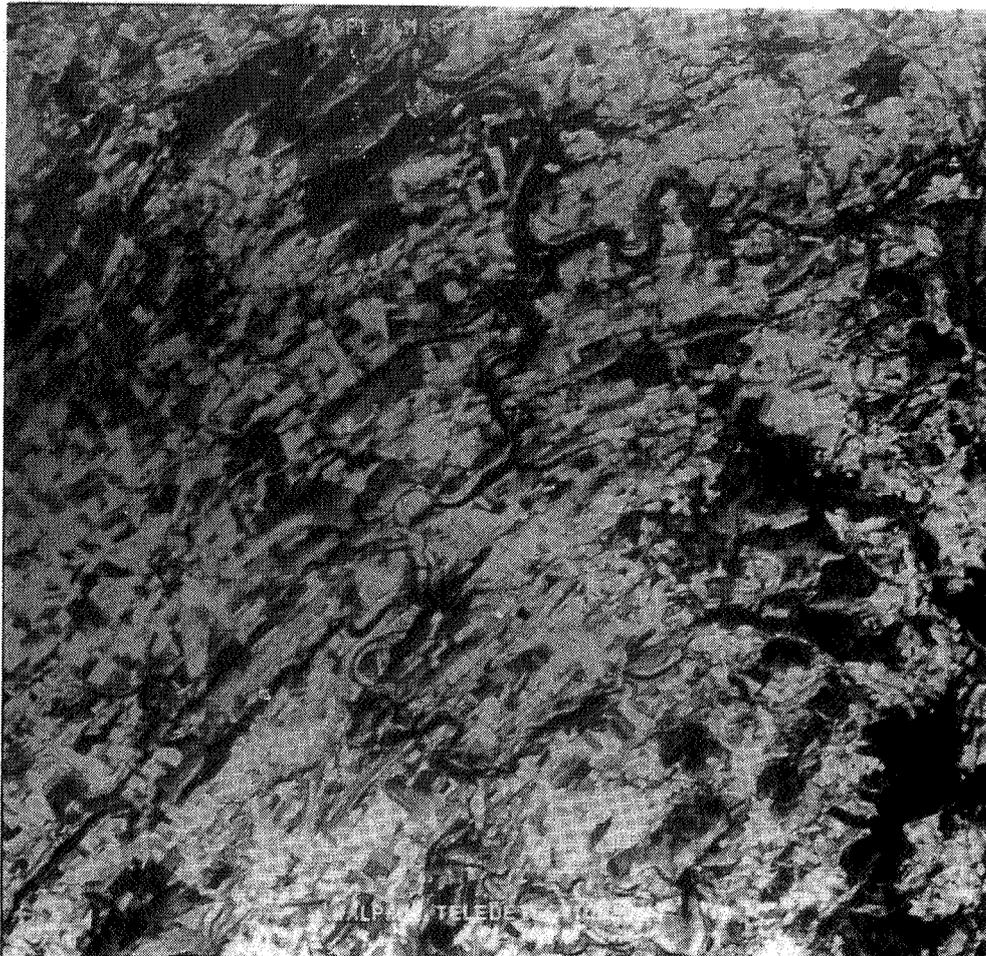


Fig. 4. - Image SPOT infrarouge. Ourthe-Ambève.

La "sensibilité" des capteurs qui est dépendante de la résolution (20x20 mètres dans le cas de XS.SPOT, 30x30 mètres pour T.M.LANDSAT 5) permet-elle de nous rendre compte de ces variations de tonalité ?

Pour répondre à ces questions, les valeurs radiométriques dans les 3 canaux de SPOT ont été mesurées le long d'un transect comportant des variations d'humidité repérées au préalable sur le terrain.



Fig. 4'. - Image SPOT infrarouge. Première composante principale + filtre directionnel NE-SO.

Cet exemple se localise au niveau de la plaine alluviale de l'Ourthe entre Hamoir et Comblain-Fairon; en plus du large méandre que décrit l'Ourthe actuellement, la plaine alluviale comporte deux anciens lits en grande partie remblayés par des dépôts de crue (flèches fig. 6).

Le chenal n°1 présente une humidité assez importante puisqu'il recueille l'eau de pluie qui s'évapore progressivement.

Le chenal n°2 est rempli d'eau pour peu que le niveau de l'Ourthe monte de quelques centimètres.

L'humidité de ces chenaux très étroits (quelques mètres) influence significativement les valeurs radiométriques dans le proche infrarouge (canal 3), cela bien que leur largeur soit inférieure à la résolution du capteur (20 m) (fig. 7).

L'extrême sensibilité du canal 3 (proche infrarouge) par rapport aux 2 autres canaux du visible (canaux 1 et

2) mérite d'être soulignée. Il en résulte que le canal 3 est préconisé pour la mise en évidence de différence d'humidité (par ex. : linéaments, anciens chenaux, ...).

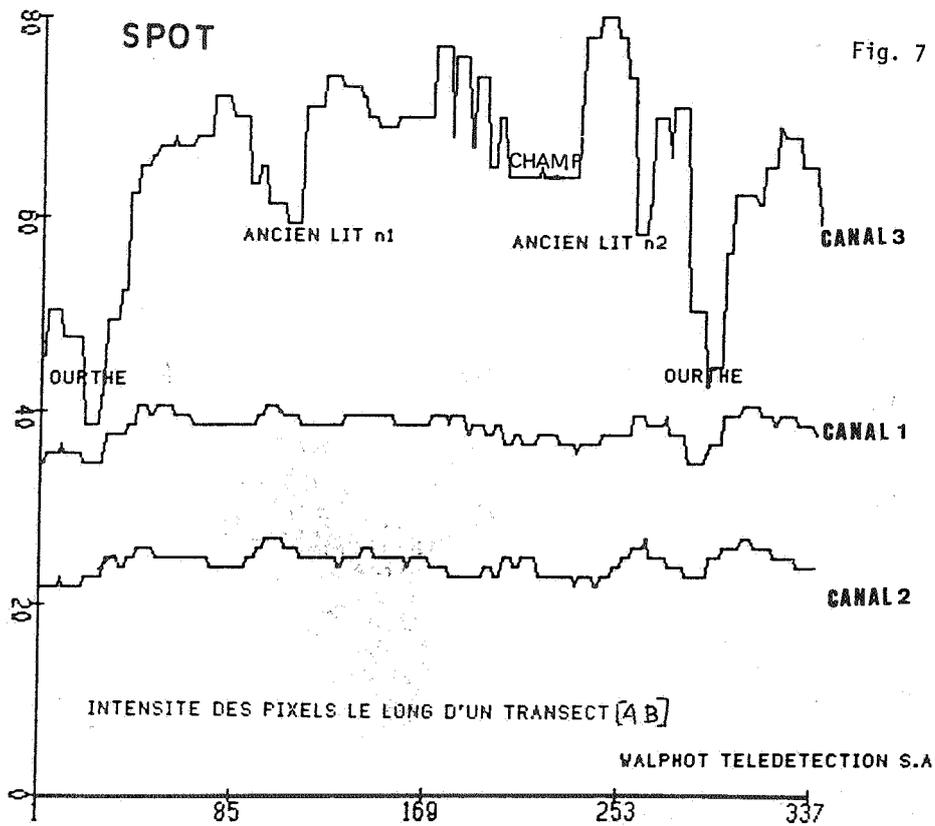
Intuitivement, cette figure illustre bien la corrélation entre les canaux 1 et 2, et donc une certaine redondance d'information que nous avons évoquée plus haut; cette redondance, également présente aux niveaux des canaux plus nombreux de LANDSAT 5, nous a naturellement motivé à utiliser l'analyse en composantes principales.

Après avoir effectué les traitements numériques, un nombre impressionnant de linéaments a été relevé, tous ceux qui tenaient leur origine de phénomènes anthropiques ont été éliminés; nos cartes de linéaments ont été comparées aux documents suivants :

- la carte géomorphologique du C.N.R.G. levée par F. GIROLIMETTO et conservée à l'Université de Liège;



Fig. 6. - Image SPOT - Région de Hamoir-sur-Ourthe.



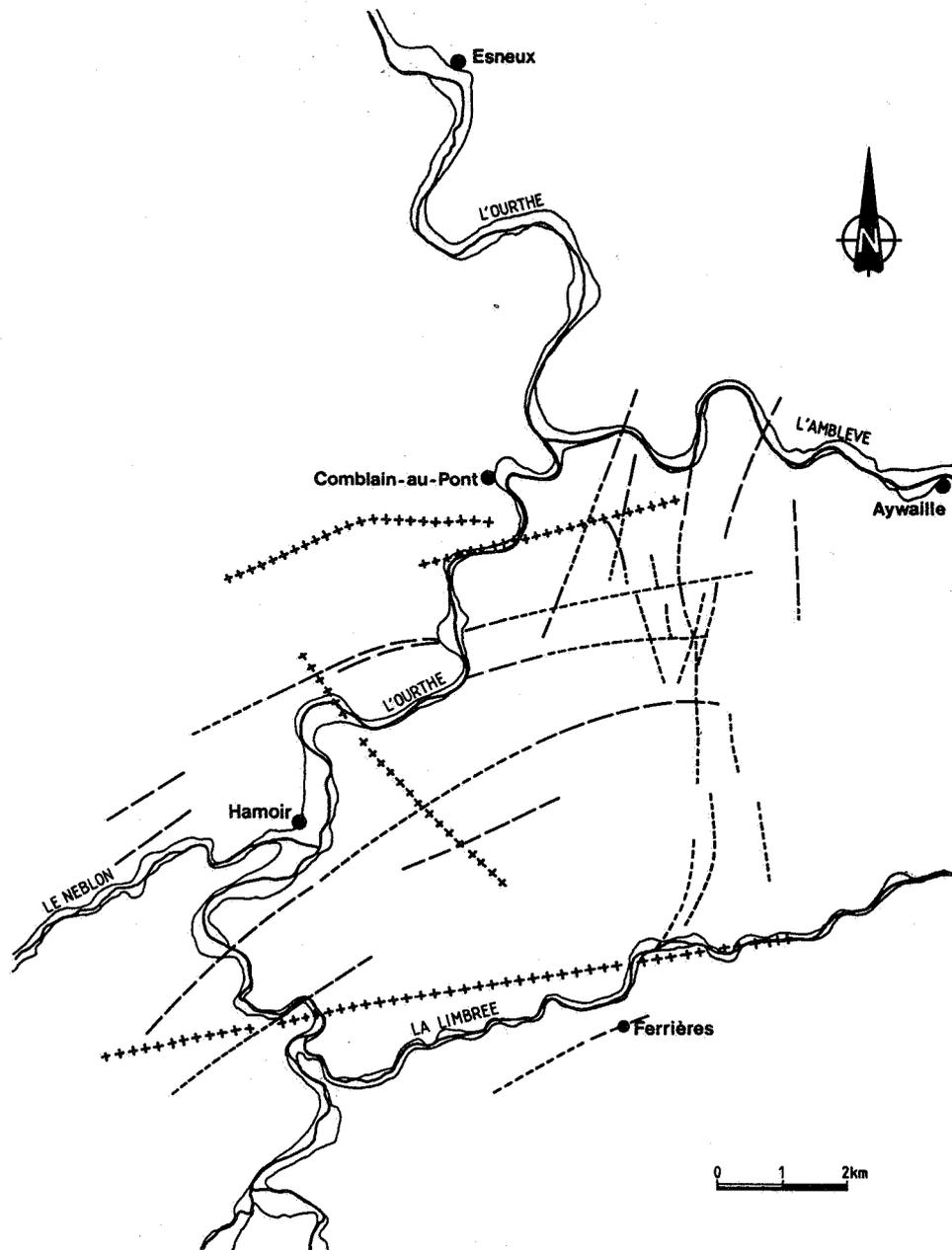


Fig. 8

- Linéament correspondant à une faille connue
- Linéament prolongeant une faille connue
- +++++++ Autres linéaments

- une carte des linéaments dressée à partir de photos aériennes (C. ROLAND);
- les cartes géologiques;
- une carte d'orientation des diaclases mesurées en divers affleurements (J.M. MARION).

Un certain nombre de linéaments prolonge le tracé de failles connues (fig. 8 et 8'); il arrive que ces linéaments suivent des vallons dont le tracé est aberrant (non parallèle à la pente du terrain), ce qui constitue un indice géomorphologique intéressant quant à la présence d'une faille ou d'une zone de faiblesse à cet endroit.

Bon nombre de linéaments dont l'orientation est parallèle à la stratification correspondent en général à

des abrupts (lithologiques ou de ligne de faille) parfaitement renseignés sur la carte topographique; cependant, dans des régions non cartographiées, le document satellite permet de dresser en peu de temps une carte des grands traits structuraux, pour autant que la couverture végétale ne soit pas trop dense; les linéaments dont le tracé s'écarte quelque peu de cette direction privilégiée que constitue la stratification, peuvent refléter une anomalie. Ils doivent impérativement attirer l'attention des géologues. Il subsiste cependant un grand nombre de linéaments dont l'origine n'est pas élucidée; ils peuvent correspondre à des zones de faiblesse, des diaclases, voire des failles.

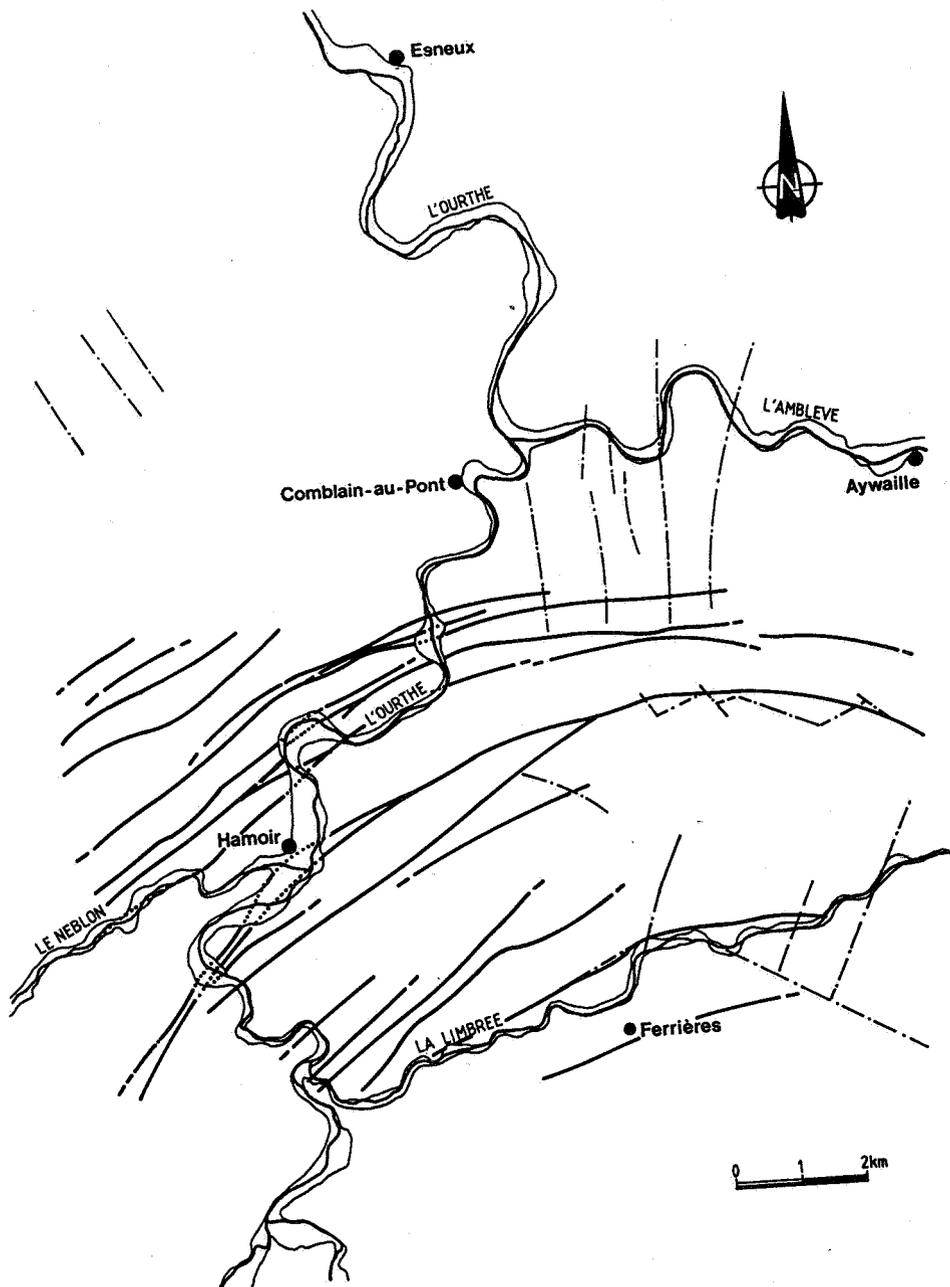


Fig. 8'

——— Failles indiquées sur des cartes géologiques  
 - - - - - Failles signalées sur d'autres documents

## 5. CONCLUSIONS

Les images spatiales SPOT et LAND-SAT constituent un apport utile en complément à la photo aérienne en raison :

- de la possibilité d'effectuer des traitements numériques;
- de la vue d'ensemble qu'offrent ces images;
- de l'utilisation de canaux très sensibles, notamment aux variations d'humidité, tel que le canal proche infrarouge de SPOT, par exemple.

## 6. BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

FOURCADE, B. (1979) - Deux méthodes d'utilisation de la télédétection en géologie. - Thèse de doctorat. Université de Bordeaux III, 231 p.

LUCA, S. (1987) - Géomorphologie et télédétection dans la région de Hamoir-sur-Ourthe. - Mémoire de licence en Sciences géographiques. Inédit. Université de Liège, 170 p.

OZER, A., MARION, J.M., ROLAND, C. et TREFOIS, Ph. (1988) - Signification de linéaments sur une image SPOT dans la région liégeoise. - *Bull. Soc. belge de Géologie* (sous presse).

REEVES, R.G. (1975) - *Manual of Remote Sensing*, tome 1 & 2. Edit. R.G. Reeves. Amer. Soc. of photogram, 2144 p.

SABINS, F. (1986) - *Remote Sensing. Principles and Interpretation*. Second edition, 439 p.

**SOCIETE BELGE DE GEOLOGIE**

(Association sans but lucratif)

C.C.P. 000-0143218-10

Rue Jenner 13  
1040 BRUXELLES

**Demande d'admission**

Je soussigné (1) .....

demande mon admission comme membre effectif (2) de la  
Société Belge de Géologie à Bruxelles.

Je m'engage à en observer les statuts.

Date .....

Signature

Signatures des deux parrains :

- (1) Nom, prénom, titre et adresse.  
Pour les sociétés, indiquer la dénomination et le siège social et désigner  
le nom, prénom et titre d'un délégué.
- (2) La cotisation, pour l'année  
est fixée à /-000/- F.

Formulaire à renvoyer, dûment rempli et signé, à l'adresse de la Société.

**BELGISCHE VERENIGING VOOR GEOLOGIE**  
(Vereniging zonder Winstbejag)

P.C.R. 000-0143218-10

Jennerstraat 13  
1040 BRUSSEL

**Toetredingsaanvraag**

Ik, die ondertekent (1) .....

verzoek hiarmede als werkend lid (2) tot de Belgische Vereniging  
voor Geologie, toe te treden.

Ik verbind mij tot het naleven der statuten.

Datum .....

Handtekening

Handtekening van twee voorstellers :

- (1) Naam, voornaam, titel en adres.  
Voor verenigingen, naam en maatschappelijke zetel opgeven, alsmede de  
naam, voornaam en titel van een afgevaardigde opgeven.
- (2) Het jaarlijks lidgeld bedraagt /-000/- F.

Behoorlijk ingevuld en getekend formulier terug te zenden aan de Vereniging.