

O.R.S.T.O.M.

Bureau de Télédétection

EXEMPLE D'ANALYSE D'IMAGES SATELLITE

LANDSAT

Région de Djelfa - Algérie

+
+ +

J. CRUETTE } Bureau de Télédétection
G. DANDOY }
J. ILTIS Géomorphologue
J.F. PARROT Géologue
M. POUGET Pédologue

Avril 1977

EXEMPLE D'ANALYSE D'IMAGES SATELLITE

LANDSAT

Région de Djelfa - Algérie

INTRODUCTION.

Cet exemple utilise des images d'une région de l'Algérie, situées au Sud de l'Atlas Tellien et entre les méridiens 1° Est et 5° Est.

Quatre vues du satellite LANDSAT ont été choisies et pour chaque vue on dispose des images de 2 ou 3 canaux.

| <u>N° de la Vue</u> | <u>Date de prise de vue</u> | <u>Canaux</u> |
|---------------------|-----------------------------|---------------|
| -- 1113-09534 | 13 Novembre 1972 | 4 - 5 - 7 |
| - 1113-09541 | 13 Novembre 1972 | 4 - 5 - 7 |
| - 1114-09593 | 14 Novembre 1972 | 4 - - 7 |
| - 1114-09595 | 14 Novembre 1972 | 4 - 5 - 7 |

Ces images ont été acquises à l'échelle du 1/3369000. Un agrandissement au 1/1.000.000 a été effectué pour les quatre vues, puis un agrandissement au 1/200.000 d'une partie d'une image.

En pratique, l'analyse a été effectuée sur table lumineuse à partir des documents suivants :

- . Montage au 1/1.000.000, sur film positif, en noir et blanc du canal 7.
- . Tirage au 1/200.000, sur film positif, en noir et blanc, du canal 7.
- . Composition colorée au 1/1.000.000.
- . Composition colorée au 1/200.000.

L'interprétation de ces montages présente des difficultés car il apparaît nettement que les niveaux de gris ne sont pas homogènes d'une vue à l'autre. On ne peut donc pas comparer directement les images d'une vue avec celles d'une vue adjacente.

L'analyse a été effectuée par trois chercheurs de l'ORSTOM, se trouvant placés dans des situations différentes.

M. PARROT, a fait une analyse structurale des images alors qu'il est géologue pétrologue et non structuraliste. Il ne connaît absolument pas la région concernée et il s'est volontairement donné un délai très court : 7 heures. On notera enfin qu'à aucun stade de son étude, il ne s'est référé aux documents existants. Il s'agit donc d'une interprétation d'image au sens le plus strict, livrée sans même une vérification sur une carte géologique.

M. ILTIS, en temps que géomorphologue a accompli un travail dans le cadre de sa spécialité. Par contre il ne connaît guère la région et a disposé d'un temps également très court. Il a cependant tenu à vérifier certaines de ses interprétations en se référant aux cartes préalablement établies par M. POUGET.

M. POUGET, pédologue, a par contre une bonne connaissance de la région étudiée dans la mesure où il est l'auteur des cartes pédologiques, géomorphologiques et groupements végétaux des régions de Djelfa et Messaad. Cherchant à faire abstraction de cette connaissance du "terrain" il a tenté de fournir une interprétation aussi "objective" que possible des phénomènes visibles sur les images.

On se trouve donc en face de 3 démarches différentes

non seulement par les thèmes abordés mais également par la situation des interprètes et les contraintes qu'ils se sont données. Les résultats d'ensembles peuvent en paraître quelque peu hétérogènes mais il y a là, nous semble-t-il, une illustration des différentes situations dans lesquelles se trouvent parfois les interprètes et des diverses méthodes qu'elles impliquent.

On insistera enfin sur le fait qu'aucun de ces trois thématiciens n'avait de connaissance ni d'expérience de la télédétection sinon à travers une certaine pratique de la photo-interprétation au sens classique du terme.

Chaque chercheur a donné le résultat de son analyse sous la forme d'un texte succinct et de schémas explicatifs.

Ces schémas ont été reproduits sur support transparent ce qui permet de les superposer sur les trois documents de départ, l'ensemble étant projetable par un retroprojecteur.

I - IMAGERIE DISPONIBLE ET LES DIVERS TRAITEMENTS OPTIQUES OU CHIMIQUES REALISES.

On n'insistera pas sur les diverses opérations d'agrandissement effectuées pour passer du document original (film positif au 1/3.369.000) aux échelles du 1/1.000.000 et du 1/200.000. On notera cependant la difficulté, sinon même l'impossibilité d'obtenir, à partir de vues adjacentes, un résultat visuellement homogène. Comme en témoignent les illustrations ci-jointes le montage des quatre scènes utilisées laisse transparaître l'hétérogénéité des conditions de prise de vue.

Les compositions colorées sont établies par le procédé DIAZOCOLOR à partir des films positifs en noir et blanc en reproduisant en trois couleurs les images de trois canaux :

- Canal 4 en jaune,
- Canal 5 en magenta,
- Canal 6 en Cyan.

La superposition des trois images donne un document translucide,

coloré voisin des photographies infra-rouge en fausses couleurs.

D'autres procédés photo-chimiques peuvent être utilisés pour obtenir le même type de document. On retiendra en particulier le procédé KODAK qui donne des images de très bonne qualité ou les procédés CROMALIN.

Un système optique, le Mini-addcol Viewer ou visionneuse multispectrale permet d'obtenir instantanément des compositions colorées (cf. diapositives ci-jointes).

Enfin, la technique des équidensités colorées réalisées à partir du procédé COLOR-KEY donne la possibilité d'individualiser "objectivement" des unités de reflectance identique ou proche dont il s'avère qu'elles correspondent à des ensembles que l'on retrouvera dans les interprétations qui seront présentées ultérieurement.

II - INTERPRETATION GEOLOGIQUE par J.F. PARROT.

Seul le montage sur film, au 1/1.000.000, en noir et blanc du canal 7 a été utilisé sur table lumineuse.

Dans un premier temps, le repérage systématique du pendage des couches a été réalisé ; l'essentiel de la méthode a reposé sur l'observation des chevrons sur les flancs anticlinaux et dans les cluses. L'ensemble des pendages retenus a été reporté sur la figure 1 avec une tentative de quantification de leur importance (faible, moyen, fort et vertical).

Ce premier report a été suivi par celui des axes anticlinaux et synclinaux et la mise en évidence des accidents cassants affectant l'ensemble plissé (figure 2).

Enfin, sur la figure 3, un essai d'individualisation des séries lithologiques composant les axes essentiels a été tenté. Pour ce faire, une succession des unités lithologiques a été établie, non pas en fonction de leur faciès, bien qu'il soit possible d'envisager pour les grands entablements synclinaux de l'Atlas Saharien un caractère gréseux en raison du type d'érosion qui les affecte, mais en fonction de leur morphologie. Ainsi les unités les plus anciennes (unités inférieures) qui forment l'âme des grands axes anticlinaux, sont-elles représentées par une succession de bancs durs relativement jointifs ou séparés par des bancs plus friables de faible épaisseur. Pour leur part, les unités les plus récentes (unités supérieures) correspondent à deux bancs jointifs très épais de nature vraisemblablement calcaire sur, formant une falaise importante limitant des synclinaux perchés. Entre ces 2 formations bien individualisées se place une "unité intermédiaire" représentée par une alternance de minces bancs durs et d'épaisses couches tendres. Cette classification en unités inférieure, intermédiaire et supérieure sous entend que la série est normale, ce qu'il n'est pas possible de vérifier à l'aide des images utilisées.

A ce stade de l'analyse, seuls les faits observables sur les images ont été mentionnés. Ainsi, aucun essai d'extrapolation d'une zone d'observation à une autre n'a été tenté, ce qui explique la présence, sur la figure 3, de plages vierges entre les différentes zones traitées.

- Enseignement tiré de ces premiers résultats.

Cette étude qui ne doit en tout état de cause n'être qu'un préliminaire à celle qu'il faut nécessairement mener sur le terrain, apporte cependant dès à présent de précieux renseignements structuraux : elle montre quel est le style tectonique de l'Atlas Saharien dans la région de Djelfa. Celui-ci est formé par de grands plis d'axe ENS-WSW à anticlinaux pincés et larges structures synclinales. Nous sommes en présence de plis coffrés de style éjectif comme le montre la coupe synthétique de la figure 4. Cette figure révèle en outre que l'unité intermédiaire a subi des plissements de moins grande amplitude traduisant la présence de dysharmonies au sein de la série plissée : ces dysharmonies affectent précisément cette unité qui d'après l'analyse morphologique semble plus compétente que les unités inférieure et supérieure.

- Essai de synthèse.

Les microplissements de l'unité intermédiaire se placent généralement au Nord des axes anticlinaux majeurs. Ceci traduit une contrainte particulière dont il est possible de définir l'orientation. Ainsi, la compression responsable des plissements observés dans l'Atlas Saharien aurait une composante Nord-Sud. Les mouvements affectant la couverture sédimentaire viennent se bloquer au niveau d'un grand accident de direction ENE-WSW mettant en contact le Sud de l'Atlas Saharien et les marges sahariennes. Au centre de l'image de la zone de Djelfa, cet accident recoupe un grand anticlinal pincé ; dans le quart SW de la même image, il affecte soit la base de l'unité

supérieure, soit les niveaux supérieurs de l'unité intermédiaire dont il redresse les couches à la verticale.

Enfin, cette même compression semble également se traduire, sur la frange septentrionale de l'Atlas Saharien, par des accidents cassants d'axe ENE-WSW amenant la présence locale de failles inverses.

L'expression de cette phase compressive fait l'objet de la synthèse provisoire de la figure 5.

- Conclusion.

Cette courte étude montre aisément qu'une approche même sommaire des seules images du canal 7 en noir et blanc établies par le satellite LANDSAT 1 fournit immédiatement les grands traits structuraux d'une région donnée.

Cette approche constitue un guide précieux pour le travail de terrain auquel elle ne peut pas se substituer. Elle met en plus l'accent sur les problèmes que même une étude de ce type, plus approfondie, ne saurait résoudre, faisant ressortir par ses limites mêmes, les zones qui font problèmes et exigent un travail détaillé par d'autres méthodes.

III - INTERPRETATION GEOMORPHOLOGIQUE ET HYDROGRAPHIQUE par J. ILTIS.

A - Examen du montage au 1/1.000.000.

En dépit de niveaux de gris variant considérablement d'une vue à l'autre, d'où une difficulté de perception globale du montage, les films positifs du canal 7 donnent une image fidèle des unités géomorphologiques de cette vaste région d'Algérie qui s'étend des flancs méridionaux de l'Atlas Tellien jusqu'à l'Atlas Saharien et ses marges sahariennes.

L'échelle du document, assez inhabituelle pour le géomorphologue, présente l'avantage de fournir une vision synoptique des grandes unités morfo-structurales. Nous verrons également, inconvénient d'une aussi petite échelle, les difficultés qu'il y a à interpréter l'agencement des formes du relief.

1.- Massifs montagneux.

Nous identifions avec netteté l'Atlas Tellien, en particulier la bordure méridionale de l'Ouarsenis, le Titteri et les Monts du Hodna. A la complexité de la structure de cet ensemble, nous avons préféré l'examen de l'Atlas Saharien :

- Nord-Est du Djebel Amour,
- Monts des Ouled Nail dans toute leur extension.

Les grands traits du relief sont étroitement dépendants de la structure géologique : synclinaux perchés, combes, barres rocheuses et monoclinaux sont aisément identifiables. (cf. interprétation géologique au 1/1.000.000e de J.F. PARROT). Toutefois, il n'est pas possible de différencier des natures lithologiques. Tout au plus perçoit-on des nuances de comportement vis-à-vis de l'érosion.

2.- Dans les Hautes Plaines, les contrastes de ravinement sont suffisamment fort pour faire apparaître la surface structurale qui s'étend au Sud du plateau du Sersou, au sein d'un ensemble de brillance plus uniforme dont certaines parties déprimées sont occupées par les chotts et les zahrez.

Enfin, il convient de remarquer avec quelle netteté se détachent :

- le cordon dunaire des zahrez,
- le lit majeur de l'Oued Touil.

Les différentes unités individualisées, sont représentées sur les deux transparents au 1/1.000.000.

B - Examen de l'agrandissement au 1/200.000.

L'agrandissement de l'image du canal 7 à l'échelle du 1/200.000 permet de franchir le stade de la reconnaissance géomorphologique pour aborder celui de l'étude des formes élémentaires du relief, souvent identifiable au 1/1.000.000 mais trop petites pour être cartographiées.

Notre analyse se limite à la région de MESSAAD. Son intérêt essentiel est de nous montrer le contact entre le flanc Sud de l'Atlas Saharien et les confins sahariens proprement dits.

1.- Les massifs montagneux de l'Atlas Saharien.

Nous distinguons facilement la structure des massifs principaux :

- l'anticlinal évidé du Djebel Mergueb, au centre de l'image,
- le synclinal perché du Djebel Bou Kahil, au Nord-Est,
- l'extrémité Nord de l'anticlinal du Djebel El Azereg, à l'Ouest.

Par rapport au document au 1/1.000.000 on observe des différences de modelés qui sont autant d'indices de natures lithologiques différentes. Ces modelés différents en fonction de l'importance relative entre les bancs résistants et les bancs tendres et en fonction du comportement des formations vis-à-vis de l'érosion.

Par opposition aux trois massifs cités où les assises résistantes sont nombreuses et donnent un modelé en dents de scie, on distingue, entre les Djebel Mergueb et Bou Kahil, une zone de collines où prédominent des formations tendres, stratigraphiquement inférieures aux séries voisines.

C'est l'identification des formations quaternaires qui progresse le plus avec le changement d'échelle. Les formes classiques de l'accumulation du matériel détritique au pied des massifs apparaissent avec une certaine netteté : glacis, cônes de déjection, sans possibilité de déterminer s'ils sont fonctionnels ou non.

Une haute surface a été délimitée sur le piémont Est du Djebel Mergueb ; elle se distingue des ensembles voisins par sa brillance homogène et ses rebords abrupts qui lui donnent un aspect résiduel.

2.- Les marges sahariennes.

Elles sont limitées à la partie Sud-Est du document. Elles apparaissent sous la forme d'un ensemble homogène que tache un "archipel" de petites cuvettes de décantation ou dayas. La rétention de l'eau y est relativement forte au moment de la prise de vue.

Les différentes unités individualisées sont représentées sur un transparent au 1/200.000.

IV - INTERPRETATION DU COMPLEXE COUVERT VEGETAL-SOL-EAU.

A - Examen du montage au 1/1.000.000 : Compositions colorées de type Diazo des clichés Djelfa - Chott el Hodna.

Deux remarques préliminaires d'ordre différent sont à noter :

- les niveaux de couleurs entre les deux scènes adjacentes ne sont pas homogènes et l'interprétation globale est rendue très difficile d'autant que l'on passe du Nord au Sud des régions telliennes subhumides et semi-arides aux confins Sahariens.
- on peut retrouver sur ces compositions colorées les principales interprétations géologiques et géomorphologiques effectuées précédemment sur les documents noir et blanc (Canal 7) avec toujours la même difficulté due à l'échelle du 1/1.000.000 pour cartographier les différentes unités individualisées.
- Les principales unités du complexe couvert végétal-sol-eau.

La délimitation sur la figure de zones plus ou moins homogènes et exprimant un certain état du complexe couvert végétal-sol-eau est esquissée en fonction des trois critères suivants :

- . La couleur qui est peut être homogène pour une même zone (dunes, eau libre, forêts) ou se présente sous forme d'association de couleurs délimitant des zones similaires plus complexes.
- . Le modelé du terrain (cf. interprétation géomorphologique).
- . La connaissance du milieu après des études cartographiques (sol, végétation, géomorphologie) dans la région de Djelfa-Messaad.

Une première série d'unités relativement simples apparaissent nettement :

- Cordon dunaire de Zahrez avec localement des champs de dunes et microdunes, pratiquement sans végétation, apparais-

sent en blanc (forte reflectance des sables dunaires 30 à 60 % environ).

- A l'opposé, surface d'eau libre du Chott el Hodna, des Zahrez et du barrage du Ghrib, en bleu et bleu vert intense. La différence de profondeur et de salure des eaux jouent certainement un rôle dans ces nuances de couleur sans pour autant qu'il soit possible de le préciser.
- Zones très salées, sans végétation des bordures de Chott. Couleur hétérogène en relation avec des différences d'humectation et peut être de salure (absence ou présence de croûte saline en surface).
- Zones très salées à végétation halophile (Solontchacks et Roches de sel). Il y aurait peut être ainsi une "réaction" spécifiques en relation avec une forte concentration de sels en surface (chlorure de sodium).
- Périmètres irrigués (oasis), dayas, dépressions intermédiaires, zones d'épandage avec cultures (céréales à un stade phénologique peu avancé) ou sol très humide après une crue ? Toutes ces zones apparaissent très nettement avec une coloration rougeâtre (non visible en N et B) et l'on passe ainsi à une seconde série d'unités dont le degré de couverture végétale paraît être la principale différenciation. C'est la raison pour laquelle nous les avons numérotées de 1 à 6.

1.- Couvert végétal dense : Forêts de pin d'Alep (le plus souvent sur djebels). La reflectance des zones forestières étant relativement faible (5 à 20 %).

Ces massifs forestiers plus ou moins denses se distinguent nettement aussi bien dans l'Atlas Tellien que dans l'Atlas Saharien (le positif noir et blanc Canal 5 se rapproche de ce que nous observons en compositions colorées, cf. aussi diapositives de visionneuse multispectrale).

2.- Matorral et/ou steppe dominante d'Alfa (faciès de dégradation de la forêt de Pin d'Alep) le plus souvent sur djebel.

3.- Couvert végétal assez dense (Steppe d'Alfa ou divers) le plus souvent sur djebels et aussi glacis à croûte calcaire. Il faut noter le périmètre du Djebel Sergueb après aménagement et mise au défens.

4.- Couvert végétal moins dense (steppes divers, localement alfa).

5.- Couvert végétal très peu dense : zones dégradées par surpâturage dans les Hautes plaines et Atlas Saharien (principalement autour des agglomérations).

6.- Zones présahariennes à couvert végétal très dégradé avec voile sableux plus ou moins généralisé (sauf pour 6') cf. limite de l'isohyète 200 mm (carte bioclimatique).

7.- Enfin zones de cultures (parcellaire souvent visible en relation avec les labours et emblavements récents) mais avec très peu de végétation au moment de la prise de vue : zone d'épandage au Nord du Chott el Hodna.

- Conclusions provisoires sur cet essai d'interprétation.

Les trois thèmes envisagés : couvert végétal, sol et eau sont le plus souvent difficiles à individualiser et l'on observe généralement une résultante, ce qui est normal.

Cependant, on peut distinguer des unités simples où l'un ou l'autre de ces thèmes apparaissent nettement et des unités complexes.

Unités simples.

- Eau : surface d'eau libre des Chotts ou Sebkhass (très faible reflectance) ;
- Couvert végétal : zones forestières à couvert végétal relativement dense qui diminue fortement la reflectance.
- Sols : . zones salées à très salées avec forte concentration de sels (chlorure de sodium) en surface ;
 . zones dunaires pratiquement dépourvues de végétation.

En définitive, il s'agit d'unités à très forte ou très faible reflectance et dans le cas des zones salées d'une "réaction" semble-t-il spécifique des sols en surface (chlorure de sodium).

Unités complexes.

Les 3 thèmes sont difficiles à distinguer. Dans certains cas, couvert végétal et eau paraissent dominants : périmètres irrigués, zones d'épandages, dayas.

Pour les autres, on peut tout au plus noter, soit une gradation de couleurs traduisant globalement une diminution du couvert végétal, soit une association de couleurs caractéristiques (parcellaire dans les zones de cultures).

B - Examen du montage au 1/200.000 : Compositions colorées de type Diazo (région de Messaad).

Il s'agit avec cette réduction d'échelle :

- de rechercher éventuellement des informations nouvelles et de se rapprocher d'une échelle de terrain plus habituelle.
- de comparer ces images avec une cartographie existante (cartes de Messaad au 1/100.000 et réduites au 1/200.000).

Un examen rapide permet, comme au 1/1.000.000 de distinguer sans doute plus nettement, les principaux traits du relief et de la géomorphologie (formations quaternaires en particulier). De plus on peut également individualiser très schématiquement des unités exprimant une certaine densité du couvert végétal. Ces unités se regroupent en 3 séries :

- Périmètres irrigués (oasis), dayas, zones d'épandages, qui apparaissent en couleur très foncée ou verdâtre (zone d'épandage de l'Oued Bou Zquima).

La densité du couvert végétal (arbres fruitiers et palmiers, céréales en début de cycle végétatif ?) et une certaine humidité du sol diminuant la reflectance.

- Zones de l'Atlas Saharien (Aride supérieur et moyen avec $P > 200$ mm) avec une gradation des couleurs restant avec une nuance verdâtre et allant en s'atténuant avec la réduction du couvert végétal. Nous avons distingué 5 intensités de couleurs :

1. Matorrals très dégradés et steppes d'alfa sur les djebels essentiellement (aride supérieur).

2. Steppes d'alfa relativement denses sur les djebels et les glacis encroûtés (aride supérieur et moyen).
3. Steppes diverses (localement alfa).
4. Steppes diverses avec couvert végétal moins dense.
5. Zones dégradées par le surpâturage autour des agglomérations.

- Zones présahariennes ($F < 200$ mm) avec une gradation de couleur avec une nuance rougeâtre devenant jaunâtre très claire :

6. Steppes d'alfa ou psammophiles sur djebels et grès plus ou moins ensablés.
7. Steppes diverses (couvert végétal très peu dense) sur glacis encroûtés.
8. Zones très dégradées (environ de Messaad).
9. Zones plus ou moins salées (région d'El Bordj).

Il convient de souligner que les limites des différentes unités restent très floues et l'interprétation en est donc très délicate, (les ombres des reliefs prennent une grande importance et deviennent gênantes). La comparaison avec les documents cartographiques de terrain s'avère également délicate et on peut noter des concordances tant au niveau des unités géomorphologiques que pour certaines unités de végétation (steppes d'alfa par exemple).

V - CONCLUSIONS GENERALES.

En conclusion de ce qui vient d'être exposé, il convient de souligner le caractère très rapide et très partiel des démarches présentées. Le principal objectif était en effet, dans un premier temps, d'illustrer les possibilités offertes par l'imagerie LANDSAT. Il s'agissait également de montrer que le même instrument peut être abordé dans un esprit et selon des méthodes différentes propres à chaque chercheur et à chaque thème et qu'il peut servir de point de rencontre à des

disciplines variées d'autant que le plus souvent les thèmes s'interpénètrent et s'intègrent au niveau de l'image...

Les quelques documents et résultats présentés ne peuvent prétendre à une interprétation complète et systématique. Bien d'autres thèmes pourraient être abordés et surtout bien d'autres moyens et méthodes pourraient être mis en oeuvre pour tirer pleinement partie des données satellites. Il est bien évident qu'une utilisation plus systématique du caractère multispectral de l'image, qu'une comparaison de plusieurs vues prises à des dates différentes aurait débouché sur des résultats plus intéressants et plus sûrs si par ailleurs des relevés terrain avaient pu être réalisés pour valider ces interprétations.

Il importe cependant de ne pas se cacher du caractère dangereux ou quelque peu aventureux des interprétations présentées. On notera d'ailleurs que le chercheur qui a éprouvé le plus de difficultés a été, on s'en douterait, celui qui disposait de la connaissance concrète du terrain. C'est également ce dernier qui a été le plus sensible au caractère parfois décevant de ce type de document, par ailleurs très délicat à manier.

Il n'en reste pas moins que ces interprétations pour partielles et rapides qu'elles soient font bien apparaître les possibilités considérables des données LANDSAT, ce d'autant plus que l'on peut envisager le traitement numérique des bandes magnétiques qui ouvrent des perspectives plus intéressantes encore que la simple photo-interprétation.

Compte-tenu de cette petite expérience, on peut envisager deux ensembles d'applications possibles :

. D'une part les études d'inventaire à petite échelle portant sur le milieu naturel :

- Etat et nature du couvert végétal et plus généralement occupation du sol (inventaire forestier, étude des nappes d'alfa, cartographie des zones de cultures, etc...).
- Cartographie pédologique ou géomorphologique de reconnaissance (par exemple en vue d'orienter le choix des zones à étudier plus en détail).

- Sur le plan de la géologie, il apparaît que la vue synoptique offerte par l'imagerie LANDSAT permet une perception globale des lignes structurales majeures qui, outre le fait qu'elle peut fournir un guide sur des zones mal connues peut enrichir également la connaissance déjà acquise directement sur le terrain.

. D'autre part, les études à moyen et long terme portant sur l'évolution des phénomènes ayant une traduction spatiale :

- Suivi de l'évolution du couvert végétal dans un cycle annuel (céréaliculture par exemple) ou pluriannuel (reforestation et mise en valeur intégrée telle que le Barrage vert).
- Etudes du régime hydrologique des Bassins endoréiques (Chotts, Zahrez et Dayas) et des zones d'épandage .

Ces quelques directions de recherche nous paraissent les plus abordables compte-tenu de notre expérience mais ne peuvent prétendre à toutes les utilisations possibles de l'imagerie LANDSAT.

NNW

Atlas saharien

SSE

Hautes plaines

Synclinal perché

Dysharmonies au sein de
l'unité intermédiaire

Anticlinal pincé

Accident sud de
l'Atlas saharien

Marges sahariennes

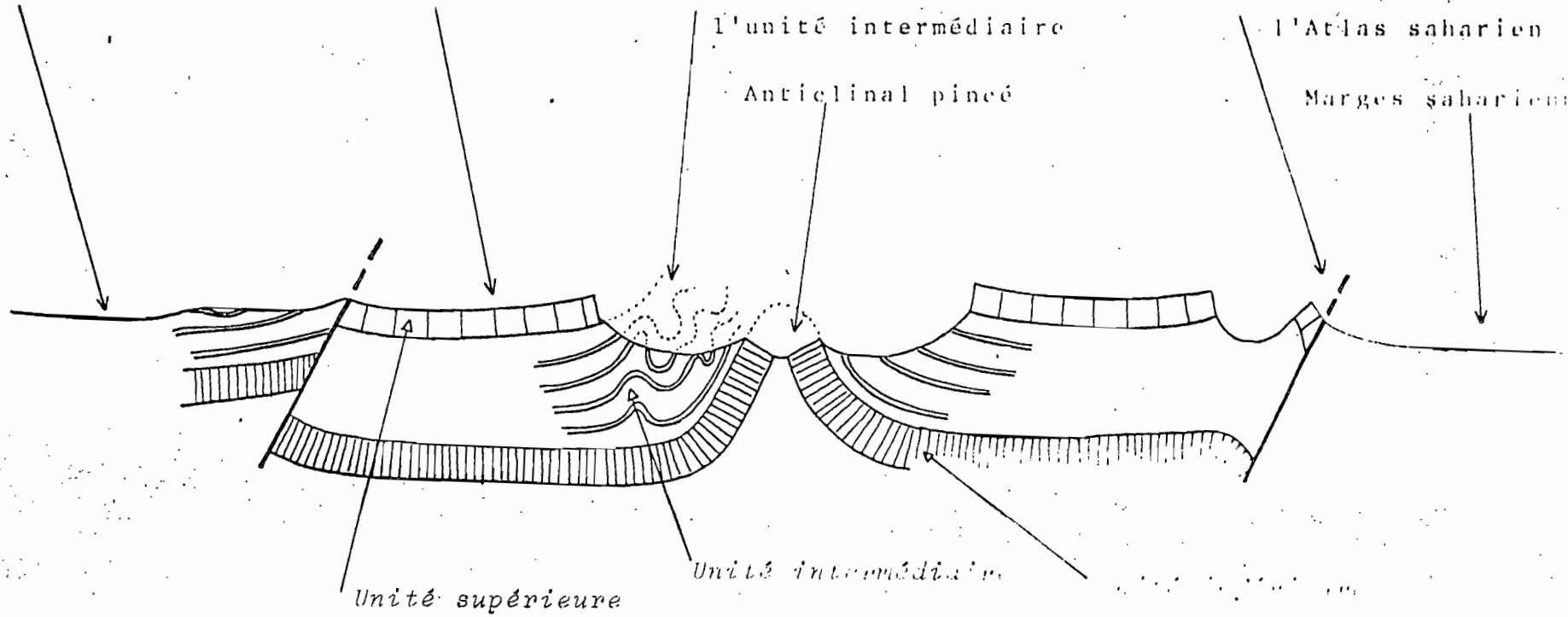
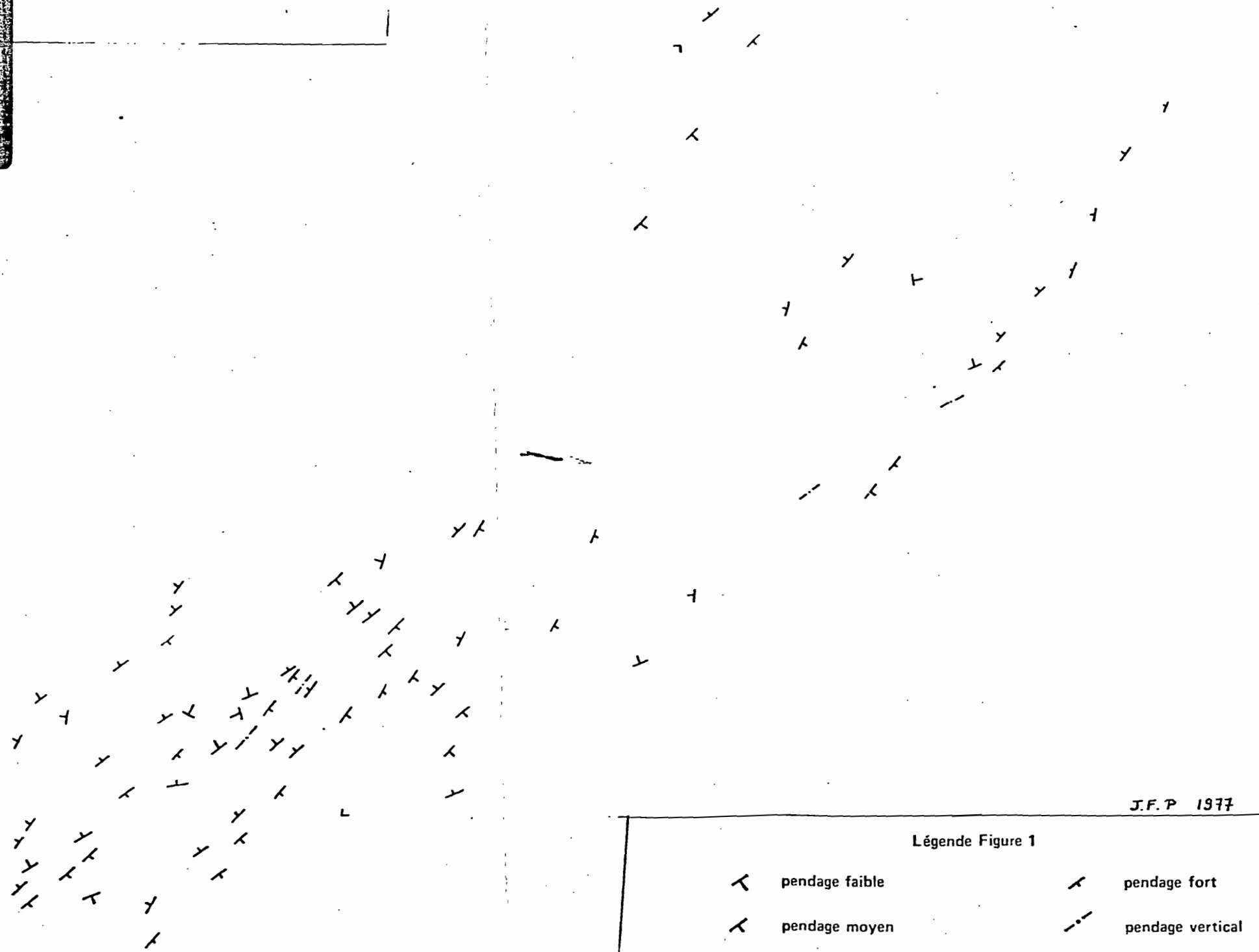
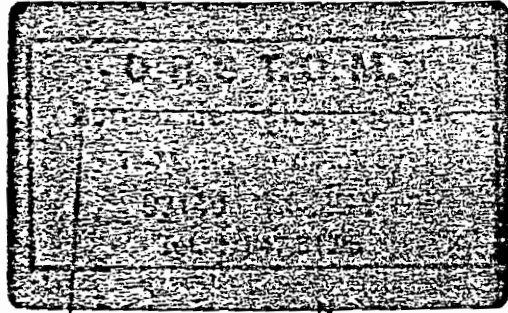


Figure 4 : Coupe synthétique de l'Atlas saharien.

Figure 1 - Relevé des pentages observés

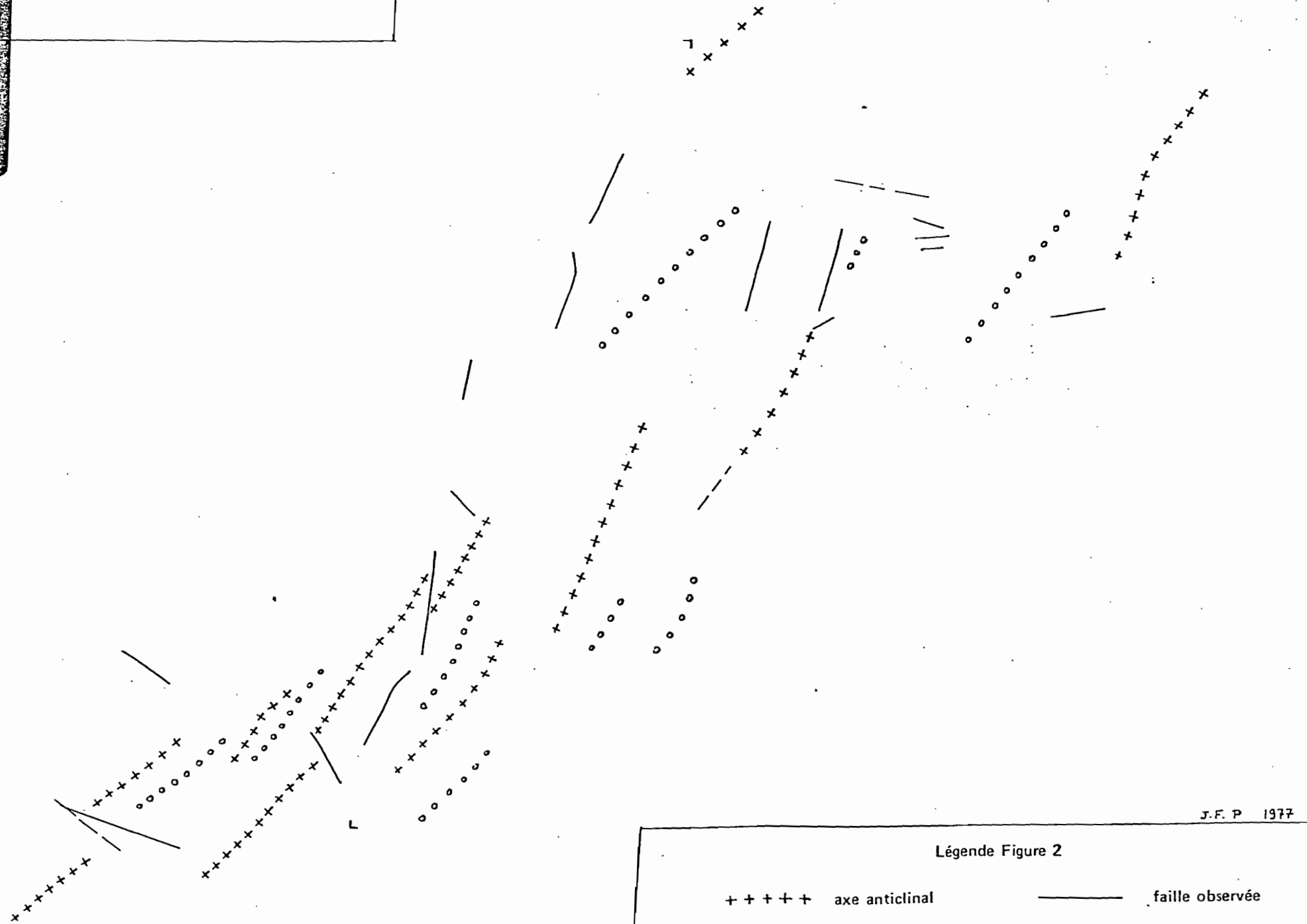
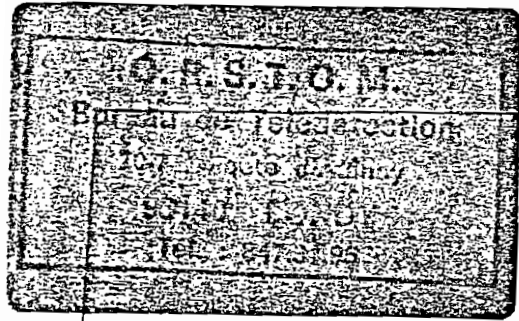


J.F.P 1977

Légende Figure 1

- | | |
|--|--|
|  pendage faible |  pendage fort |
|  pendage moyen |  pendage vertical |

Figure 2 - Relevé des axes structuraux



J.F.P. 1977

Légende Figure 2

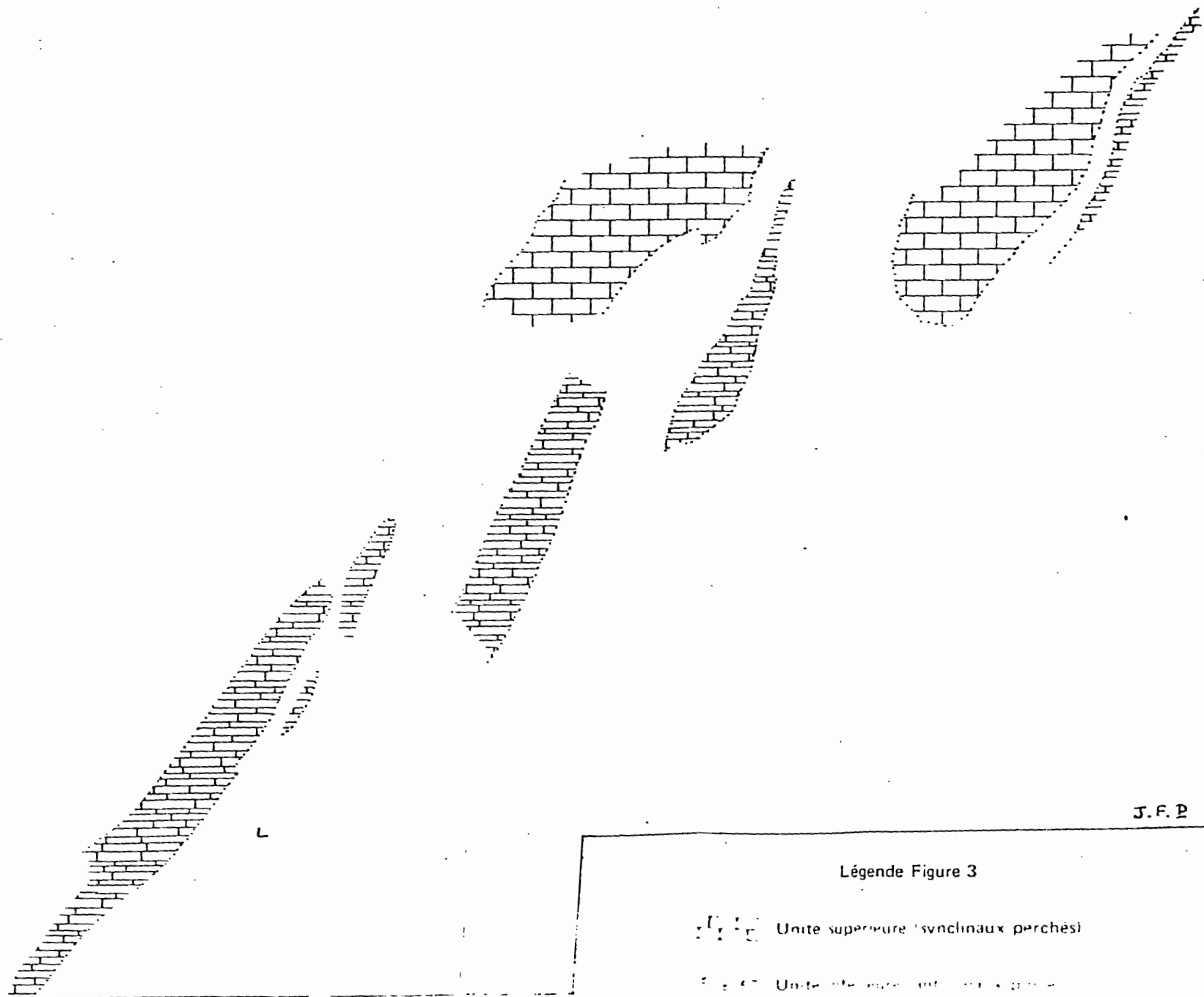
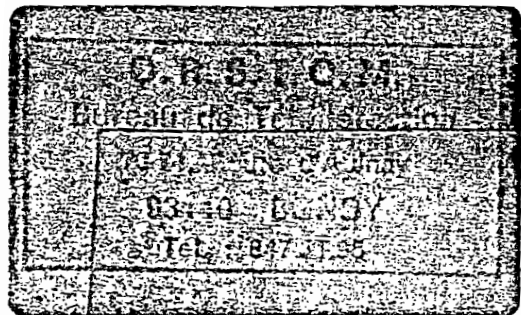
+++++ axe anticlinal

o o o o o axe synclinal

————— faille observée

- - - - - faille probable

Figure 3 - Essai d'individualisation des séries lithologiques



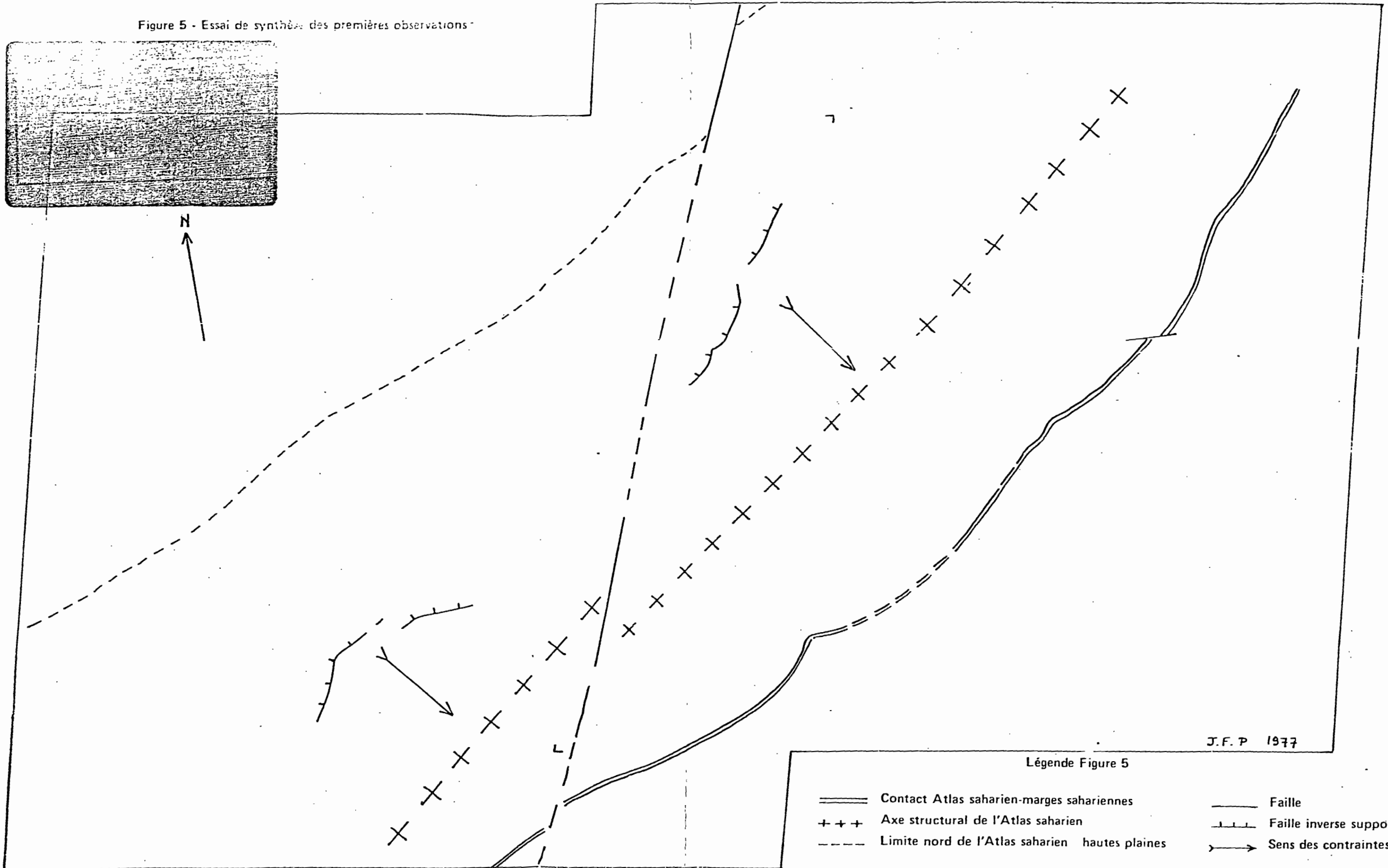
J.F.P. 1977

Légende Figure 3

Unité supérieure (synclinaux perchés)

Unité inférieure (anticlinaux perchés)

Figure 5 - Essai de synthèse des premières observations








J.F.P 1977

Légende Figure 5




- | | | | |
|---------|--|---------|-------------------------|
| ==== | Contact Atlas saharien-marges sahariennes | —— | Faïlle |
| +++ | Axe structural de l'Atlas saharien | - - - - | Faïlle inverse supposée |
| - - - - | Limite nord de l'Atlas saharien hautes plaines | → | Sens des contraintes |



I. Unités morpho-structurales

- 11  Monoclinal ou barre rocheuse
- 12  Escarpement
- 13  Surface structurale
- 14  «Atlas tellien»
- 15  Formation dunaire

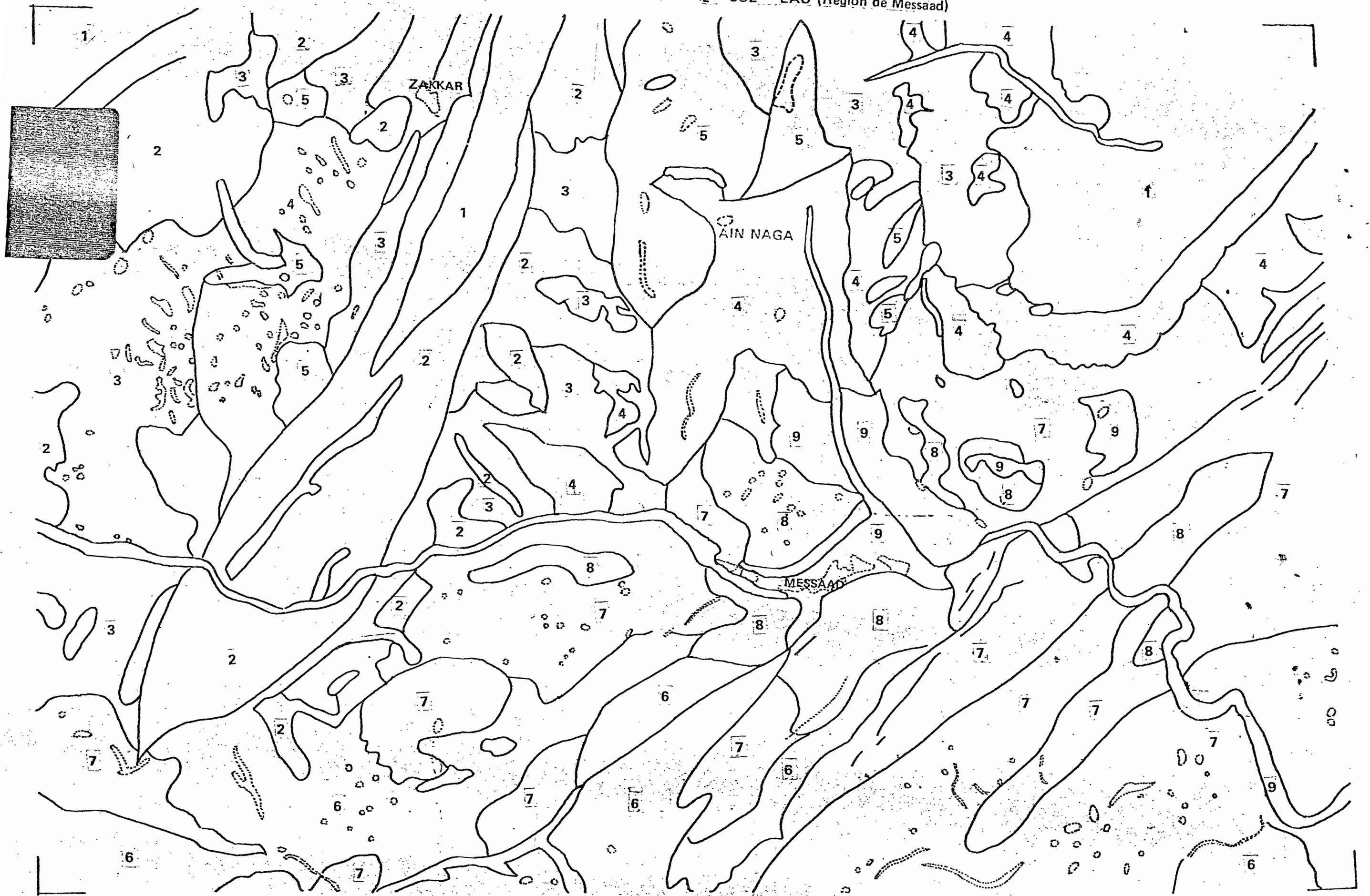
II. Unités hydrographiques

- 21  Chenal d'oued alluvionné
- 22  Cône de déjectic
- 23  Sebka-chott

ENSEMBLES GÉOMORPHOLOGIQUES
ET
HYDROGRAPHIQUES



COMPLEXE COUVERT VÉGÉTAL - SOL - EAU (Région de Messaad)



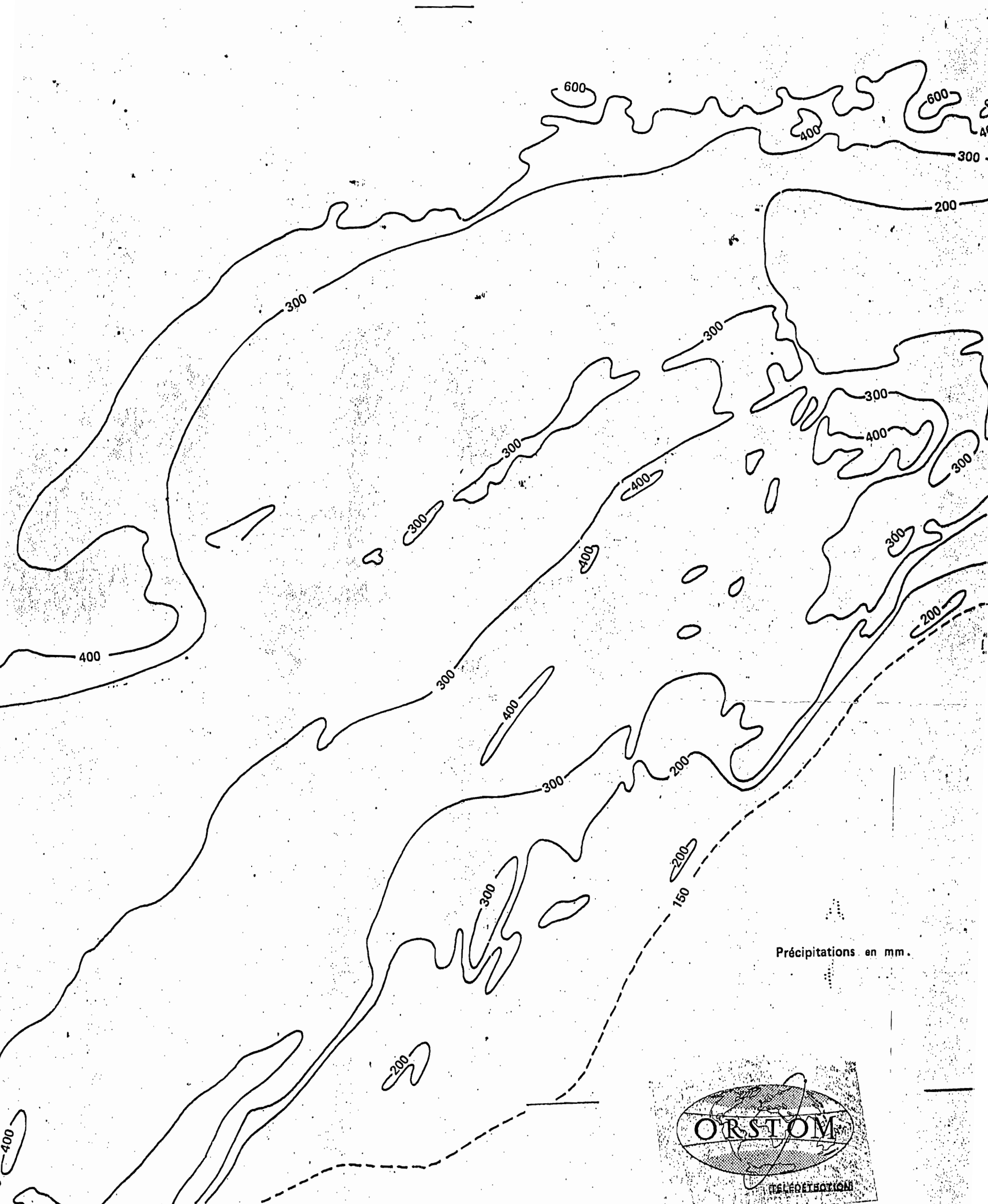
1 à 5 Atlas saharien (P. > 200 m)

5 à 9 Zones Présahariennes (P. < 200 m)

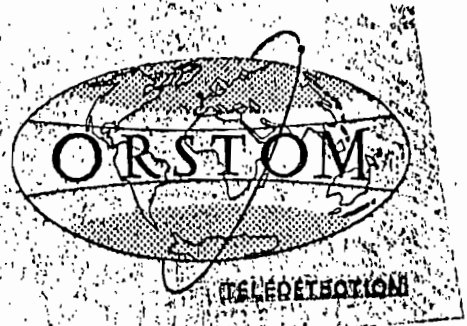
Oasis, zone d'épandage, dayas

Echelle 1/200 000

EXTRAIT DE CARTE BIOCLIMATIQUE
DE
L'ALGÉRIE STEPPIQUE À 1/1 000 000







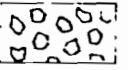
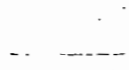
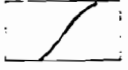





Précipitations en mm.





Esquisse géomorphologique de la région de MESSAAD à 1/200 000

- | | | | |
|---|--|--|--------------------------------|
|  | Substratum à dominante de bancs massifs jointifs |  | Rebord de haute surface |
|  | Substratum alternant des bancs tendres et des bancs résistants |  | Glacis d'érosion |
|  | Substratum à dominante de bancs peu résistants |  | Cône de déjection |
|  | Haute surface |  | Cuvette de décantation - Dayas |
|  | Barre rocheuse - Monoclinale |  | Chenal d'Oued alluvionné |
|  | Escarpelement d'origine structurale |  | Agglomération et Jardins |

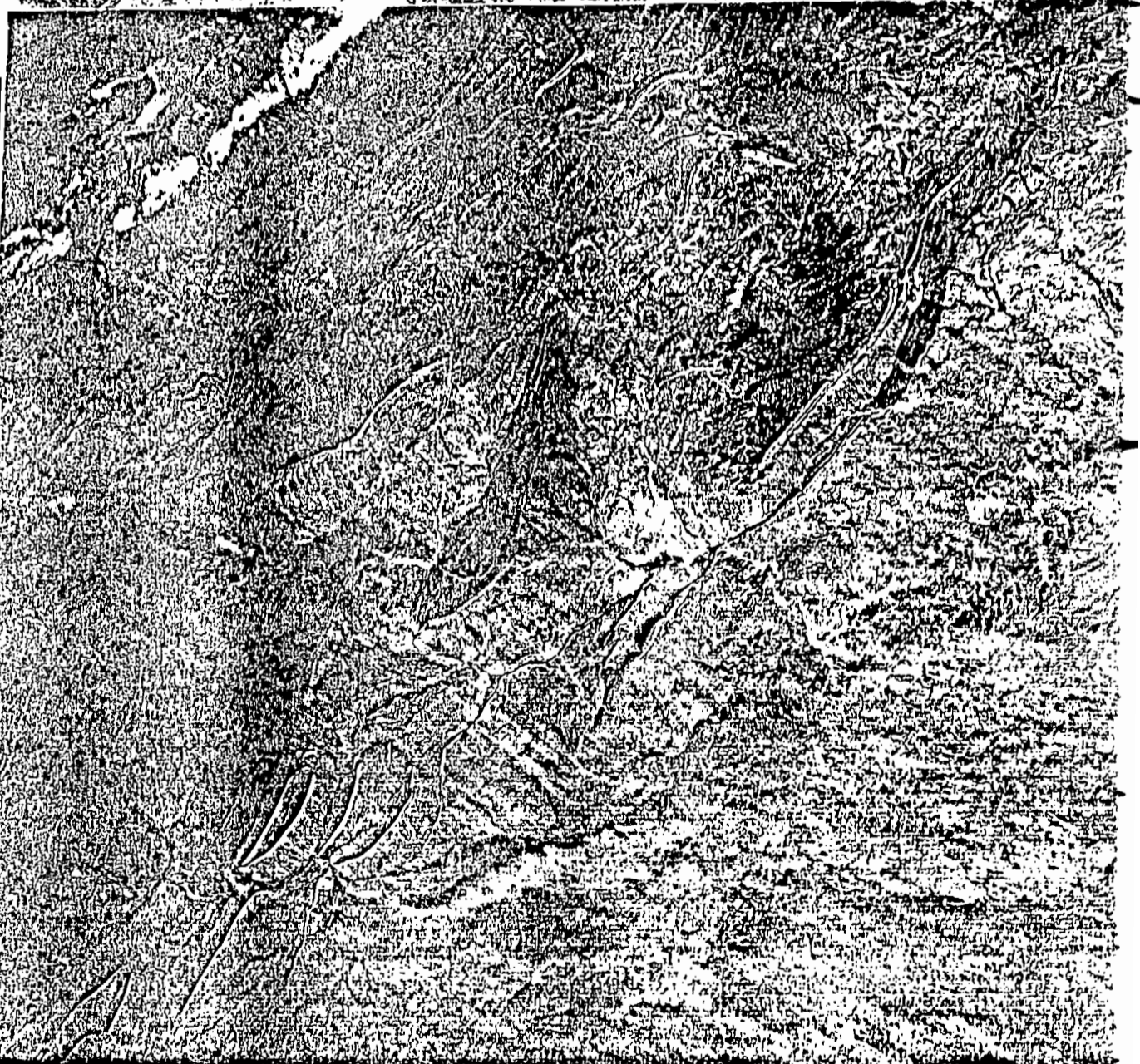
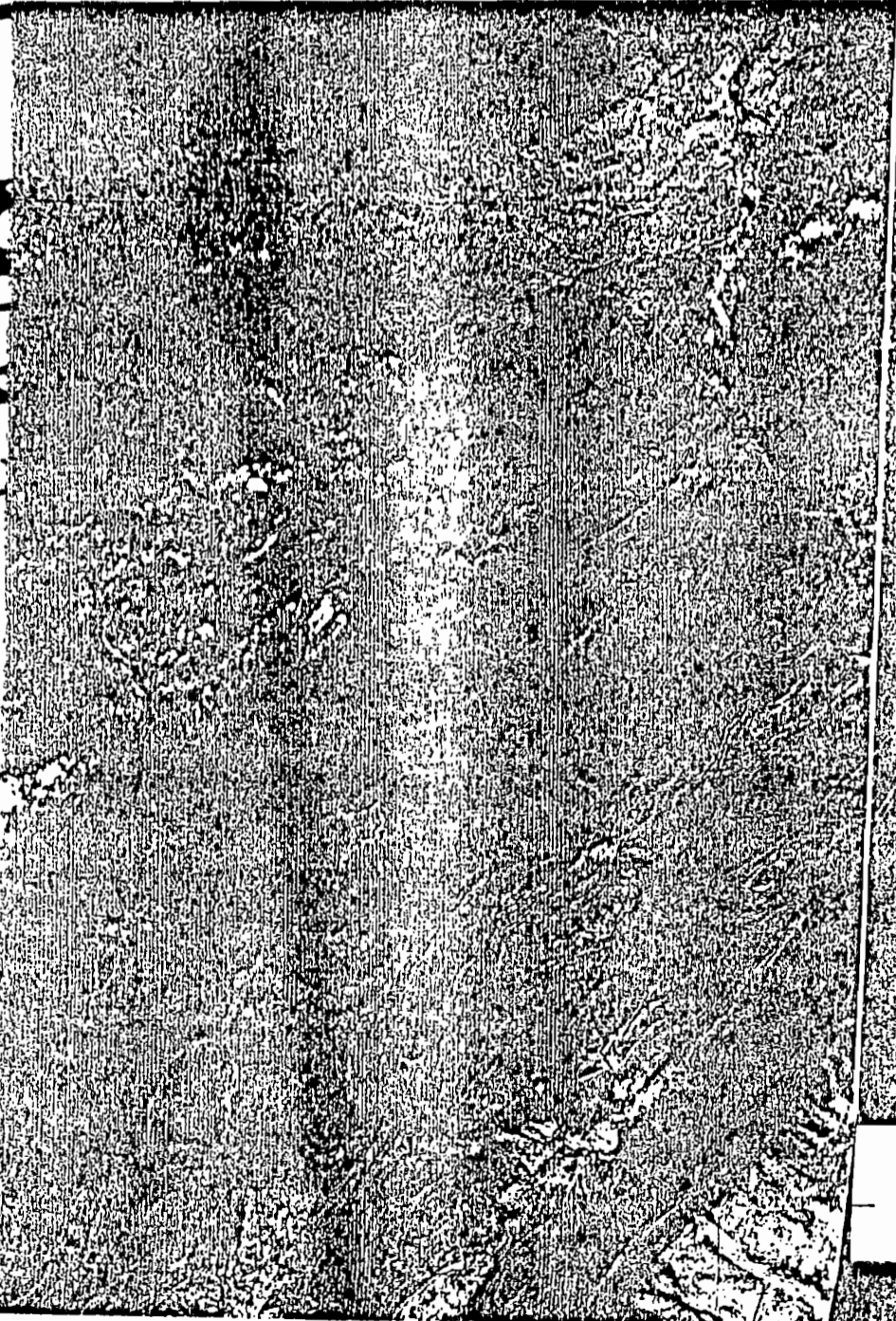
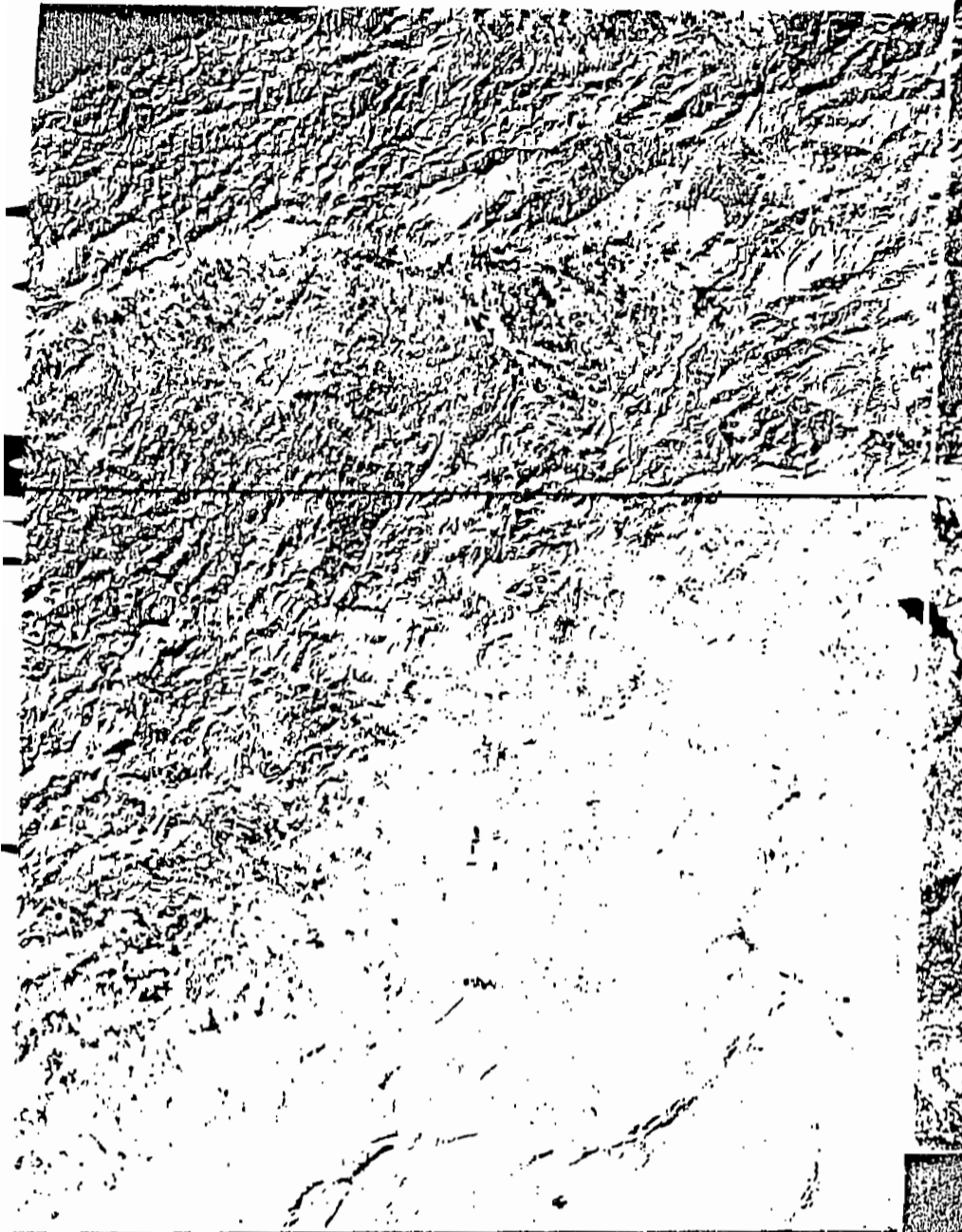
COMPLEXE COUVERT VÉGÉTAL - SOL - EAU

- 1 Couvert végétal dense : Forêt de Pin d'Alep (le plus souvent sur djebels)
- 2 Matorral et/ou steppe dominante d'Alfa : faciès de dégradation de forêt de Pin d'Alep
- 3 Couvert végétal assez dense ; steppes d'Alfa ou divers
- 4 Couvert végétal moins dense ; steppes diverses localement Alfa
- 5 Couvert végétal très peu dense. Zones dégradées
- 6 Couvert végétal encore moins dense (zones présahariennes) avec ensablement plus ou moins généralisé
- 6' Couvert végétal encore moins dense (zones présahariennes) sans ensablement
- 7 Zones de cultures (parcellaires souvent visibles) mais avec très peu de végétation au moment de la prise de vue
- Périmètres irrigués (oasis), dayas
- Zones d'épandages avec cultures (céréales jeunes ?)
- Zones salées à très salées
- Eau libre salée (chott)
- Bordures de chotts sans végétation, très salées
- Dunes, sables mobiles sans végétation
- Zone salée à très salée

Échelle 1/1 000 000



13NOV72 C N34-18/E001-59 N N34-16/E002-02 MSS 7 R SUN EL30 RZ152 190-1585



E002-00 E003-001
13NOV72 C N34-19/E003-26 N N34-17/E003-28 MSS

IN033-30 E003-30 E004-001
7 R SUN EL32 RZ152 190-1571-A-I-N-D-IL NASA ERTS E-1113-09541-7

E001-00 E001-301 IN033-30 E002-00
13NOV72 C N34-18/E001-59 N N34-16/E002-02 MSS 7 R SUN EL32 RZ152 190-1585

E001-00 E001-301

E002-00

