



MICROFICHE N°

05509

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F

1

LA CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DES SOLS A PARTIR DES IMAGES SATELLITES (LANDSAT) APPLIQUEE A LA TUNISIE CENTRALE

Rapport de stage aux U.S.A. du 25 Avril au 6 Juin 1980

LAND USE / COVER MAPPING FROM SATELLITE LANDSAT IMAGERY APPLIED TO CENTRAL TUNISIA

Training report in the U.S.A. from April 25th to June 6th 1980

Par, BY : Ali HAMZA, Géomorphologue Principal, Chef du laboratoire de Télédétection
Abderrahmane MAMI, Ingénieur Principal, Chef du Service de la Cartographie
et de l'Expertise des Sols

E-S 182

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU ET
EN SOL
DIVISION DES SOLS

1981

- LA CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DES SOLS
A PARTIR DES IMAGES SATELLITES (LANDSAT)
APPLIQUES A LA TUNISIE CENTRALE -
- Rapport de Stage aux U.S.A. du 25 Avril au 6 Juin 1980 -
- LAND USE/ COVER MAPPING FROM SATELLITE LANDSAT
IMAGERY APPLIED TO CENTRAL TUNISIA -
- Training report in the U.S.A. from April 25th to June 6th
1980

PAR, BY.

ALI HAMZA, Géomorphologue principal, Chef du laboratoire de
Télédétection

ABDERRAHMANE MAMI, Ingénieur principal, Chef du Service de la
Cartographie et de l'Expertise des sols

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU ET
EN SOL
DIVISION DES SOLS

1981

- LA CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DES SOLS
A PARTIR DES IMAGES SATELLITES (LANDSAT)
APPLIQUES A LA TUNISIE CENTRALE -
- Rapport de Stage aux U.S.A. du 25 Avril au 6 Juin 1980 -
- LAND USE/ COVER MAPPING FROM SATELLITE LANDSAT
IMAGERY APPLIED TO CENTRAL TUNISIA -
- Training report in the U.S.A. from April 25th to June 6th
1 9 8 0

PAR, BY.

ALI HAMZA, Géomorphologue principal, Chef du laboratoire de
Télédétection

ABDERRAHMANE MAMI, Ingénieur principal, Chef du Service de la
Cartographie et de l'Expertise des sols

Le stage que nous avons entrepris aux U.S.A. du 27 Avril au 6 Juin 1980 trouve son origine dans le séminaire sur la télédétection des ressources terrestres organisé conjointement par l'USAID et la DPES du 21 au 31 Mai 1980. En effet le contrôle sur le terrain des interprétations faites des images satellites par le groupe sol et végétation dans le Centre a démontré tout l'intérêt de ces documents en matière d'utilisation des sols. Un projet d'évaluation de l'apport des images Landsat à la cartographie de l'occupation des sols a été soumis et approuvé par la DPES, l'USAID et l'ERIN Michigan.

L'objectif du projet a été de réaliser une carte statique et multi-temporelle de l'occupation des sols de la région de Gafsa El-Ayacha, à partir des images Landsat du 7 Février 73 et du 2 Janvier 1980. Le choix de cette région s'explique par les faits suivants :

- c'est une région assez vaste correspondant aux cartes au 1/200.000^e suivantes (en partie) : Gafsa et Ayacha Sbêitla Fériana Kébili Tozeur. Elle fait approximativement 12000 km² de superficie (Fig. 1 et 2).

- c'est une région choisie à titre expérimental pour la simplicité et la variabilité de l'occupation des sols qu'elle offre.

- elle constitue le prolongement méridional de la région de Sidi Bou-Zid Fériana Kasserine Maknassy ayant été cartographiée au 1/100.000^e à partir des photographies aériennes classiques par H. ATTIA. Nous avons inclu volontairement dans la région étudiée les deux cartes de Maknassy et de Fériana, partie Sud, afin de comparer l'apport des deux méthodes.

L'étude s'est poursuivie de Septembre 1979 jusqu'à Septembre 1980 en 7 étapes (Fig. 3).

- La 1ère étape a consisté en une interprétation visuelle des tons, couleurs et textures de l'image fausses couleurs de la région de Gafsa du 7 février 1973. Toutes les couleurs homogènes ont été reconnues comme unités provisoires.

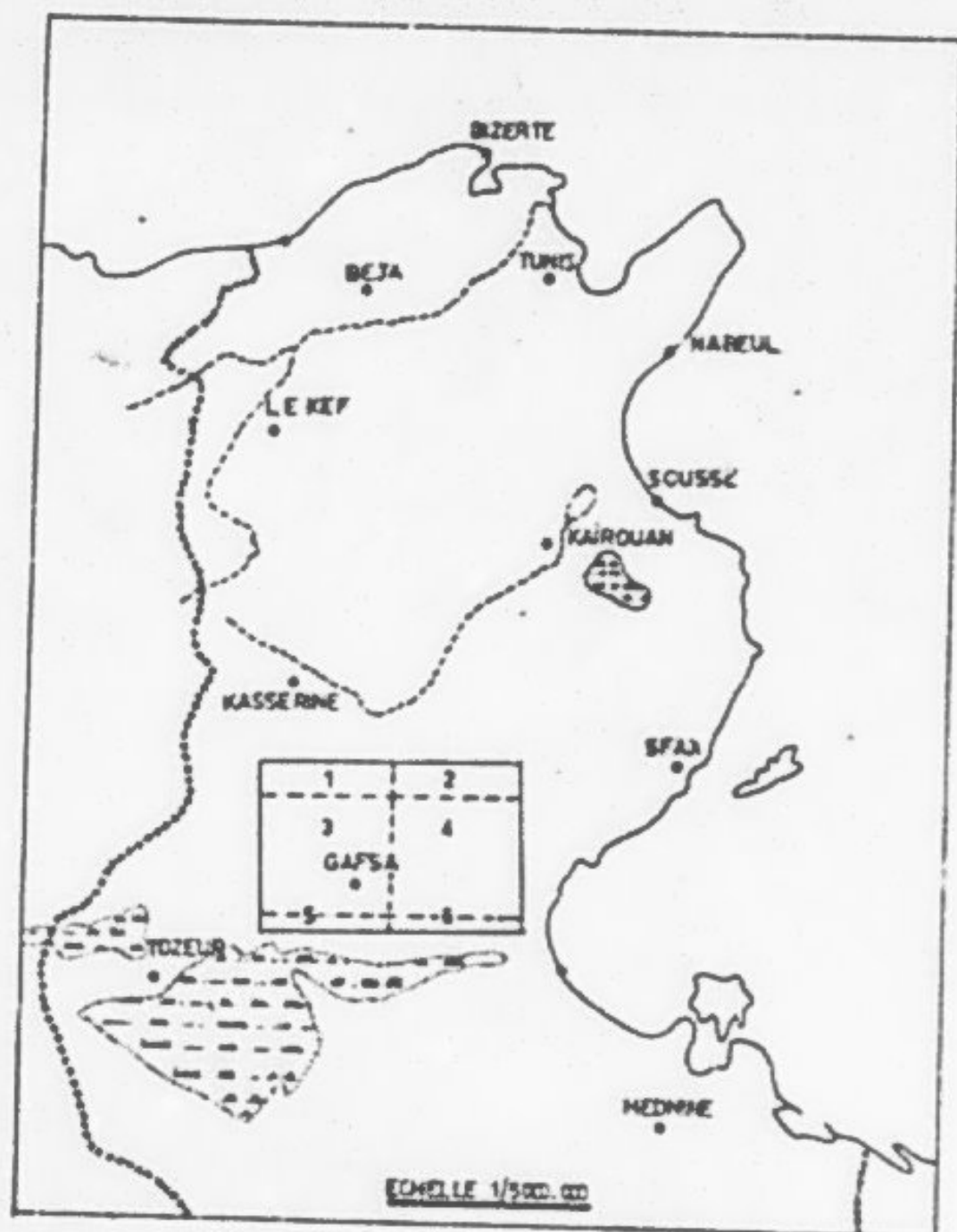
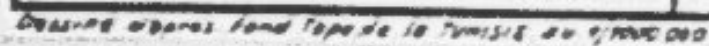
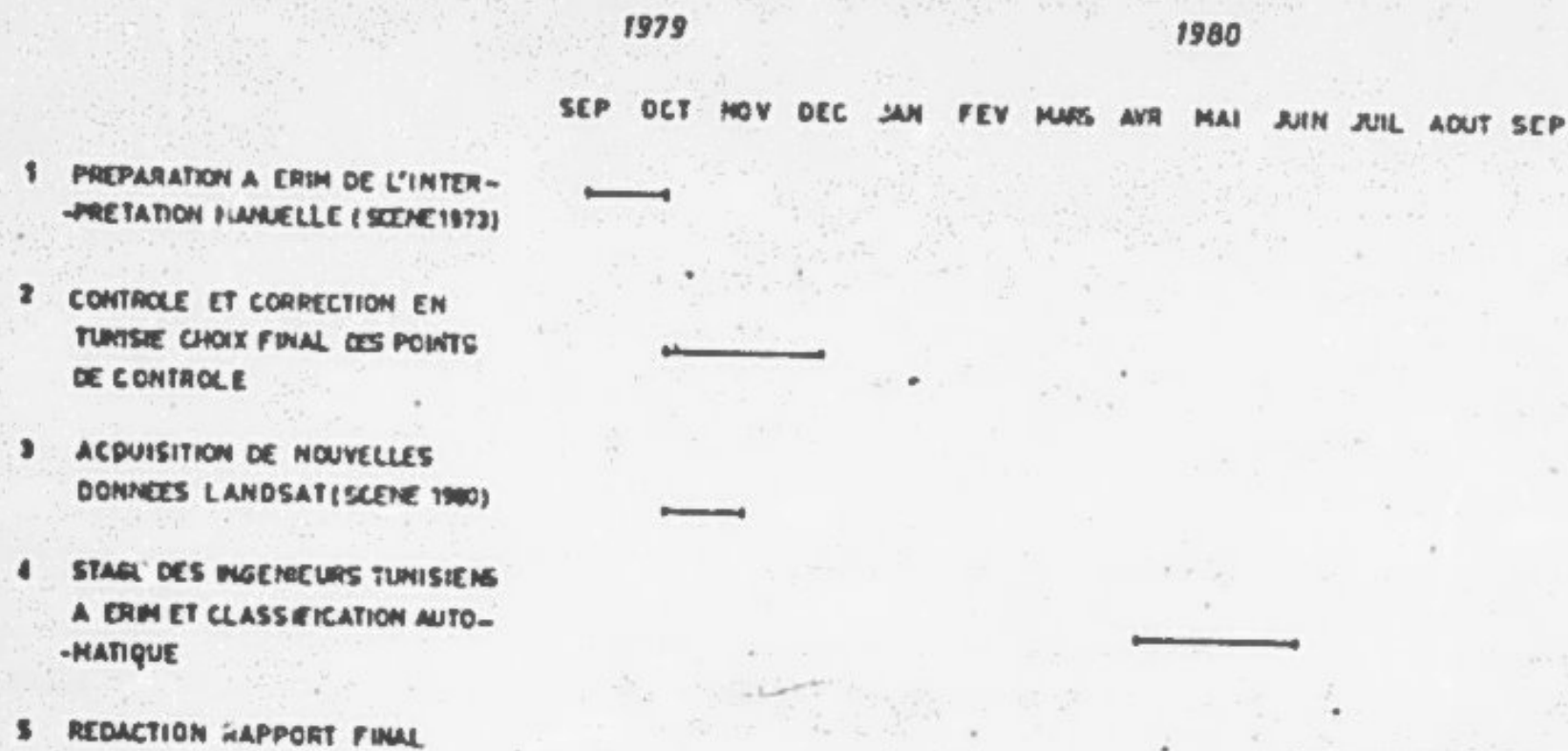


Fig. 1 - CARTE DE LOCALISATION DE LA ZONE ETUDIEE ET CARTES TOPOGRAPHIQUES AU 1/200.000 CORRESPONDANTES.

- | | | |
|-------------|-----------|-----------|
| 1. PERIANA | 2. SBITLA | 3. GAFSA |
| 4. EL ANCHA | 5. TOZEUR | 6. KEBILI |





**FIG. 3. - SCENARIO DU PROJET CARTOGRAPHIE DE
L'OCCUPATION DES SOLS EN TUNISIE CENTRALE .**

- La 2^e étape a consisté à contrôler le document sur le terrain et à préparer les sites d'entraînement représentant des échantillons d'unités homogènes bien localisés sur les photographies aériennes et les cartes topographiques, indispensables pour la classification automatique d'après l'itinéraire ci-contre (Fig. 4).

- La 3^e étape a consisté à acquérir une bande magnétique représentant la même région mais plus récente (2 Janv. 1980) afin de réaliser la carte multitemporelle ou carte de détection des changements.

- La 4^e étape a consisté en notre départ en stage aux U.S.A. à FRIM Michigan afin de poursuivre l'étude entreprise à Tunis par l'interprétation automatique. En plus de la description détaillée des 34 sites d'entraînement choisis, nous avons pris avec nous les cartes et les études géologiques, phytosociologiques, géographiques et pédologiques, existantes et intéressant la région, en plus des cartes topographiques au 1/50.000^e, au 1/200.000^e et au 1/1.000.000^e.

- La 5^e étape a consisté en la rédaction du rapport final du projet.

Le stage proprement dit, étant la phase la plus importante de ce projet, a été poursuivi selon le programme suivant :

1/- Correction géométrique des images Landsat à partir des points de contrôle afin d'obtenir des fonds topographiques superposables aux cartes au 1/200.000^e.

2/- Digitalisation des données de sol à partir de la carte pédologique de la Tunisie au 1/200.000^e.

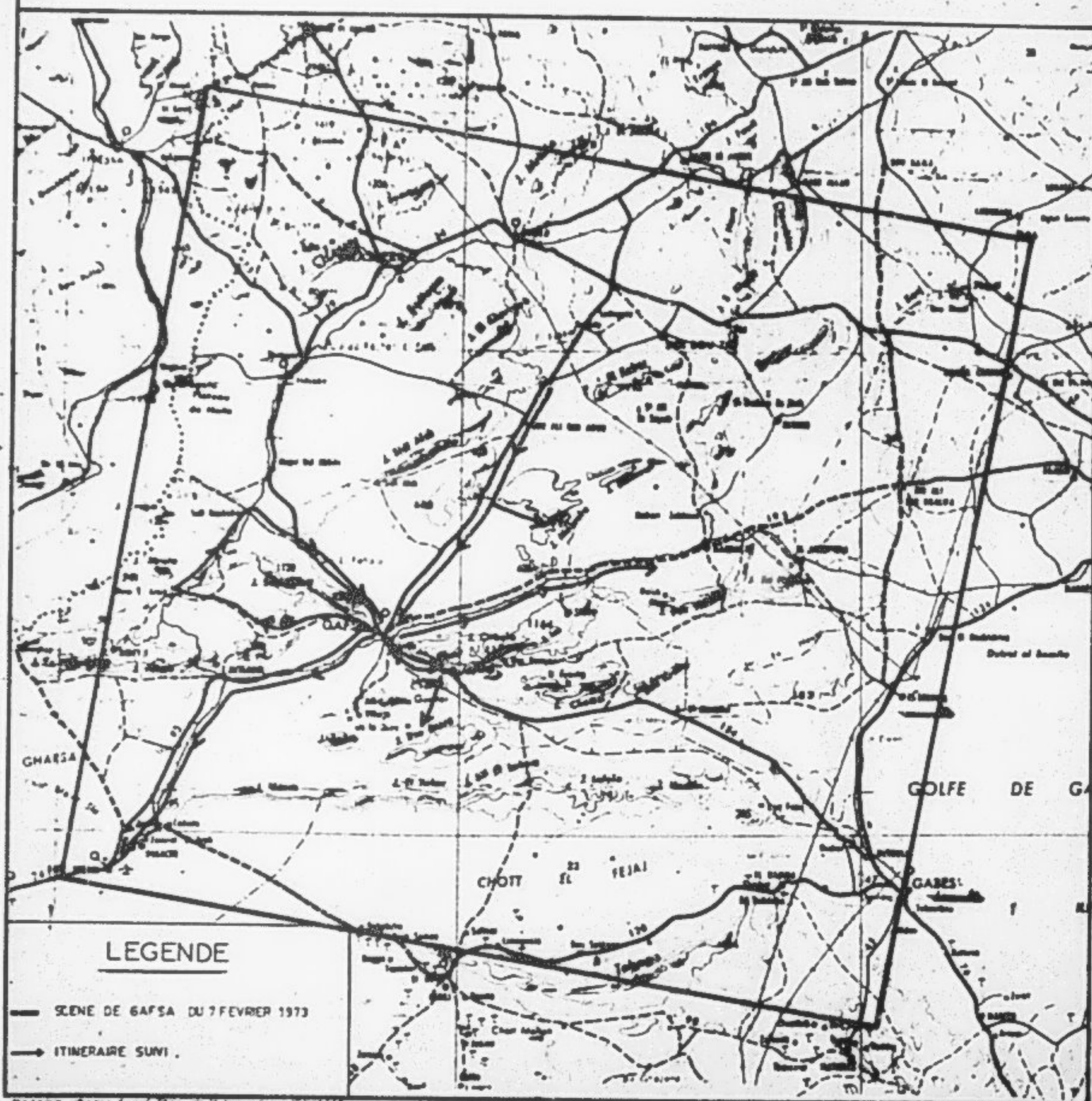
3/- Interprétation visuelle de l'image du 7 février 1973.

4/- Comparaison de la carte obtenue de l'interprétation précédente avec l'image de l'année 1980.

5/- Classification automatique de l'image de l'année 1973 et comparaison de la carte obtenue avec le résultat de l'interprétation visuelle.

6/- Interprétation visuelle et automatique d'une partie de la scène de 1980.

FIG4 ITINERAIRE DE LA VERITE - TERRAIN



7/- Comparaison automatique des changements obtenues sur la classification digitale de 1973 et de 1980.

Nous essayons de rendre compte de tout cela dans ce qui suit en traitant successivement les 3 thèmes suivants :

- la carte d'occupation des sols par interprétation manuelle,
- la carte d'occupation des sols obtenue par classification automatique,
- l'image pour détection de changement de l'occupation des sols entre 1973 et 1980.

1.- Cartographie manuelle de l'occupation des sols :

L'interprétation visuelle préparée à Tunis a été faite sur une image en fausses couleurs à l'échelle 1/150.000^e environ, produite dans les laboratoires de l'ERIM et non corrigée géométriquement. Après la correction géométrique sur ordinateur, nous avons jugé utile de reprendre la classification visuelle de la nouvelle image correspondant à un fond topographique au 1/200.000^e. Le principe d'interprétation est très simple. Il s'agit de reconnaître comme unité les couleurs, les textures et les tons homogènes. L'identification de ces unités est réalisée grâce aux observations faites sur le terrain et grâce aux documents divers dont nous disposons pour la région. Par extrapolation l'information est généralisée sur toute l'image. Certaines unités très petites ne sont pas cartographiées en tant que telles mais incluses dans des unités plus vastes. Lorsqu'elles représentent une part importante de cette dernière, on aboutit à une unité complexe, ex. l'unité d'Alfa dégradé et de céréales caractérisant la région entre l'Oued El Kébir et le Dj. Younés. D'une façon générale nous avons trouvé une bonne corrélation entre les grandes classes de sol de la carte pédologique de la Tunisie au 1/500.000^e, et les signatures spectrales apparaissant sur l'image en fausses couleurs. C'est pour cette raison que les classes d'occupation des sols ont été rangées par grandes catégories de sols. En gros 39 unités ont été cartographiées. La signification d'occupation des sols est prise au sens le plus général. Elle désigne à la fois l'utilisation et le recouvrement des terres à savoir le " Land Use/ Land Cover " des américains. Les clés d'interprétation de la scène fausses couleurs ont été les suivantes:

- Pour ce qui est des cultures annuelles et irriguées, plus la vé-

gétation est dense et bien portante plus elle réfléchit dans la bande rouge (7) et plus elle apparaît rouge. Le cas de champs d'orge sur alluvions faiblement salés de la région des Séguia est significatif à cet égard. La couleur rouge dépend de la densité de végétation mais aussi de l'importance de la chlorophylle dans cette végétation. Moins la plante est pourvue en chlorophylle, moins rouge se présente sa signature spectrale : c'est le cas des oasis, ex. l'oasis de Gafsa.

- Les végétations naturelles apparaissent grisâtres (ex. l'alfa) blanchâtres (ex. les végétations clairsemées des sols sableux de la région de Gafsa) à grisâtre blanchâtre (c'est le cas de la végétation des sebkhas). La teinte bleuâtre indique d'une façon générale la présence de l'eau sous une forme ou une autre.

- Les sols nus qui sont caractérisés par une réflexion presque égale de tous les rayonnements apparaît en blanc. Ils supposent par là aux ombres qui se caractérisent par une absorption de tous les types de rayonnement et apparaissent ainsi en noir.

- Le cas de l'arboriculture est complexe. Etant donné qu'elle est très clairsemée, la signature spectrale caractéristique ^{est} jaunâtre, correspondant à un mélange de végétation et de sol nu. C'est le cas dans la région de Maknassy, Sidi Bou-Zid.

A la lumière de ces données générales, l'interprétation a été entreprise aboutissant à la classification suivante :

1/- Les zones d'ombre : Etant donné que l'image est prise vers 9h 30 du matin, des ombres existent sur les flancs NW des montagnes de la région donnant un effet d'estompage inverse des cartes topographiques. Ces ombres sont à l'origine d'une perte de l'information qu'on pourrait résoudre en faisant appel aux photographies aériennes par exemple. C'est le cas dans les Djebels Orbata et Chambi.

2/- Les sols dénudés de montagne : Tous les flancs dénudés sans couverture végétale dense apparaissent dans une teinte blanchâtre à légèrement noirâtre sous l'effet d'ombre locales, ex. Le piedmont méridional du Dj. Bou-Hadma.

3/- Les fonds d'Oued : Ils ressortent, dans une teinte bleuâtre à blanchâtre bien marqué particulièrement dans le cas des Oueds Kébir et Afch et par là ils sont facile à reconnaître.

4/- Les sols caillouteux à topographie chahutée à prédominance d'Alfa. Ils occupent en grande partie les zones Nord-Ouest de l'image correspondant à la région de Fériana, Hajène Bel Abbas. L'Alfa en bon état (3 a) se distingue facilement par sa signature spectrale grisâtre de l'Alfa moyen (3b) de l'Alfa dégradé (3c) et de l'Alfa en association avec de l'orge dans les vallons, (3 d et 3 e).

5/- Les sols caillouteux des cônes de déjection : ils apparaissent bleuâtres à cause de l'humidité à la suite probablement d'une pluie importante, et sont localisés sur le flanc méridional du Dj. Bou-Hedma et Orbata.

6/- Les sols de plaines à végétation subdésertique. Ils correspondent aux épandages sableux et aux cuvettes humides de la région se trouvant au Nord de Gafsa. Les cuvettes sont localement cultivées en orge et cactus (5b), quelquefois, de taille importante (5c) ou cultivées en cactus (5d).

7/- Les sols peu évolués d'apport à texture fine cultivés en orge.

Ils correspondent aux fonds des vallons occupant diverses régions de l'image. Sur le plan spectral, il n'y a aucune différence entre les sols non salés (6d) et les sols légèrement salés cultivés en orge (6e) cette donnée provient de la carte pédologique. La dernière catégorie est constituée par les sols salés non cultivés (6 h).

8/- Les Oasis : Ils ressortent dans une teinte marron sombre (7 a). Les forages, correspondant à une densité de palmiers faible, apparaissent plus claires : cas de l'oasis de Gaïsa et d'El-Guettar (7b).

9/- Les sols salés : 7 catégories de signatures ont été détectées correspondant à cette classe. Les sols salés à nappe affleurante de Sabkhet Sidi Mansour (8 g) apparaissent bleus foncés à noirâtres. Ceux de Chott El-Guettar, foncés à légèrement rougeâtres correspondent à des sols à végétation dense (8 c). Les sols sans végétation apparaissent blanchâtres bleuâtres à cause de l'humidité (8 a). Les autres catégories sont les suivantes :

- sols salés à végétations peu denses (8 b)
- sols salés à végétations très denses (8 d) et (8 e)
- sols salés à dépôts salins superficiels (8 f).

10/- Les mines et zones de pollution par le phosphate (9) correspondent à une teinte bleuâtre sombre au niveau de Matlaoui et de M'Dhillia. Ces zones de pollution présentent une légère confusion avec les secteurs humides et les secteurs urbanisés (10).

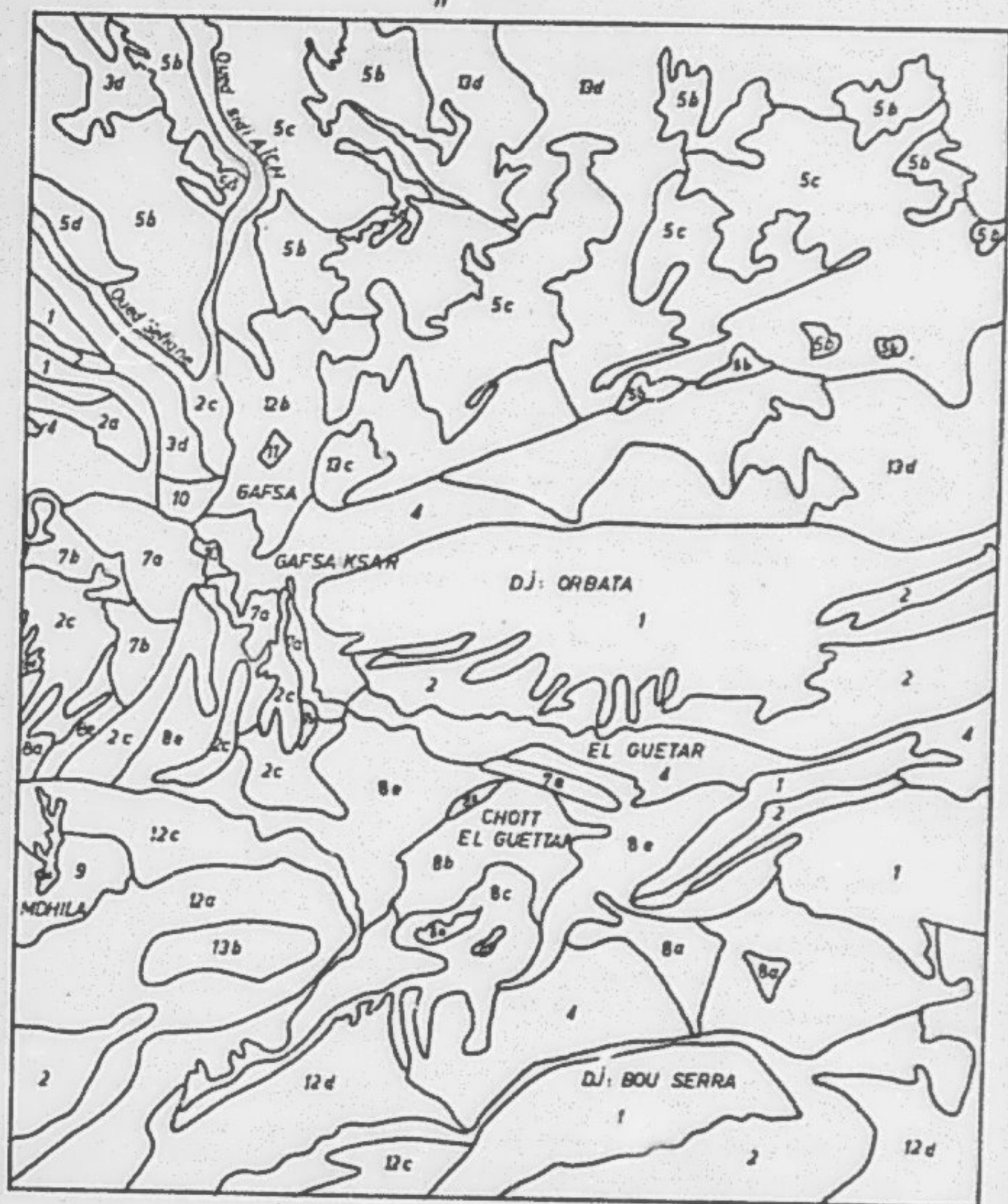
11/- Les zones urbanisées : il s'agit de la ville de Gafsa et d'El Guettar légèrement étendues pour être détectées dans une teinte bleue sombre (10).

12/- Les zones reboisées : il s'agit d'un parc qui se trouve au Nord de Gafsa (11).

13/- Différentes catégories de sols gypseux en association avec des régosols (12 a et 12 b) dont certains sont cultivés en orge (12 b) et les sols à croûte ou encroûtement gypseux (12 c).

14/- La dernière est la catégorie des sols de plaine à texture moyenne à grossière correspondant à l'arboriculture et à la céréali-culture (13 b), aux vergers (13 a), au cactus (13 e), aux céréales en association avec de l'arboriculture (13 c), et aux parcours prédominant (13 d).

Cette méthodologie nous a permis ainsi d'obtenir une carte d'occupation des sols au sens le plus large, de distinguer beaucoup de classes dont certaines sont des associations de plusieurs unités. Il apparaît que l'image Landsat comme la photographie aérienne donne une image fidèle de la réalité géographique qu'il est possible de synthétiser et de classer. Toutefois avec l'image Landsat la résolution nous empêche de détailler ce qui n'est pas le cas des photographies aériennes. Le niveau de détail permis par l'image Landsat est tout à fait satisfaisant dans le cas de l'échelle 1/200.000°. Certaines confusions spectrales peuvent être limitées par la vérité terrain et par les sources auxiliaires (Fig. 5).



— FIG. 5 — Extrait de la carte d'occupation des sols de la région de gafsa au 1/200 000^e obtenue par interprétation manuelle.

— LEGENDE: Voir carte.

II.- TRAITEMENT INFORMATIQUE DES IMAGES LANDSAT

1.- Correction géométrique des images Landsat

Avant de procéder à la cartographie manuelle ou automatique, nous avons été amenés à corriger géométriquement les images Landsat de 1973 et 1980 et ce, en nous aidant de l'ordinateur.

Pour cela, nous avons localisé des points de contrôle sur les cartes d'Etat Major au 1/50.000^e et au 1/100.000^e puis sur l'image Landsat projetée sur écran (39 pour l'image 73 et 40 pour l'image de 80). Des sorties ordonnées imprimées nous ont permis de vérifier l'erreur commise sur la localisation des points en fonction des données Pitch - Roll - Yaw du satellite (1). Pour obtenir une bonne correction géométrique, la valeur de l'erreur doit être inférieure ou égale à 50. Il est à signaler que, pour la scène 1980, la correction était plus difficile. Celle-ci, fournie par Téléspace comportait :

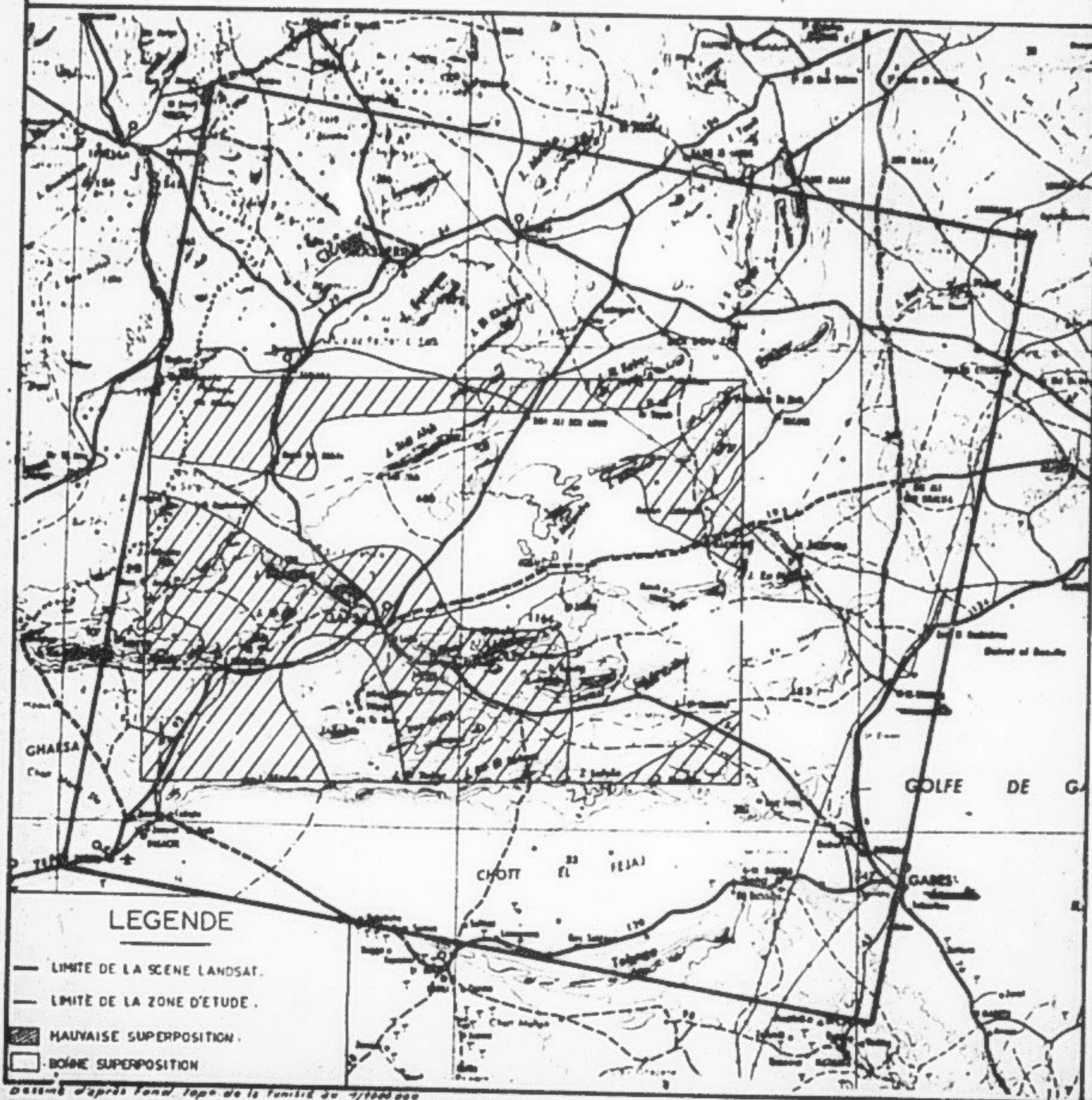
- un manque de données sur le pitch et le yaw,
- un certain nombre de pixels remplis artificiellement à cause du manque de données.

La superposition des 3 canaux correspondant aux deux scènes corrigées est de ce fait excellente pour certaines zones et très mauvaise pour d'autres (Fig. 6).

Ainsi deux images fausses couleurs corrigées géométriquement ont été générées au 1/200.000^e à partir des bandes 4, 5 et 7. La superposition des films correspondant à chacune des bandes a été faite manuellement sur une table lumineuse et à l'aide d'une loupe et ce, avec une grande précision. Un agrandisseur Durst a été utilisé pour l'agrandissement et pour la génération des images.

(1) Ce sont les coup d'aile, coups de queue et tangage du satellite qui introduisent des distortions sur l'image. Les bandes magnétiques EOS portent une valeur estimant cette distortion et permettant leur correction. Sur les bandes Téléspace cette valeur n'existe pas.

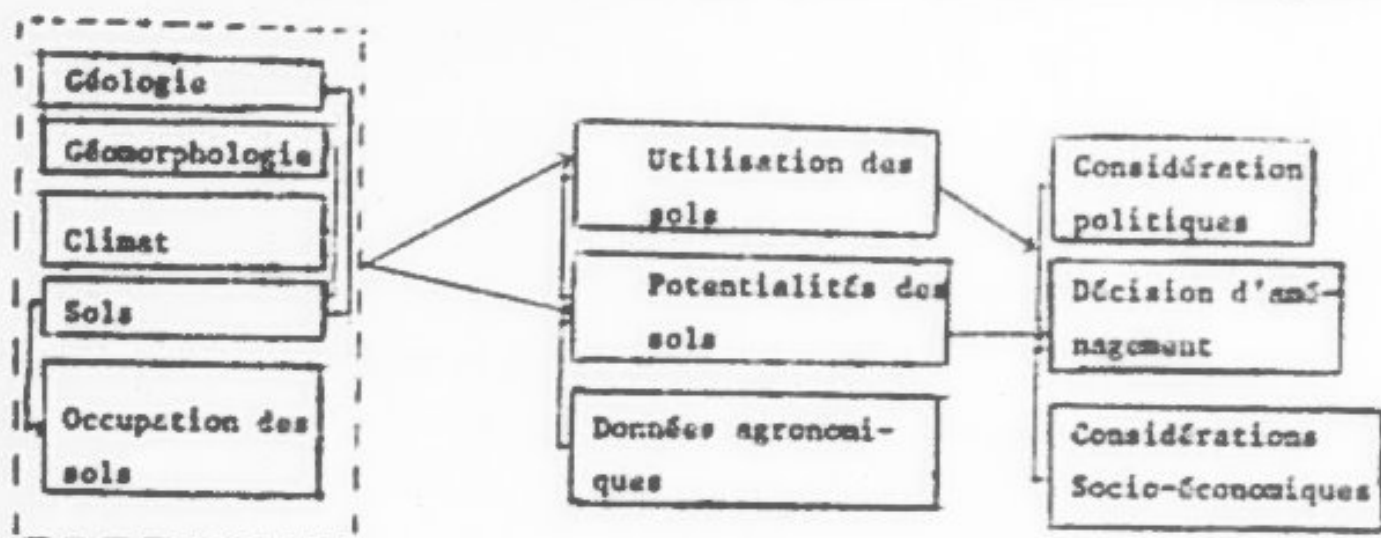
FIG. 6 SUPERPOSITION ENTRE LES SCENES
1973 et 1980



2.- Interprétation et cartographie automatique de l'image 1973⁽⁺⁾

Ne connaissant pas les possibilités d'utilisation de l'ordinateur et ne disposant pas d'une méthodologie précise d'approche, nous avons été amenés à faire plusieurs tentatives de classement nous permettant d'obtenir le maximum de renseignements et d'utiliser le maximum de données disponibles (sols, végétation...).

Nous avons pensé à travailler sur le schéma suivant : montrant les interdépendances entre les caractéristiques du milieu qu'il faut prendre en considération pour prendre une décision d'aménagement.



2.1.- Essai de digitalisation des données pédologiques

Nous avons pensé qu'il y aurait une bonne relation, dans les milieux arides, entre les sols et les signatures spectrales. Nous avons donc essayé de digitaliser les sols, à partir de la carte pédologique et d'ajouter, à partir des images Landsat leur occupation. Etant donné le temps limité, nous avons utilisé la carte pédologique au 1/500.000^e de façon à avoir une idée sur les possibilités qu'offre l'ordinateur.

Celui-ci enregistre exactement les limites des différentes unités de sols que nous lui transmettons à l'aide d'une manette qui lit ces limites sur la carte pédologique. Nous avons donc ajouté un 9^e canal dans l'ordinateur comprenant les classes de sols données dans le tableau n°7.

(+) Nous avons fait toutes les tentatives préliminaires de cartographie sur l'image 1973.

- TABLEAU N° 7 : CLASSES DES SOLS DIGITALISEES

Sols minéraux bruts

- 1 - Reg de roche ou de croûte
- 2 - Sols d'apport éolien
- 3 - Sols d'apport fluviatile
- 4 - Lithosols
- 5 - Régosols
- 6 - Lithosols régosols (associés à de rares sols calcimorphes).

Sols peu évolués

- 7 - Sols d'apport modaux et sols d'apport hydromorphes
- 8 - Sols d'apport probablement salés
- 9 - Sols d'apport modaux associés à des lithosols.

Sols Calcomagnésimorphes

- 10- Rendzines et sols bruns calcaires sur croûte ou conglomérat.
- 11- Lithosols et rendzines sur croûte ou conglomérat
- 12- Sols calcimorphes et lithosol, régosols
- 13- Sols calcimorphes, lithosols et (ou) régosols sur roche géologique et localement sur croûte calcaire.
- 14- Sols peu évolués ou sols gris-Subdes associés à des sols à croûte ou encroûtement gypseux.
- 15- Sols à croûte ou encroûtement gypseux
- 16- Sols gypseux associés à des régosols
- 17- Sols à encroûtement gypseux et sols peu évolués d'apport.

Sols isohumiques

- 18- Sols bruns et brun - rouges
- 19- Sols bruns encroûtés
- 20- Sols bruns associés à des lithosols
- 22- Sols bruns associés à des sols à croûte ou encroûtement gypseux.
- 23- Sols bruns associés à des sols calcimorphes ou des lithosols sur croûte ou encroûtement calcaire.

Sols halomorphes

- 24- Sols très salés encroûtement salin superficiel
- 25- Sols très salés à encroûtement gypseux de nappe
- 26- Sols salins à horizon superficiel friable
- 27- Sols à alcali très salés
- 28- Sols à alcali peu ou moyennement salés.

Toutefois, cette méthode ne nous a pas permis d'obtenir une carte convenable à cause de la différence d'échelle entre les données de l'image Landsat et de la carte pédologique.

Nous ne pouvons de ce fait donner une conclusion définitive sur cette méthodologie étant donné que nous n'avons pas eu le temps d'essayer d'autres approches à savoir :

- donner les renseignements sur le relief en digitalisant directement à partir de l'image Landsat.

- opérer une digitalisation des données pédologiques à partir de cartes à plus grande échelle.

2.7.- Classement et cartographie automatique détaillée de l'occupation des sols.

Etant données les difficultés rencontrées nous avons été amenés à établir une carte sans introduire les canaux 9 et 10 (Sols et relief). Leur introduction était toutefois faite occasionnellement de façon à vérifier sur l'écran l'emplacement d'un point d'observation par rapport au relief. Ceci devait nous permettre de tenir compte autant que possible de la signature d'une même classe dans différentes positions topographiques.

Cette méthode nous a amené à faire plusieurs essais et vérifications. Chaque essai était vérifié sur l'écran et en même temps sur les tables imprimées données par l'ordinateur, les points d'observation les moins significatifs étant éliminés.

C'est ainsi qu'après une vingtaine d'essais nous sommes partis d'une carte préliminaire comportant 40 classes et 51 points d'observations pour arriver à une carte détaillée finale comportant 16 classes et 21 points d'observations répartis comme suit et représentés dans la carte ci-contre (Fig.8).

Points de contrôle : 1973

N° du point

Occupation du sol

1	Ombre
3	Sol nu
11	Alfa
12	Alfa dégradé
15	Orge
16	Orge peu dense
27	Sol nu
28	Sol nu
29	Cactus
37	Sol sypseux
38	Périmètre irrigué
40	Arboriculture
50	Oasis
54	Sol salé
58	Sol salé 3
59	Sol salé 2
60	Oued
61	Arboriculture et
62	Bord ^{céréales} d'Oasis
63	Sol salé 4
64	Oued

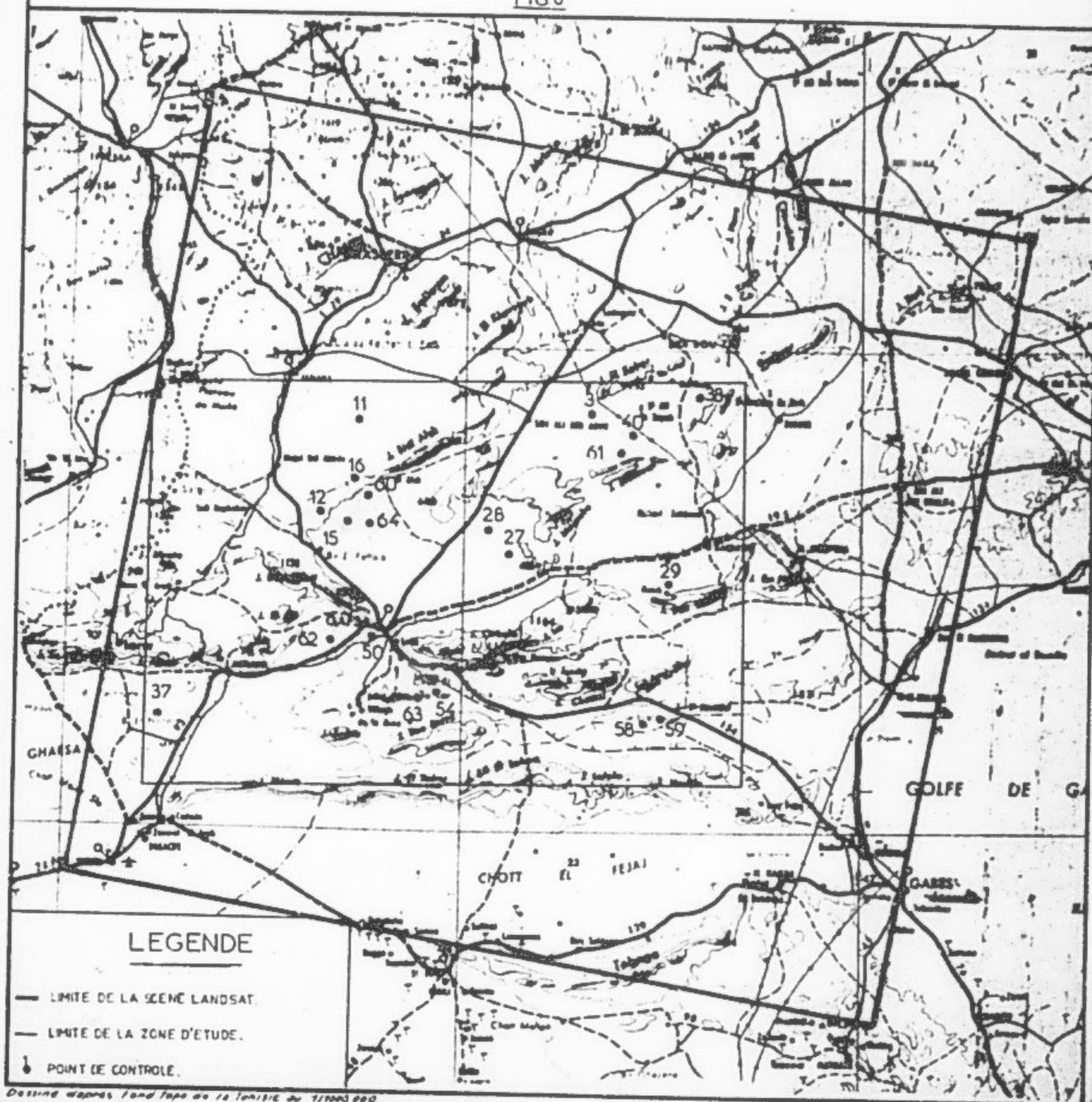
Le classement détaillé final adopté pour l'image 1973 est le suivant :

1.- Cultures

- Oasis
- Bord des Oasis ou périphérie des oasis
- Périmètre irrigué.

LOCALISATION DES POINTS DE CONTROLE: IMAGE 1973

FIG 8



- Céréaliculture
- Arboriculture en sec et céréaliculture
- Arboriculture en sec
- Cactus dense.

2.- Parcours

- Alfa dense
- Alfa dégradé
- Parcours
- Parcours dégradé

3.- Parcours sur sols salés

- Sebkhia à nappe affleurante
- Sebkhia à humidité marquée
- Sols salés à végétation halophile dense à moyennement dense.

4.- Données complémentaires

- Fond d'Oued
- Ombre et non classé.

Toutefois, même après cette simplification et en comparant la carte obtenue à l'image Landsat, à la carte manuelle et à notre connaissance du terrain, nous avons remarqué que beaucoup de confusions existent encore :

- de l'alfa qui apparaît dans les sols de sebkhia
- de l'alfa dense qui apparaît en zone montagneuse dans le Sud.
- des périmètres irrigués qui apparaissent vraisemblablement à la place de céréaliculture, notamment dans la zone Nord-Ouest.
- une partie des parcours dégradés qui apparaît confondue avec les fonds d'Oueds.

Ceci nous a amené à établir une autre carte appelée carte de classement synthétique.

2.3.- Classement synthétique

En gardant les mêmes points d'observation pour 1973, nous avons procédé à un regroupement des classes qui étaient apparues confondues et nous avons abouti à un classement de densité de végétation. Nous avons obtenu 10 classes réparties en 5 grands ensembles.

- 1 - Végétation dense
 - Oasis
 - Périmètre irrigué
 - Céréaliculture
 - Alfa dense
- 2 - Végétation moyennement dense
 - Végétation des sols salés/alfa dégradé/cactus/fond des oasis/arboriculture en sec et céréaliculture/
- 3 - Végétation éparse.
 - Arboriculture en sec/Parcours
 - Parcours dégradé/fond d'Oued
- 4 - Sebkhia
 - Sebkhia à nappe affleurante
 - Sebkhia à humidité marquée
- 5 - Autres
 - Ombre et non classé.

Pour la partie de l'image 1980 jugée exploitable (bonne superposition à celle de 1973 et absence de nuages) nous avons choisi des points d'observation répartis sur différents types de relief (comme cela a été fait pour celle de 1973).

Relief	Dépression		Plaine		Pienont		Montagne	
	Groupe	n.d'ob serv.	Groupe	n.d'ob	Groupe	n.d'obs.	Groupe	point d'obs.
Ombre	-	-	-	-	-	-	11	12
Alfa dense	-	-	20	21	17	18	15	16
Alfa dégradé	-	-	19	20	18	19	16	17
Céréales	5	7	22	23	10	11	-	-
Parcours	3	3	7	4	6	5	21	22
Parcours	-	-	9	10	8	9	-	-
Sol nu	4	6	14	15	12	13	13	14
Sols salés	1	1	-	-	-	-	-	-
Sols salés 2	2	2	-	-	-	-	-	-

Ces classes ont été regroupées en 7 correspondant à trois unités de végétation.

- Végétation dense

1 - Céréaliculture

2 - Alfa dense/végétation des sols salés

- Végétation moyennement dense

3 - Végétation des sols salés/alfa dégradé

4 - Arboriculture en sec et céréaliculture.

- Végétation éparse

5 - Arboriculture en sec/ parcours

6 - Parcours dégradé/végétation des sols salés/fond d'Oued.

- Autres - Ombres et non classés

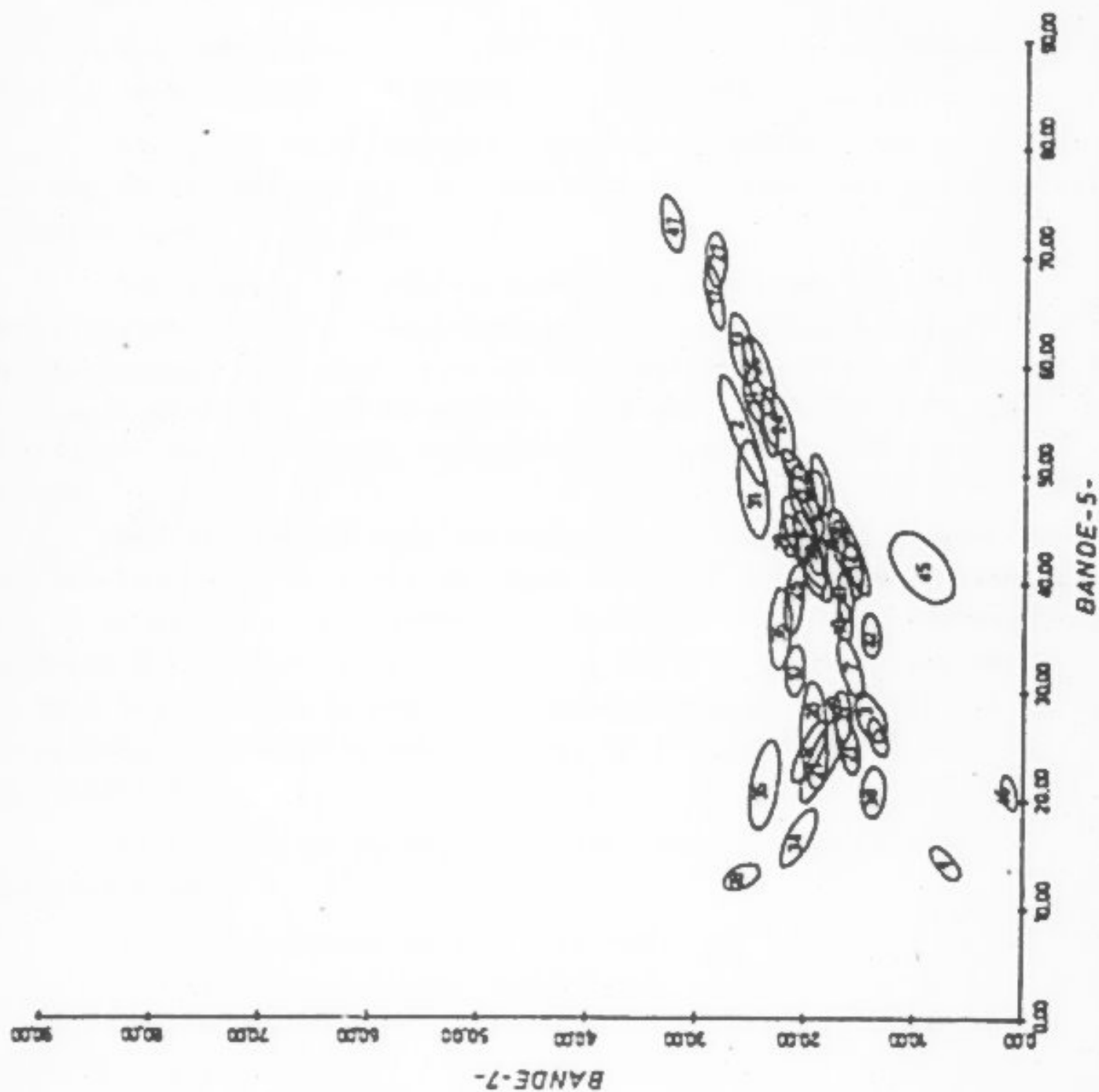
3.- Discussions sur le classement automatique

Afin de mieux cerner le problème de séparation des différentes classes et de mieux comprendre notamment la confusion qui peut exister entre certaines d'entre-elles, nous avons tracé des graphiques.

Pour cela nous avons opéré un échantillonnage de variable sur la valeur moyenne de la réflectance et traité les quatre bandes deux à deux.

Fig 9. — REPRESENTATION GRAPHIQUE DES SIGNATURES SPECTRALES DANS LES BANDES 5 et 7 —

— CLASSEMENT PRELIMINAIRE —



Les variances pour chacune des bandes étant dans 4 directions, nous n'avons considéré que les deux plus importantes à savoir la première et la deuxième direction, de façon à travailler sur un plan. Le changement de variable a été fait de façon à exagérer les différences de réflectance entre classes et donc de mieux les séparer sur graphique.

Ces opérations ont été faites par l'ordinateur. Celui-ci nous a donné les graphiques ci-joints.

L'analyse de la première série de graphiques, qui correspond aux 40 classes initiales, nous permet de constater une grande confusion entre les classes. (Fig.9).

Par exemple, lorsqu'on analyse le graphique donnant les images représentant la réflectance moyenne entre les bandes 5 et 7, nous constatons qu'à part quelques classes telles que les zones d'ombre, certaines zones de sabkhas et à une moindre échelle la céréaliculture, toutes les classes présentent entre elles des confusions.

Une séparation plus nette apparaît lorsque nous avons réduit les classes à 16 (Fig.10). Ceci apparaît lorsque nous examinons le graphique correspondant aux bandes 5 et 7. Nous pouvons constater à cet effet qu'il existe une corrélation positive entre les deux bandes dans le sens de la diminution de la végétation et une corrélation négative dans le sens de l'intensification de l'agriculture.

Toutefois, là encore, il existe des confusions entre certaines classes :

- arboriculture en sec/parcours
- parcours/ parcours dégradés
- arboriculture - céréaliculture/alfa dégradé/parcours sur sols salés à une moindre échelle.

Ceci nous a amené à condenser encore les classes par densité de végétation.

Mais comme le montre le graphique (Fig.11) certaines confusions persistent encore, notamment entre végétation moyennement dense et éparse (arboriculture et céréales avec arboriculture, parcours dégradés et alfa dégradé).

Fig. 10 - REPRESENTATION GRAPHIQUE DES SIGNATURES SPECTRALES DANS LES BANDES 5 et 7 -

- CLASSEMENT DETAILE -

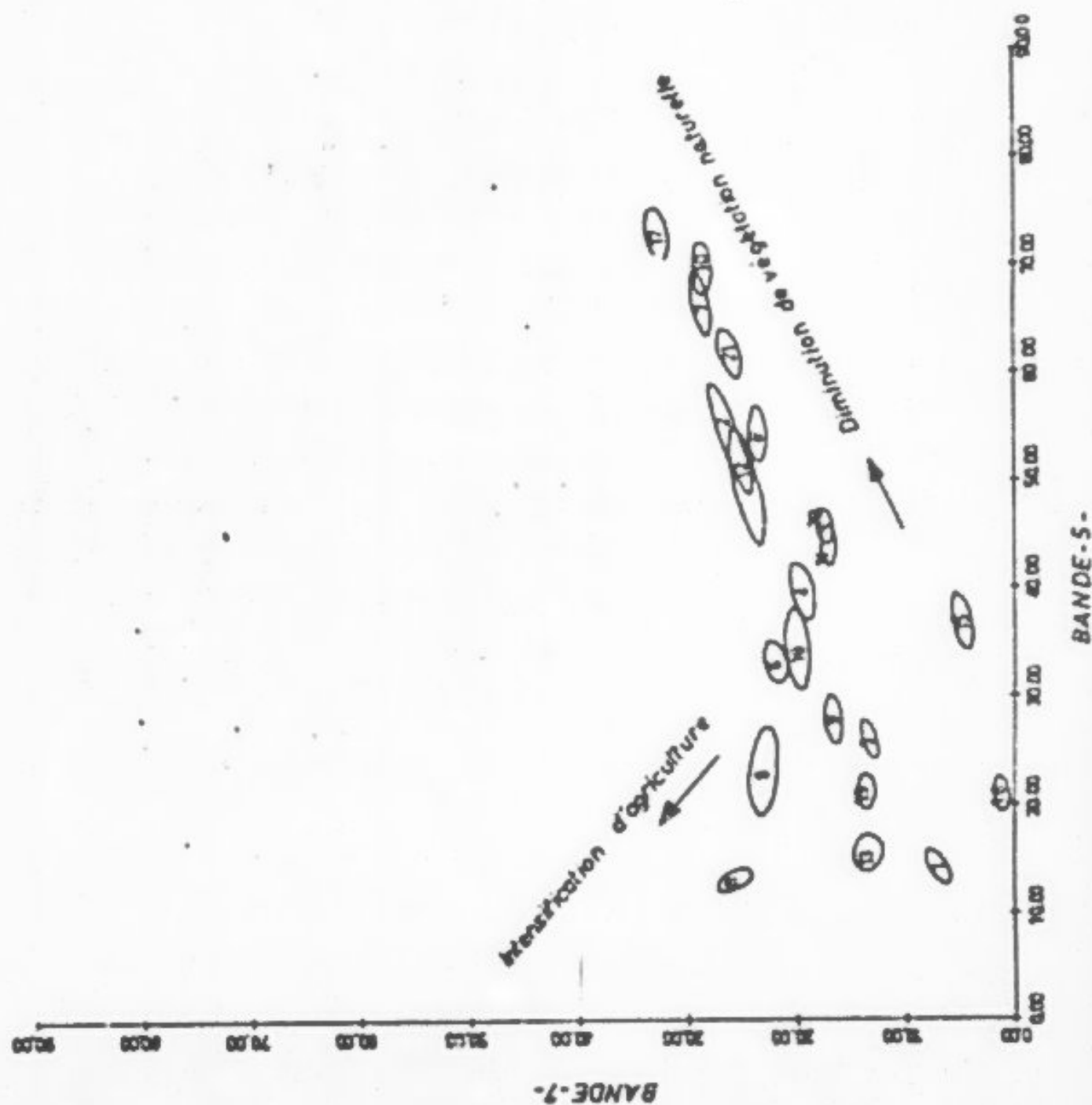
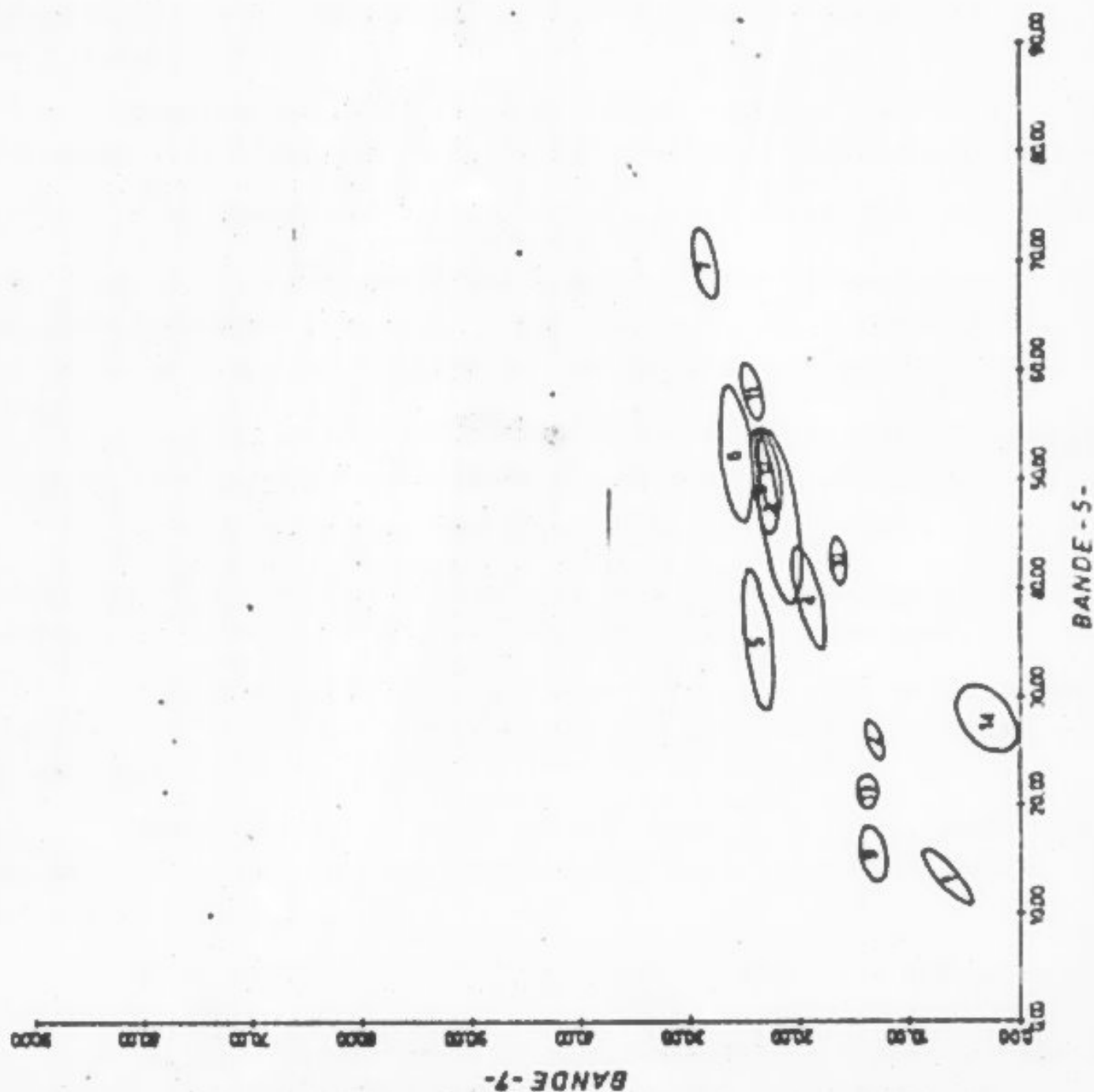


Fig. 1 — REPRESENTATION GRAPHIQUE DES SIGNATURES SPECTRALES DANS LES BANDES 5 et 7 —

— CLASSEMENT SYNTHETIQUE —



III.- L'étude diachronique de l'occupation des sols par les images Landsat :

Un des avantages reconnu au système Landsat est la continuité dans l'acquisition des informations. Tout les 18 jours le satellite réalise la couverture complète d'une région déterminée permettant ainsi l'étude de l'évolution d'un phénomène quelconque du milieu naturel. Les photographies aériennes sont prises à une échelle annuelle et ne sont utiles ainsi que pour l'étude des évolutions à long et moyen terme. Les images Landsat permettent des études saisonnières et conviennent ainsi aux études des évolutions à court terme.

Théoriquement, il est possible de réaliser des études d'évolution de l'occupation des sols en suivant plusieurs méthodes.

- La première étant la méthode automatique. Elle consiste à :

a)- faire la classification des 8 bandes (3 bandes pour chaque année) ensemble, de telle sorte que le résultat final serait une carte où chaque tache désigne une tendance quelconque d'évolution.

b)- réaliser une classification indépendante pour chaque année et comparer automatiquement les deux cartes obtenues.

- La seconde étant la méthode photographique. Elle consiste à :

c)- comparer visuellement les deux images fausses couleurs ou les deux cartes obtenues par classification automatique.

d)- réaliser une image par combinaison colorée de bande sur laquelle chaque nuance de couleur désigne une tendance quelconque d'évolution.

Dans le cadre de notre stage, notre choix s'est porté sur les méthodes a et d qui ont été, faute de temps, les seules appliquées à la région étudiée.

1/- Classification des 8 canaux correspondant aux scènes de 1973 et de 1980.

Les deux scènes précédemment corrigées et restituées ont été superposées automatiquement pour avoir une seule image multi-spectrale à 8 bandes dont le principe d'interprétation est le même que pour une scène individuelle. 30 échantillons d'apprentissage ont été localisés sur l'écran et enregistrés par l'ordinateur après vérification que chaque échantillon correspond au moins à 50 pixels pour qu'il soit statistiquement représentatif de toute la

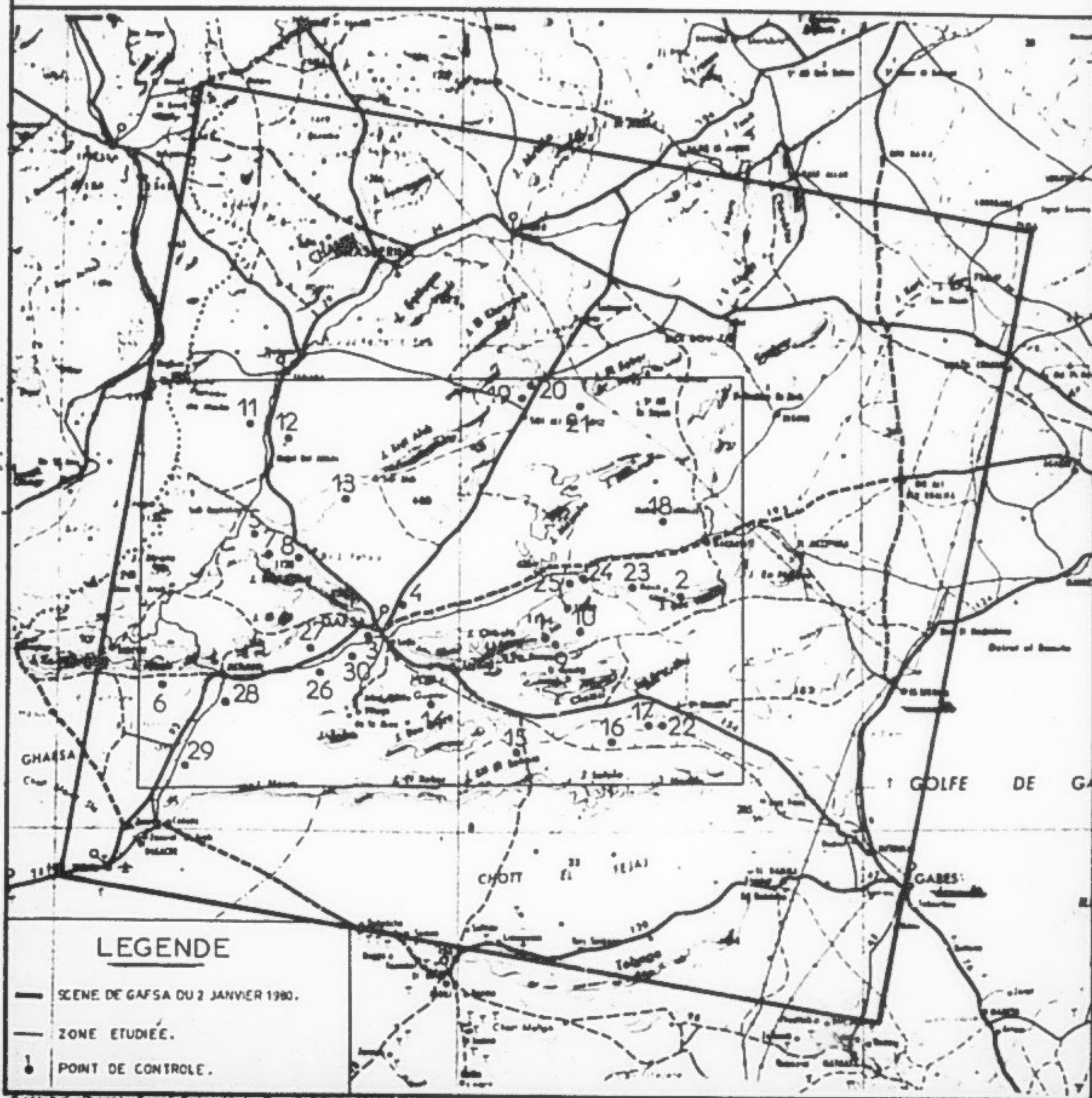
scène. On trouve leur identification dans le tableau suivant :

N° Identification	N° Identification	N° Identification
1 Ombre	11 Alfa dense	21 Alfa + céréale
2 "	12 Alfa dense	22 Végét. des Chotts
3 Oasis	13 Alfa	23 Agriculture 1
4 Arboriculture	14 Végétation de Chott	24 " 2
5 Céréales	15 Céréale dense	25 " 3
6 "	16 Céréale	26 Sols salés
7 Arboriculture et céréales	17 Végétation des Chotts.	27 Sols alluviaux
8 "	18 Agriculture mixte	28 Sols gypseux
9 Végétation de montagne	19 Alfa + céréale	29 Sols gypseux
10 "	20 " "	30 Sol éolien.

La carte de la figure 12 donne leur répartition à travers la zone étudiée. La classification a été faite par le même programme d'ordinateurs qui a servi à la classification des scènes individuelles (PDP 1170). Tous les pixels qui ont les mêmes caractéristiques énergétiques que ceux d'une des 30 classes ci-haut ont été identifiés et classés dans cette catégorie. Le tableau de la figure 13 présente le degré de précision de la classification. Il se dégage que toutes les catégories d'occupation des sols ont été classées avec un degré de précision acceptable dans 30 classes indépendantes. Pour l'échantillon n°1, le tableau montre que 1 % des pixels sont non classés, 7 % le sont dans la classe 1, 85 % dans la classe 2, 1 % dans la classe 6 et 6% dans la classe 10. Le programme donne en plus un autre tableau des valeurs de moyennes des 30 classes pour 15 situations différentes (Fig.13). Il y'a lieu de signaler que Green 73 désigne le rapport des valeurs de la bande 7 de l'année 73 sur celles de la bande 5 de la même année. Brit 73 désigne la somme des deux valeurs. Quant à Green HG et Brit HG, ils désignent la différence des valeurs de Green et de Brit pour les années 73 et 80. L'objet de toutes ces recherches est de séparer les classes les unes des autres sur différents produits et de déterminer leur évolution entre les deux dates. Les diagrammes des figures 15 et 16 présentent la répartition des moyennes de classes dans

LOCALISATION DES POINTS DE CONTROLE

FIG.12



REJECTION LEVEL = 5.0 STANDARD DEVIATIONS

NOV = 10

NUMBER OF GROUPS = 10

NUMBER OF HANDS DELETED = 2

HANDS DELETED = 0 10

TNG SET	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.	7.	15.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	6.	0.	0.	0.	0.	0.
2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	5.	0.	0.	0.	0.	0.
3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
11	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
12	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
14	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
15	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
16	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
17	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
18	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
19	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
20	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
21	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
22	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
23	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
24	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
25	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
26	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
27	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
28	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
29	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
30	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

TNG SET : 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

PERCENT CATEGORIZED AS GROUP											
THE KEY	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

FIG. 13 - EXTRAIT DU LINTING DE LA CLASSIFICATION
DES 8 CANAUX

VARIABLES BY CASE

FIG. 14- EXTRAIT DU LISTING DEVELOPPE DE LA CLASSIFICATION DES 8 CANAUX

31

0. CASE#	1. 84FEB73	2. 85FEB73	3. 86FEB73	4. 87FEB73	5. 88JAN80	6. 89JAN80	7. 86JAN80	8. 87JAN80	9. GREEN13	10. 88JAN80	11. GREEN84
12. 88JAN80	22. 88JAN80	31. GREENCHG	32. 88JAN80								
1	33,800	36,800	28,100	31,900	28,100	21,400	27,400	21,200	16,400	1,0010	.94253
2	32,900	36,600	27,500	28,900	28,400	22,000	18,600	19,400	14,300	.85127	.76582
3	73,800	42,800	31,300	51,300	54,300	30,600	29,700	44,500	44,100	1,731	.76582
4	94,500	51,300	51,200	63,700	65,200	36,200	38,800	56,700	55,700	1,273	1.4218
5	111,20	55,100	56,100	84,400	85,100	38,500	47,200	68,800	64,200	1,510	1.5666
6	98,000	58,900	56,600	74,300	74,300	39,100	43,700	58,500	54,300	1,312	1.2025
7	120,10	64,000	77,300	83,900	76,700	41,900	58,000	71,800	62,100		1.0797
8	119,70	66,600	78,700	85,800	78,400	43,700	58,900	71,000	60,800	.9961	1.0323
9	97,600	61,900	67,900	80,100	73,900	38,400	47,600	56,900	50,000	1,043	1.0323
10	96,900	61,300	68,700	75,100	70,400	37,300	46,500	56,900	50,400	1,024	1.0323
11	85,500	56,200	60,500	63,500	59,300	35,800	45,200	50,300	42,300	.9861	1.0323
12	103,30	68,100	82,200	86,000	78,200	40,300	51,600	60,400	51,700	.9513	1.0323
13	118,20	74,300	92,400	95,900	85,300	44,300	50,900	60,900	58,300	.9556	1.0323

un système d'axes dont les coordonnées sont la bande 5 et 7. Il est possible d'imaginer que le point n'est que le centre de la classe et qu'elle est entourée par un cercle de points (dont le rayon est égal à l'écart type) appartenant à la même classe. Les deux diagrammes montrent une corrélation positive indiquant l'accroissement de la densité de la végétation si on ne tient pas compte des échantillons 27 - 30 - 28 et 29. Les plus fortes valeurs pour la bande 7 sont celles de la scène 1973 indiquant une densité plus élevée de végétation. En plus du décalage dans le temps de la prise des 2 images (Février et Janvier) influençant l'état phénologique de la plante, ceci indique que le début de l'année 1980 était sec. Les deux autres graphiques 8 et 9 montrent une corrélation double avec accroissement de la densité des cultures dans le sens vertical et celle de la végétation naturelle dans le sens horizontal.. L'idée avancée concernant la sécheresse de l'année 1980 est confirmée mais il est étonnant de ne pas constater comme corollaire un accroissement des valeurs de bande 73.

Le dernier diagramme est synthétique. Il résulte de la comparaison de valeur de verdure (Green) et de luminiscence pour 1980 et 73. Théoriquement toutes les classes de la case I indiquent un gain de verdure, celles de la case II impliquent une perte de végétation ou des situations stables.

Faute de temps et d'argent il n'a pas été possible d'obtenir la carte des changements correspondant à toutes ces investigations qui restent théoriques tant qu'une vérification sur le terrain n'a pas été faite.

Une autre méthode dite photographique a été essayée.

2/- La méthode photographique :

Elle consiste à obtenir une image en composition colorée à partir de 3 bandes de scènes différentes. Pour la zone étudiée la combinaison la plus significative était la suivante :

Année	Bande	Filtre
1980	7	Rouge
1980	5	Vert
1973	5	Bleu

Il en résulte une image dont les tâches colorées indiquent différentes situations d'évolution de l'occupation des sols entre 1973 et 1980. Les interprétations ultérieures ont montré que la couleur jaune indique une perte de végétation en 1980 par

<SCATTER W2-4,2 CASES-ALL INTERVAL (10,110) (15,130)>

- 10 -

FIG 15 REPRESENTATION GRAPHIQUE DES SIGNATURES SPECTRALES DANS
LES BANDES 5 ET 7 - 1973

SCATTER PLOT

87FEB73 N = 30 OUT OF 30 4,87FEB73 VS. 2,85FEB73

110,00

98,000

87,778

76,667

65,556

54,444

43,333

32,222

21,111

10,000

15,000

27,778

40,556

53,333

66,111

78,888

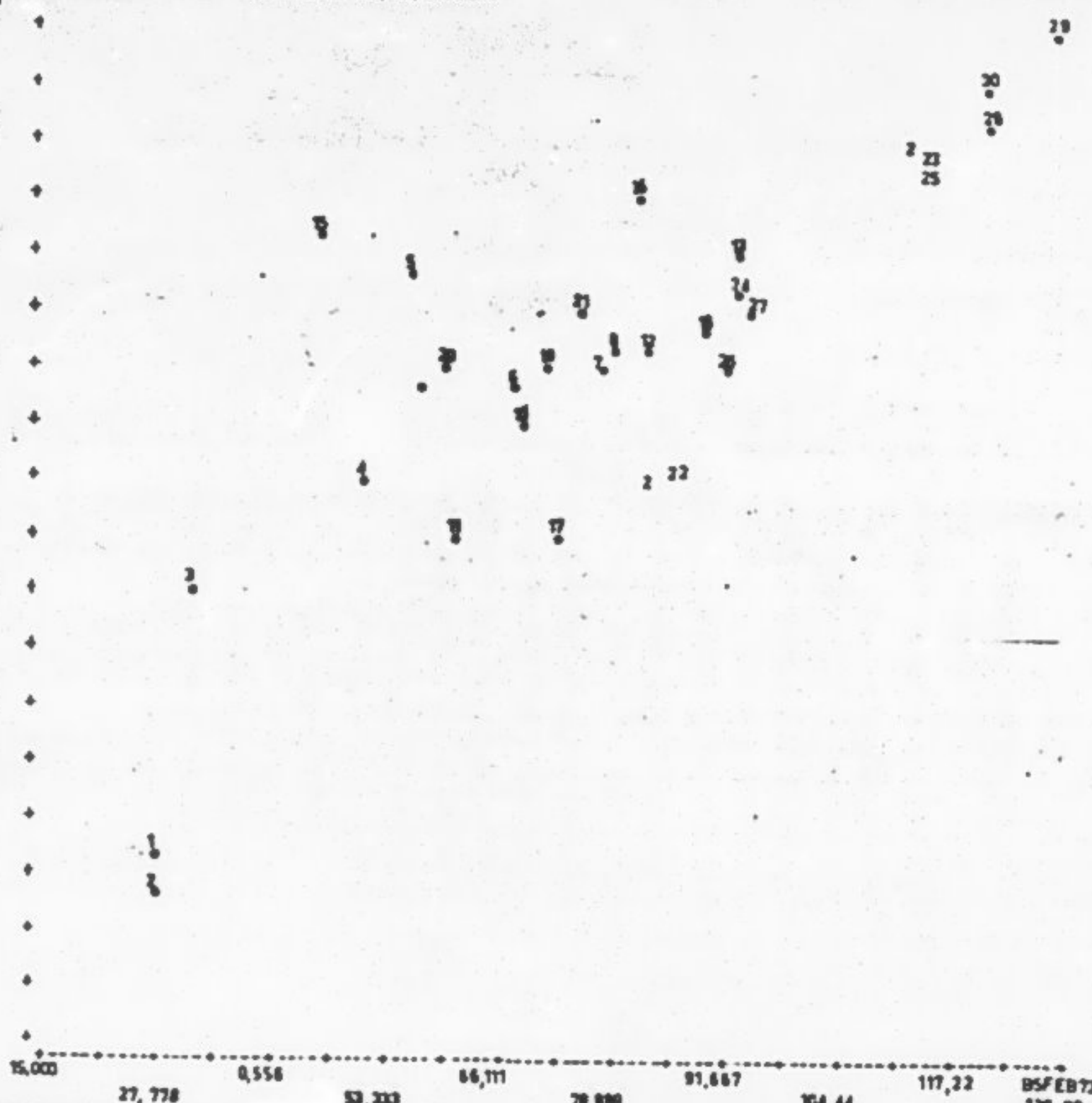
91,667

104,44

117,22

85FEB73

120,00

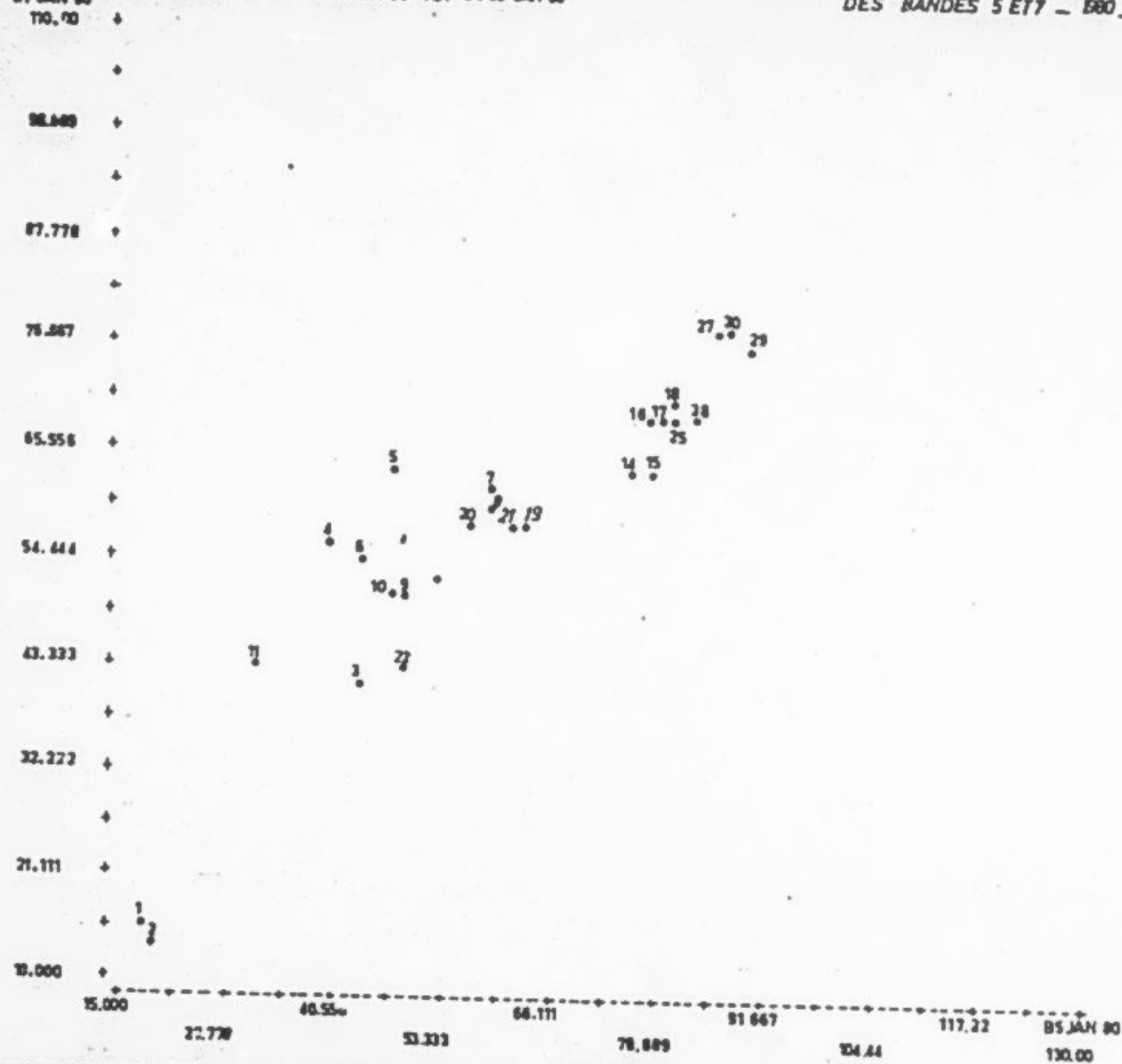


< SCATER VAR-8.8 CASES=ALL INTERVAL (10.110, 115, 150) >
SCATER PLOT

- 34 -

FIG 16 REPRESENTATION GRAPHIQUE DES SIGNATURES SPECTRALES
DES BANDES 5 ET 7 - 880

87 JAN 80 M = 30 OUT OF 30 8 87 JAN 80 VS. 8. 85 JAN 80



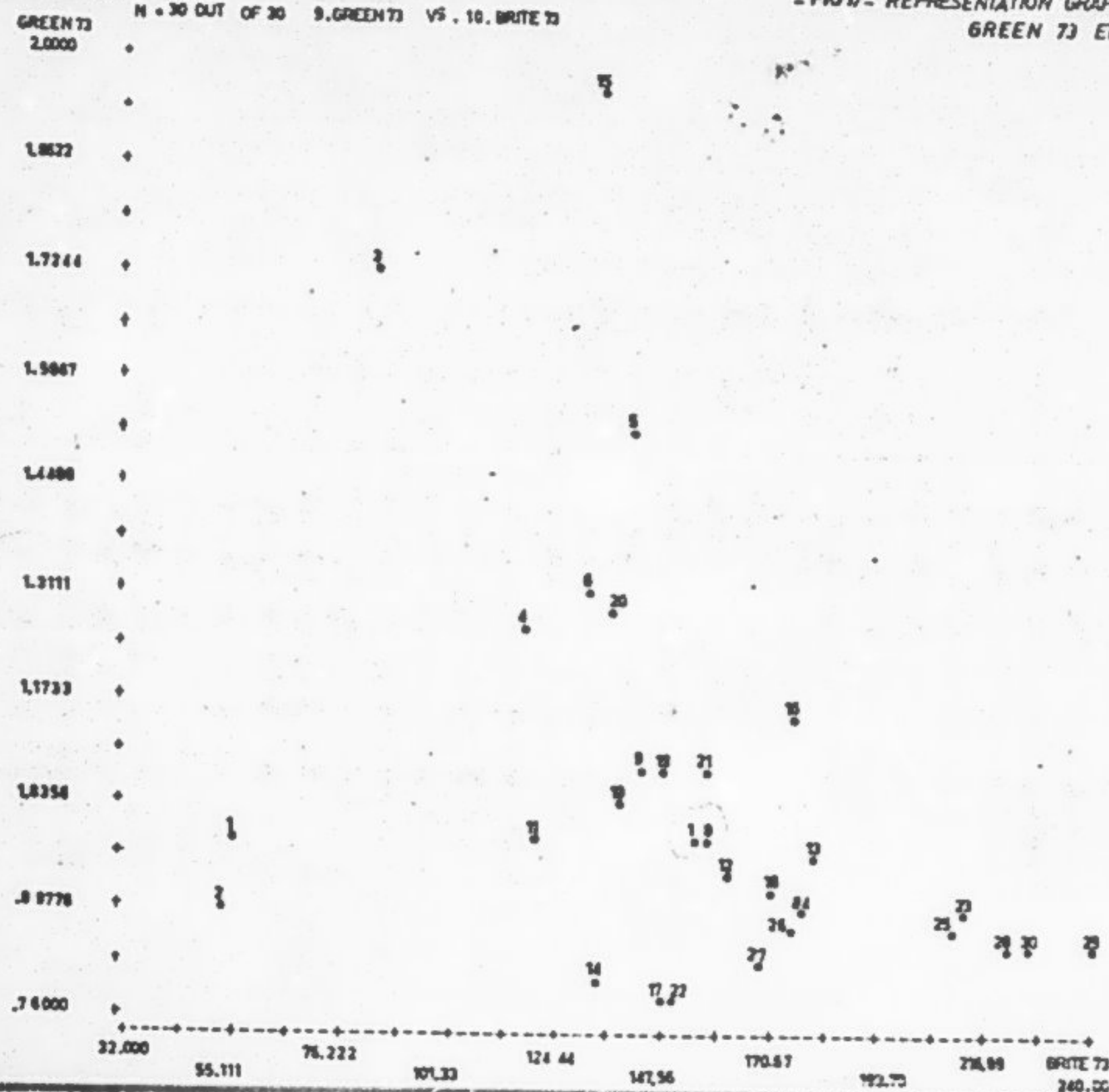
<SCATTER VAR. 9.10 CASES. ALL STRAT. NONE INTERVAL. (75,20.1)(32,240)>

35

SCATTER PLOT

N = 30 OUT OF 30 9. GREEN 73 VS. 10. BRITE 73

FIG 17- REPRESENTATION GRAPHIQUE DES SIGNATURES SPECTRALES
GREEN 73 ET BRITE 73



<SCATER BYST WAR. 11, 12 CASES. ALL STRAT. V22.1 INTERVAL = (176.2, 0) (32, 240)>

- 36 -

- FIG 10 - REPRESENTATION GRAPHIQUE DES SIGNATURES SPECTRALES GREEN 80 ET WHITE 80 -

SCATER PLOT <1> NOCLD80.1

N = 25 OUT OF 25 11. GREEN 80 VS 12. WHITE 80

GREEN 80
2.0000

1.9622

1.7244

1.5867

1.4489

1.3111

1.1733

1.0356

.89778

.76000

32.603

55.10

78.222

101.33

124.44

147.56

170.67

193.78

216.89

WHITE 80
240.00



<SCATTER BYST VAR= 31,32 CASES=ALL STRAT=V22 1 INTERVAL=(-1.2, 24) (105, 40)>

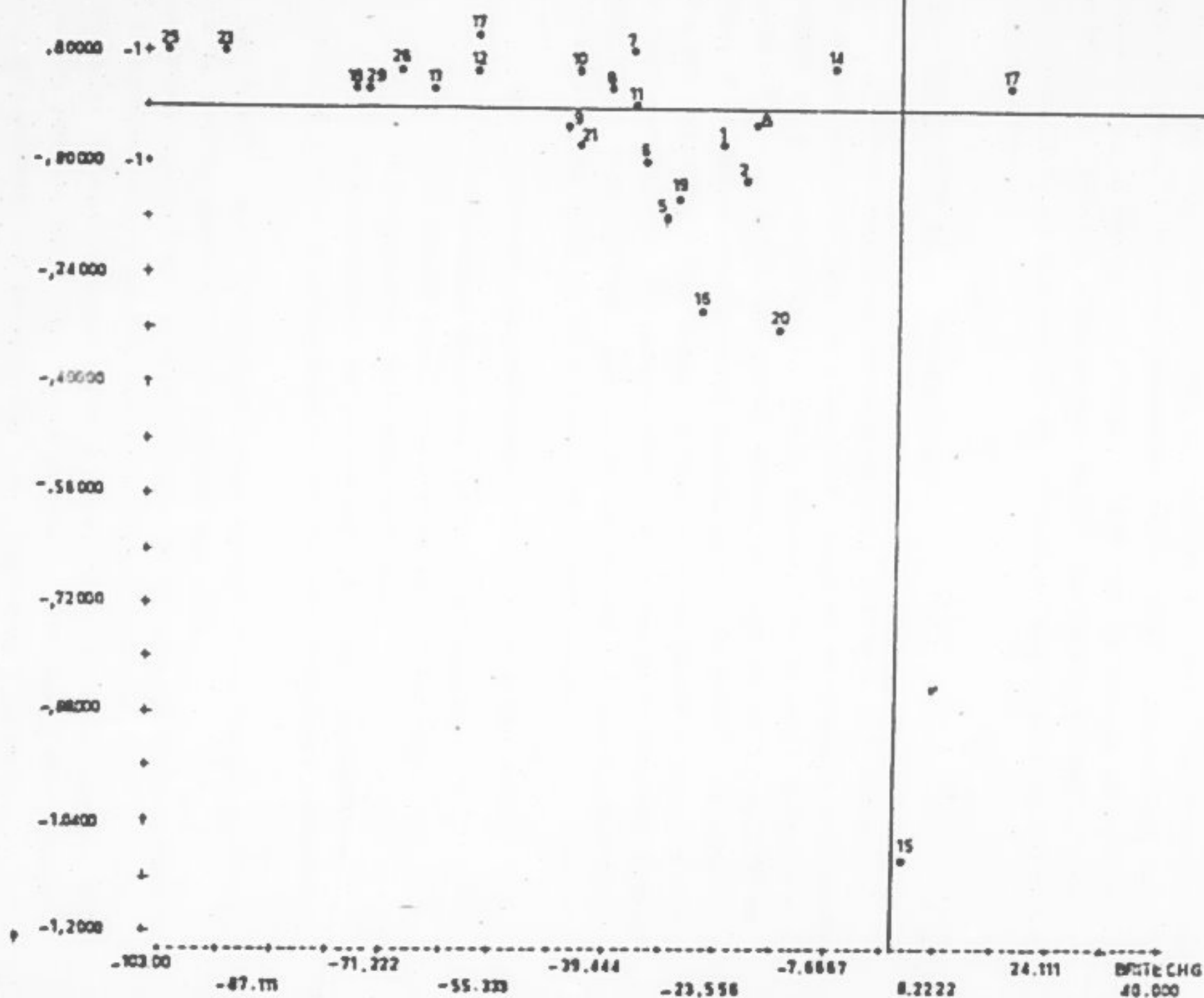
-37-

-FIG 19- REPRESENTATION GRAPHIQUE DES SIGNATURES
SPECTRALES GREEN CHG ET BRTE CHG.

SCATER PLOT <1> NOCL DB0 1

N = 25 OUT OF 25 31. GREEN HG.VS. 32. BRTE CHG

GREENHG
24000



rapport à 1973. la couleur violette un gain, la couleur rouge à marron la présence de végétation et la couleur blanche l'absence de végétation pour les deux dates. Il n'est pas possible sans vérification sur le terrain de pouvoir indiquer le type de végétation en question. Des recherches ultérieures effectuées par le laboratoire de télédétection pourraient éclaircir ce point. Toutefois l'intérêt d'une image pareille dite multitemporelle est évident. Rien que pour la partie présentée dans ce rapport à titre d'exemple (Fig20), des quantités d'information peuvent être tirées concernant les superficies occupées par l'orge, l'Alfa ou le cactus en 1973 et 1980. La différence d'évolution de la végétation naturelle indique la susceptibilité des sols à la sécheresse qui a sévi au début de l'année 1980.

IV.- DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS:

Le stage que nous avons entrepris à ERIM a été utile. Il aurait pu être encore plus avantageux si on l'avait poursuivi à ERIM avec l'expert qui avait commencé le travail à Tunis à savoir Mr. R. LAURIN. Celui-ci, étant affecté au Mali, a cédé sa place à un autre expert aussi compétent Mr. SADOWSKI. En plus l'achat par ERIM d'une image du Centre de la Tunisie dont le 1/4 environ est couvert de nuages nous a posé des problèmes de changement de la zone d'étude, particulièrement pour l'interprétation de la scène de 1980 et de l'image multitemporelle.

Nous traitons successivement les points suivants :

- L'utilité de l'interprétation manuelle
- L'apport de l'interprétation automatique
- Comparaison des deux méthodes.
- Comparaison de la cartographie de l'occupation des sols à partir d'image Landsat et des photographies aériennes.

1/- L'utilité de l'interprétation manuelle des images Landsat pour la cartographie de l'occupation des sols.
Nous avons discuté de la méthodologie de la cartographie manuelle de l'occupation des sols à partir d'images Landsat en 2^e partie. Nous avons vu que la conception d'occupation des sols devrait être prise au sens le plus large et s'approcher de conceptions paysagistes ou intégristes des géographes modernes.

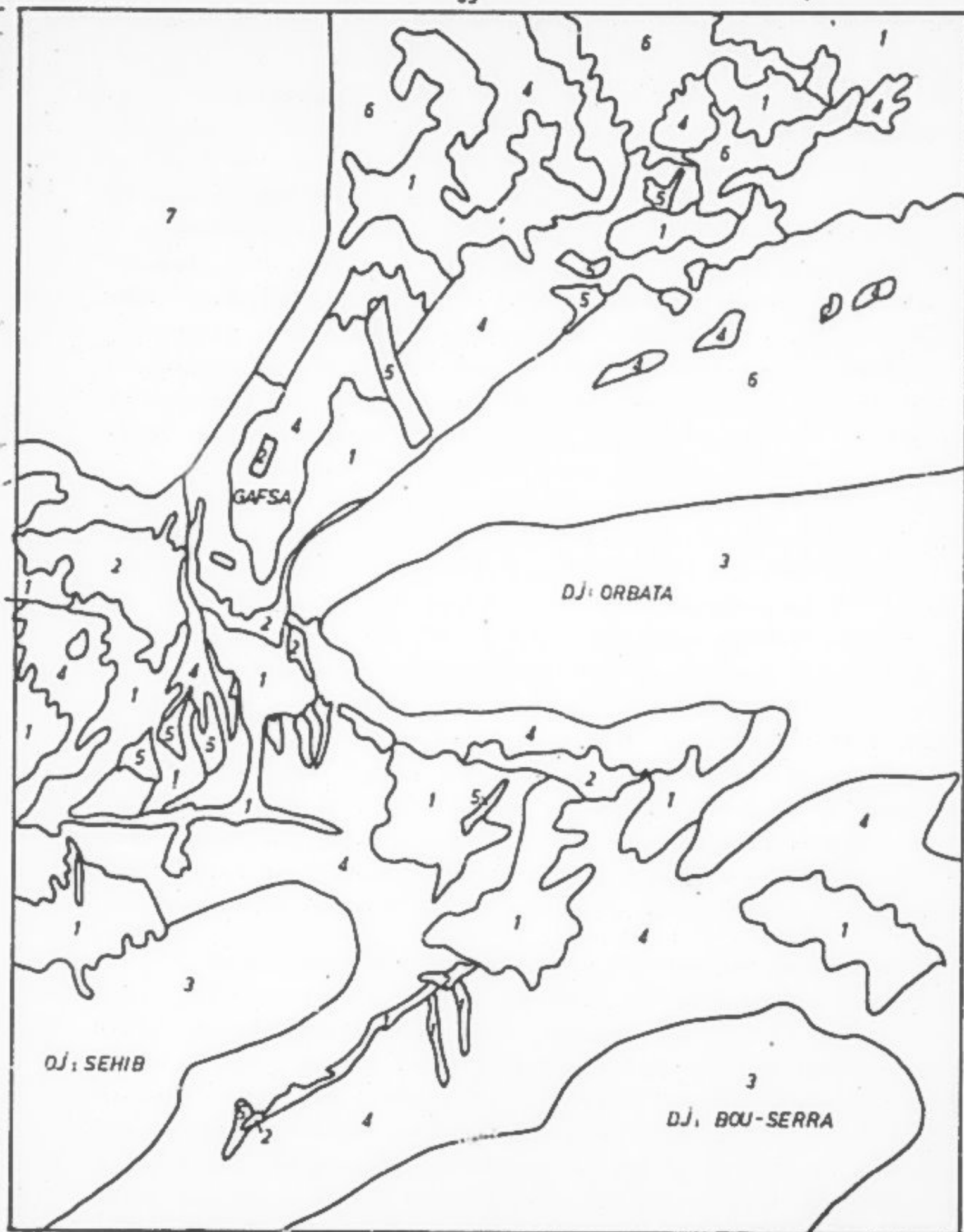


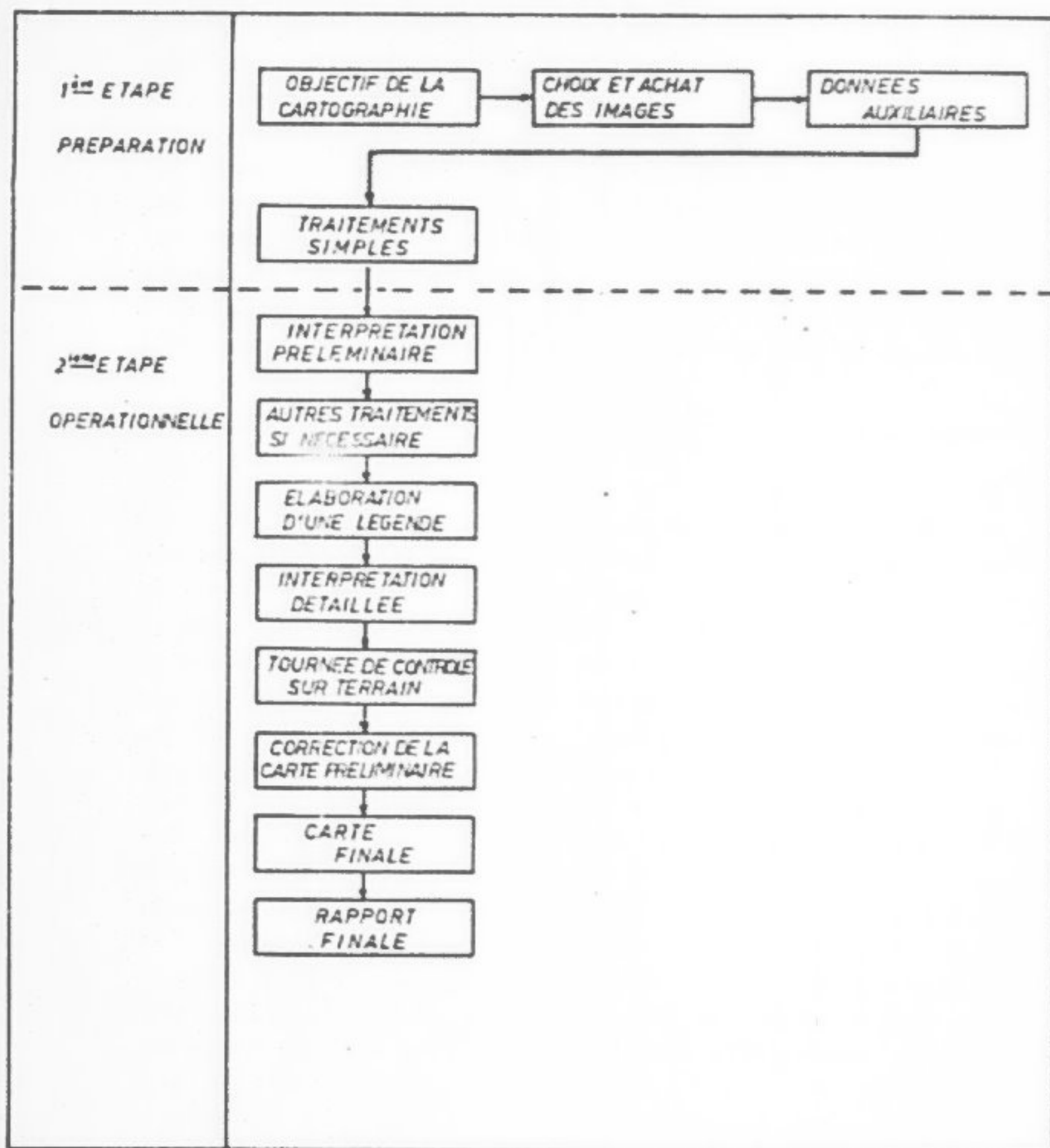
FIG. 20 - Extrait de la carte multitemporelle (1973-80) de la région de gafsa au 1/200.000^e.

- 1 Perte de végétation entre 1973 et 80
- 2 Présence de végétation
- 3 Montagne
- 4 Absence de végétation
- 5 Gain de végétation
- 6 Complexe de Sali
- 7 Nuage

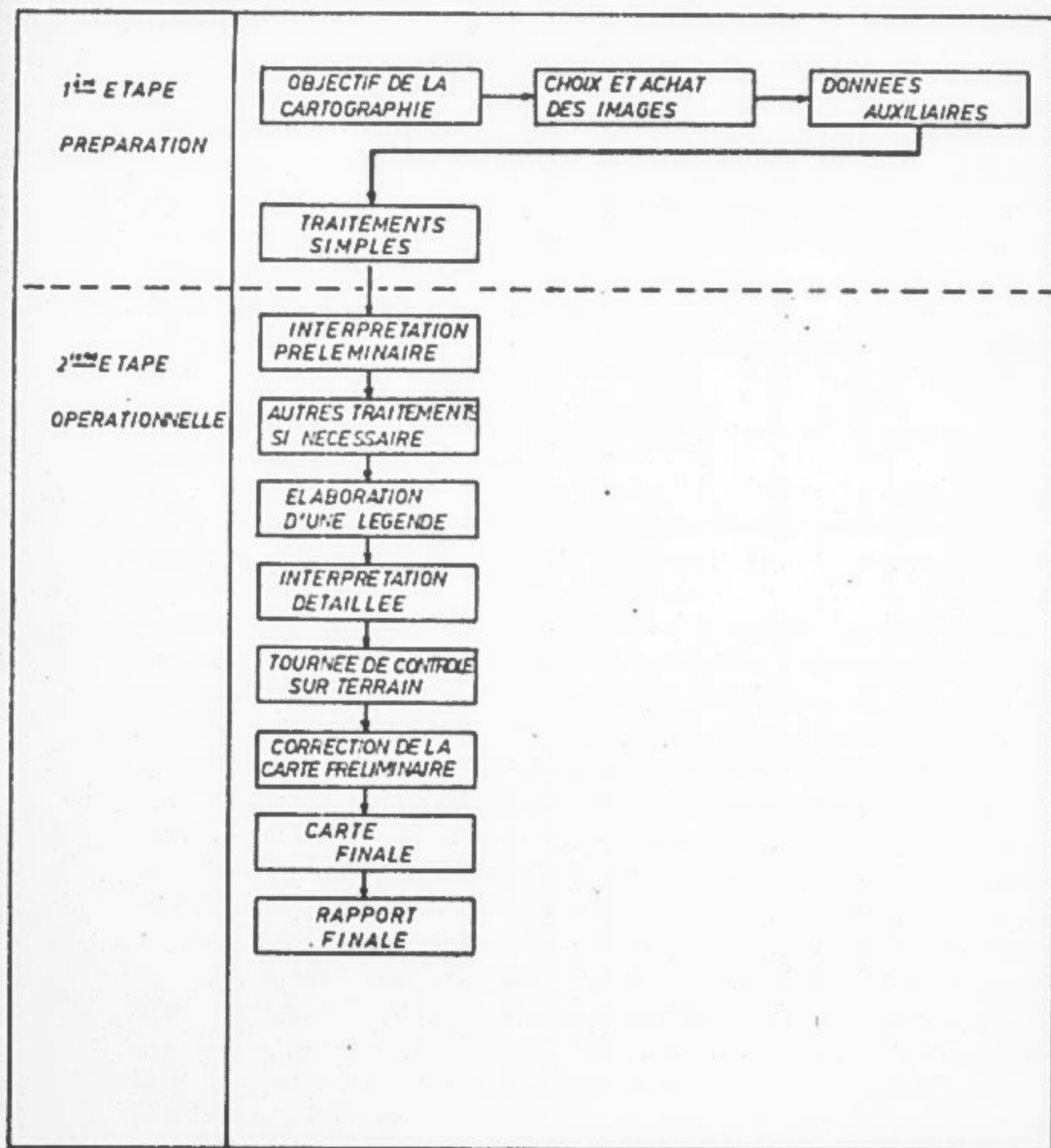
028 Quelquefois c'est le sol nu qui détermine la nature de la réflectance et d'autres fois c'est la végétation ou un complexe de végétation et de sol. La résolution du système Landsat impose que la densité des phénomènes et leur fréquence à la surface de la terre revêt une importance particulière. C'est pourquoi on a l'impression quelquefois d'avoir la densité de la végétation que sa nature. Ce dernier aspect apparaît difficile à résoudre sans l'apport des données auxiliaires tellement les confusions sont grandes : cas de l'arboriculture de la région de Maknassy Sidi Bou-Zid qui apparaît dans le même ton que les sols nus environnants à cause de la faible densité des arbres. Le nombre de classe 39 que nous avons distinguées sur la carte de notre région étudiée apparaît dépasser de loin les possibilités réelles de l'image Landsat. La connaissance du terrain et l'existence de documents divers sur la région nous a permis d'arriver à cela. Normalement il apparaît difficile de décrire 4 à 6 classes à l'échelle de 1/1.000.000° (U.HELLDEN 1980- GENDERN 1977 - CEPE, CNRS 1978) qui peuvent être ramenées par exemple à 10 au 1/200.000°. Le degré de précision de détection des différentes classes n'est pas égal. La cartographie de l'orge et de l'Alfa est de loin, plus facile que celle de l'arboriculture par exemple. Ceci met en valeur l'intérêt des images Landsat pour la cartographie thématique. Il est possible, par des améliorations et des traitements de l'image, d'arriver à isoler un ou deux thèmes seulement dont le degré de précision de cartographie sera meilleur.

Etant donné que la Tunisie ne dispose pas de cartes d'occupation des sols, il est possible de réaliser une couverture au 1/200.000° à partir des images Landsat. Ce travail pourrait se faire parallèlement à la réalisation des cartes des ressources en sols du pays au 1/200.000°. On pourrait commencer par les feuilles de Gabès, Bizerte et Tunis qui sont déjà publiées. La méthodologie proposée est résumée dans le graphique 12 de la page ci-contre. Elle s'inspire beaucoup des travaux de GENDERN 1977, U. HELLDEN 1980 et CRIES project 1979.

2.- L'apport de l'interprétation automatique : La valeur de cette opération dépend de la qualité de la bande Landsat, de l'efficacité du programme informatique et de la précision dans le choix des échantillons ou sites d'entraînement. Nous avons vu que il aussi, la combinaison des 3 bandes 4, 5 et 7 donnerait les meilleurs résultats. Il a été démontré aussi que statistiquement



— FIG. 21 — Diagramme représentant la méthodologie proposée pour la cartographie de l'occupation des sols à partir des images LANDSAT.



— FIG. 21 — Diagramme représentant la méthodologie proposée pour la cartographie de l'occupation des sols à partir des images LANDSAT.

la corrélation des bandes 5 et 7 donnerait la meilleure différenciation entre les classes. Les diagrammes montrent une corrélation positive entre les valeurs des 2 bandes indiquant la densité de végétation. Lorsque les confusions entre classes sont très grandes, il y'a lieu d'associer des classes ou de choisir de nouveaux sites d'entraînement. Parfois on doit associer des classes très différentes comme l'Alfa et des végétations halophytes. La séparation de ces classes ne sera possible qu'avec les données auxiliaires qu'il est nécessaire de collecter dès le départ. Ceci met l'accent sur l'avantage de l'approche supervisée permettant un dialogue avec l'ordinateur sur la méthode non supervisée. Comme dans le cas de l'interprétation manuelle, certaines classes sont mieux détectées que d'autres.

La méthodologie proposée pour l'interprétation automatique est résumée dans le graphique 13.

3.- Comparaison des deux méthodes précédentes : Les deux méthodes sont différentes à tel point qu'elles sont incomparables, ceci apparaît étonnant. En effet chacune a présenté des avantages et des inconvénients. La classification manuelle est synthétique, rationnelle et moins chère, la classification automatique est précise, quantifiable, chère et présente des confusions si elle n'est pas corrigée manuellement. Pour l'estimation de superficies la seconde apparaît exclusive parce qu'elle tient compte même des plus petites étendues qui se trouvent obligatoirement incluses dans des associations de classes ou dans des classes plus vastes. Pour ce qui est de l'échelle aussi, il est possible avec la classification automatique de travailler à des échelles aussi grande, que le 1/50.000^e ou légèrement plus. Ainsi tout dépend de l'objectif de la carte à faire. Lorsque les dépenses supplémentaires sont justifiées, il faut toujours faire la classification automatique qui est rapide et plus précise. La carte manuelle obtenue par regroupement de classes de la carte automatique serait elle aussi plus précise et plus rapide. L'idée serait une méthodologie qui combine les deux méthodes.

4.- Comparaison de la cartographie de l'occupation des sols à partir des images Landsat et des photographies aériennes. La comparaison, qu'on a projeté de faire dès le début est entre les cartes classiques d'occupation de sols de Makassy et de Férana

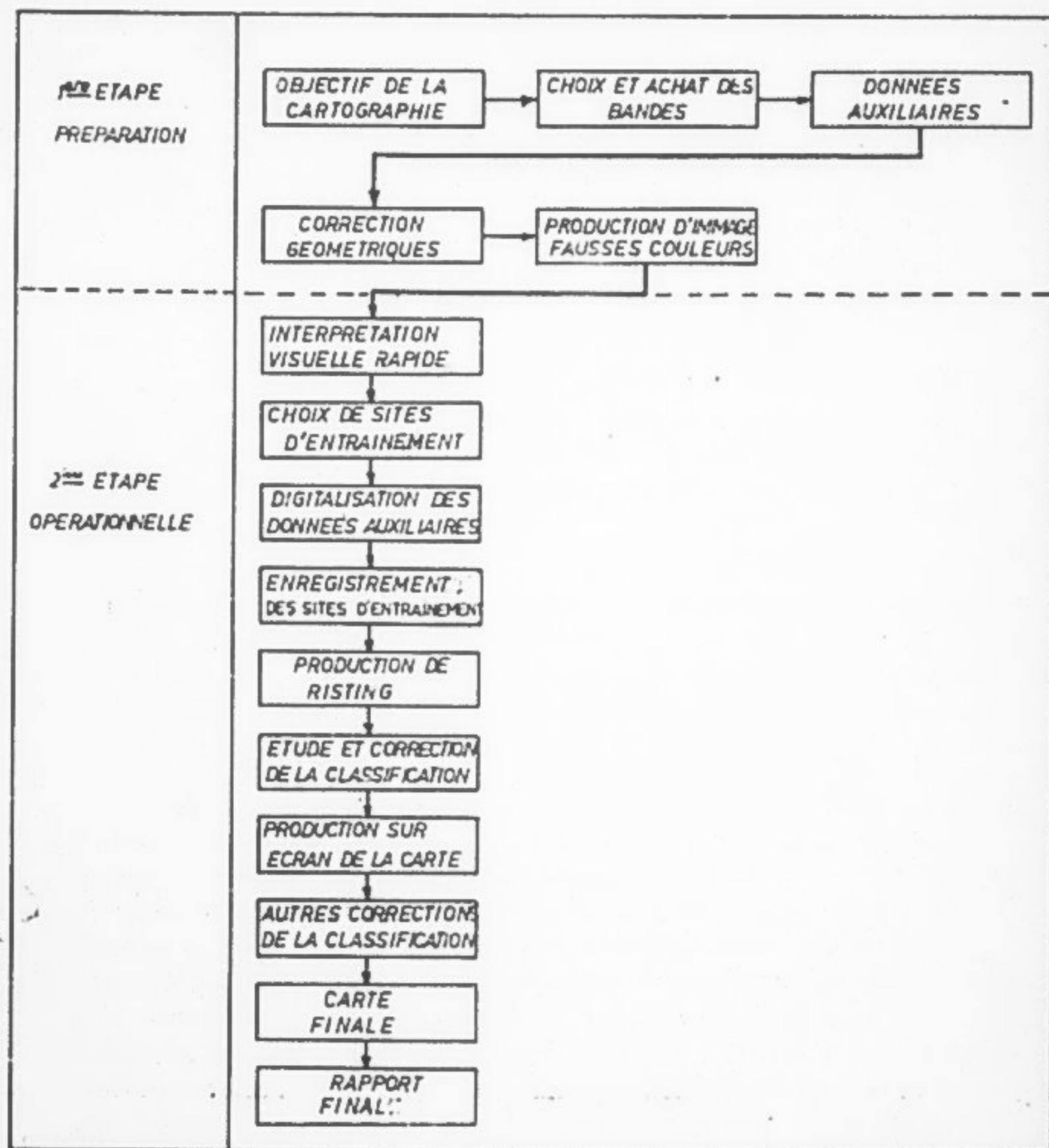


FIG. 22 - Diagramme représentant la méthodologie proposée pour la cartographie automatique de l'occupation des sols à partir des images LANDSAT -

(Attia 1976) au 1/100.000^e et celle obtenue par interprétation des images Landsat. La comparaison des deux documents bien qu'ils soient à des échelles différentes nous a permis de constater ce qui suit pour la région de Maknassy, Sidi Bou-Zid.

- La carte automatique apparaît plus détaillée bien qu'elle soit à plus petite échelle et ainsi se rapprocher plus de la réalité même les champs isolés de cactus dans la plaine de Sidi Bou-Zid ont été cartographiés.

- Il existe un certain accord entre les deux documents pour ce qui est de la classe chott, zones d'inondation ou végétation des sols salés.

- Il existe une nette surestimation des zones alfatières sur la carte automatique car une grande partie des champs d'orge du Nord de la plaine de Maknassy ressortent en Alfa alors que pour les montagnes la situation est presque la même sur les deux documents (Alfa).

- La classe arboriculture en sec de la plaine de Maknassy correspond à quelques détails près à la classe Arboriculture dominante oliviers de la carte au 1/100.000^e. En choisissant de nouveaux sites d'apprentissage, et en exploitant les données auxiliaires, il est possible d'arriver à une classification automatique plus précise.

En guise de conclusion, il est possible de dire que le projet " cartographie de l'occupation des sols " a été utile. Il nous a permis d'évaluer l'apport et les limites des images Landsat pour la cartographie de l'occupation des sols. La comparaison s'est avérée difficile entre les cartes obtenues automatiquement, manuellement ou à partir de photographies aériennes. Chaque document présente des avantages et des inconvénients. L'interprétation manuelle apparaît la plus recommandée pour une approche globale, la classification automatique est la meilleure pour les évaluations statistiques des superficies cultivées et l'interprétation des photos aériennes est sans égale dans le cas d'étude précise à très grande échelle. Les approches sont plutôt complémentaires et l'emploi de l'une ou de l'autre dépend du cadre et de l'objectif de la cartographie demandée.

- BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE -

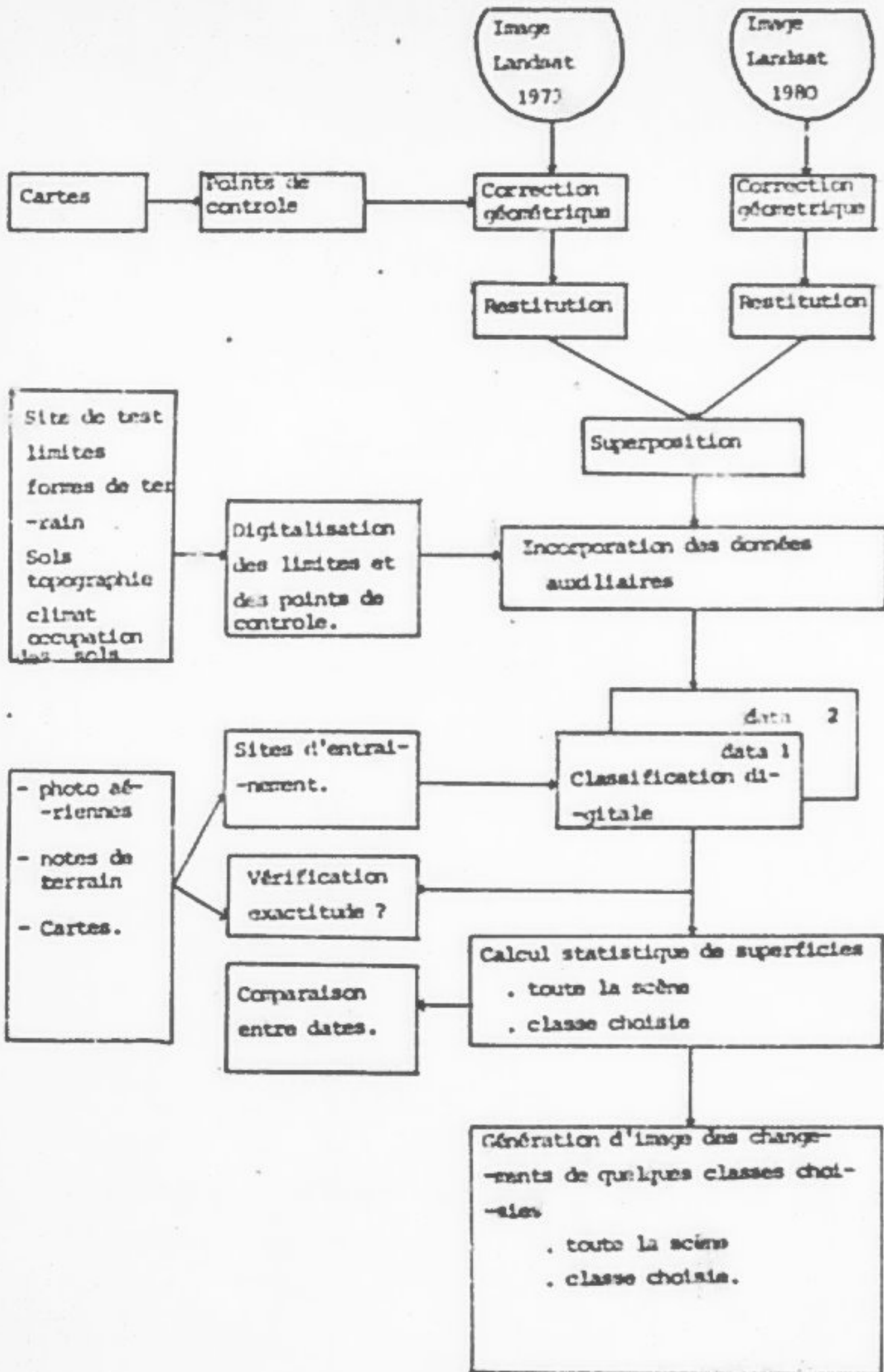
- ATTIA (H.) - 1977 : Les Hautes steppes Tunisiennes...
de la société pastorale à la société
paysanne... thèse doct. es-lettres.
Université de Paris V. 600 p.
- HELLDEN (H.) et STERN (M.)-1980 : Evaluation of Landsat
imagery and digital data for monitoring
desertification indicators in Tunisia.
Proc. 14 th. Int. Symp. in Rem. Sens. Of Env. 23
30 April 1980, San José, Costa Rica.
- LE FLOCH (B.)-1979 : Conclusions de l'expérience Arzotu Semin.
Tel des Ress. Terrestres. Tunis 21 - 31 Mai
1979.
- LE HOUEROU (HN.)-1969 : La végétation de la Tunisie Steppique
Ann. de l'INRAT Vol. 42. Fasc. 5. 622 p.
- U.S. Dept. Of Agriculture - 1979 : Development of a generalized
Land cover/ use map of Syria through
visual interpretation of Landsat imagery.
Dec. 1979.
- VAN GENDERN (J.L.) - 1976 : A Methodology for producing small
scale rural land use maps in semi-arid
developping countries using orbital imagery
270 p. London. Dept of industry.

- TABEAU DES FIGURES -

Fig.	Pages
1 - Carte de localisation de la zone étudiée.....	2
2 - Image Landsat du 7/2/73 avec localisation de la zone étudiée.....	3
3 - Scénario du projet.....	4
4 - Itinéraire de la vérité terrain.....	6
5 - Extrait de la carte d'occupation des sols de la région de Gafsa au 1/200.000 ^e obtenue manuellement	11
6 - Superposition entre les scènes 1973 et 1980.....	13
7 - Classes des sols digitalisées.....	16
8 - Localisation des points de contrôle sur image 1973	19
9 - Représentation graphique des signatures spectrales dans les bandes 5 et 7 - Classement préliminaire..	23
10 - - Idem - Classement détaillé.....	25
11 - - Idem - Classement synthétique.....	26
12 - Localisation des points de contrôle sur l'image 80	29
13 - Extrait du Listing de la classification des 8 canaux	30
14 - Extrait du Listing développé de la classification des 8 canaux.....	31
15 - Représentation graphique des signatures spectrales dans la bande 5 et 7 - 1973.....	33
16 - - Idem - 1980.....	34
17 - - Idem - Green 73 et Brite 72.....	35
18 - - Idem - Green 80 et Brite 80	36
19 - - Idem - Green C H G et Brite C H G	37
20 - Extrait de la carte multitemporelle 1973-80 de la région de Gafsa au 1/200.000 ^e	39
21 - Diagramme représentant la méthodologie proposée pour la cartographie de l'occupation des sols à partir des images Landsat.....	41
22 - Diagramme représentant la méthodologie proposée pour la cartographie de l'occupation des sols à partir des images Landsat.....	43

- PROGRAMME DU STAGE -

Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
					di	di
27 Avril	28	29	30	1	2	3
	Arrivée des Stagiaires.	Visite du service des traitements	Localisation des points de contrôle (Suite)		Restitution et incorporation des données d'entraînement.	
	Visite de l'ERIM.	Localisation des points de contrôle pour la correction géométrique des images Landsat.				
4	5	6	7	8	9	10
	Retour de SADOWSKI de COSTA Rica					
	Discussion du projet		Digitalisation et incorporation des données auxiliaires			
11	12	13	14	15	16	17
	Sites d'entraînement pour classification digitale (data 1)			Sites d'entraînement pour classification digitale (data 2)		
18	19	20	21	22	23	24
	Production d'images (Labo photo)		Contrôle de l'exactitude des classifications			
25	26	27	28	29	30	31
	Calcul Statistique Direction des changements.		Détection manuelle et digitale des changements			
Juin 1	2	3	4	5	6	7
	Discussion finale et rédaction du rapport.					



ORGANIGRAMME DES ETAPES DU STAGE

SUITE EN

F 2



MICROFICHE N°

05509

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الزراعي
تونس

F 2

- S O M M A I R E -

I.- INTRODUCTION	1
I.- Cartographie manuelle de l'occupation des sols	7
II.- Traitement informatique des images Landsat....	12
1.- Correction géométrique.....	12
2.- Interprétation et cartographie automatique	14
de l'image 1973.	
2.1.- Essai de digitalisation des données	
pédologiques.....	14
2.2.- Classement et cartographie automati-	
que détaillé.....	17
2.3.- Classement synthétique.....	21
3.- Discussions sur le classement automatique.	22
III.- Etude diachronique de l'occupation des sols	
par les images Landsat.....	27
1.- Classification des 8 canaux correspondant	
aux scènes de 1973 et 1980.....	27
2.- La méthode photographique.....	32
IV.- Discussion et recommandation.....	38
1.- Utilité de l'interprétation manuelle.....	38
2.- L'apport de l'interprétation automatique..	40
3.- Comparaison des 2 méthodes précédentes....	40
4.- Comparaison de la cartographie de l'occu-	
pation des sols à partir des images Landsat	
et des photographies aériennes.....	40
Conclusion.....	44
BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE	45
Table des Figures.....	46
Programme du Stage.....	47
Sommaire.....	49

FIN

52

VUES