

# L'UTILISATION DE LA TÉLÉDÉTECTION POUR L'ÉVALUATION DES RESSOURCES EN EAU DE LA REGION HYDROLOGIQUE 36 (NORD MEXIQUE)

Luc DESCROIX\*

\* ORSTOM, AP 225-3, 35071, Gomez Palacio ZI, DGO, Mexique

## Résumé

L'étude des ressources en eau des zones arides et semi-arides se prête à l'utilisation de l'outil d'imagerie satellitaire du fait :

- de la grande extension des zones concernées (ici 92 000 km<sup>2</sup> pour la seule RH36),
- du manque de données récentes au niveau des ressources naturelles (eau, sol, végétation),
- de la bonne qualité et de la répétitivité des scènes (dues à la faible nébulosité).

La RH36 est un grand bassin endoréique dont les eaux de ruissellement sont intégralement utilisées pour l'irrigation ; une surexploitation de l'aquifère y a déséquilibré le bilan volume disponible/volume utilisé et une meilleure connaissance de l'un comme de l'autre s'avère indispensable.

### 1) Détermination des unités de végétation pour l'étude du ruissellement

Le but du projet étant la détermination des ressources en eau de ruissellement, l'imagerie satellitaire sert à la définition de zones supposées homogènes vis-à-vis du ruissellement; sur ces zones sont ensuite installés des bassins-versants et parcelles de mesure du ruissellement dont les résultats peuvent être extrapolés grâce aux zones définies par télédétection.

D'autre part, l'évolution de la couverture végétale sur plus de 20 ans (depuis le lancement de premiers Landsat MSS) est mise en parallèle avec les données hydrométriques existantes du réseau mexicain, afin de connaître l'impact du surpâturage et du déboisement sur les écoulements.

### 2) "Presones" et eaux superficielles

La multitude des retenues collinaires de petite taille ("presones") rend leur inventaire difficile : leur repérage sur scène SPOT et l'essai d'extrapolation sur des scènes Landsat MSS, bien moins coûteux et pouvant couvrir toute la zone, permet de localiser la plus grande partie d'entre eux (le plus souvent par l'auréole surpâturée qui les entoure).

### 3) Prospective : ruissellement et télédétection

Dans une optique plus prospective, ce projet doit aussi être mis à profit pour tenter de définir des démarches scientifiques destinées à mettre en évidence les corrélations existant entre les radiométries et les facteurs du ruissellement, ainsi que toute caractéristique hydrique du bassin versant.

## **L'UTILISATION DE LA TÉLÉDÉTECTION POUR L'ÉVALUATION DES RESSOURCES EN EAU DE LA REGION HYDROLOGIQUE 36 (NORD MEXIQUE)**

L'étude des ressources en eau des zones arides et semi-arides se prête à l'utilisation de l'outil d'imagerie satellitaire du fait:

- de la grande extension des zones concernées (ici 92 000 km<sup>2</sup> pour la seule RH36) ;
- du manque de données récentes au niveau des ressources naturelles (eau, sol, végétation) ;
- de la bonne qualité et répétitivité des scènes due à la faible nébulosité ;

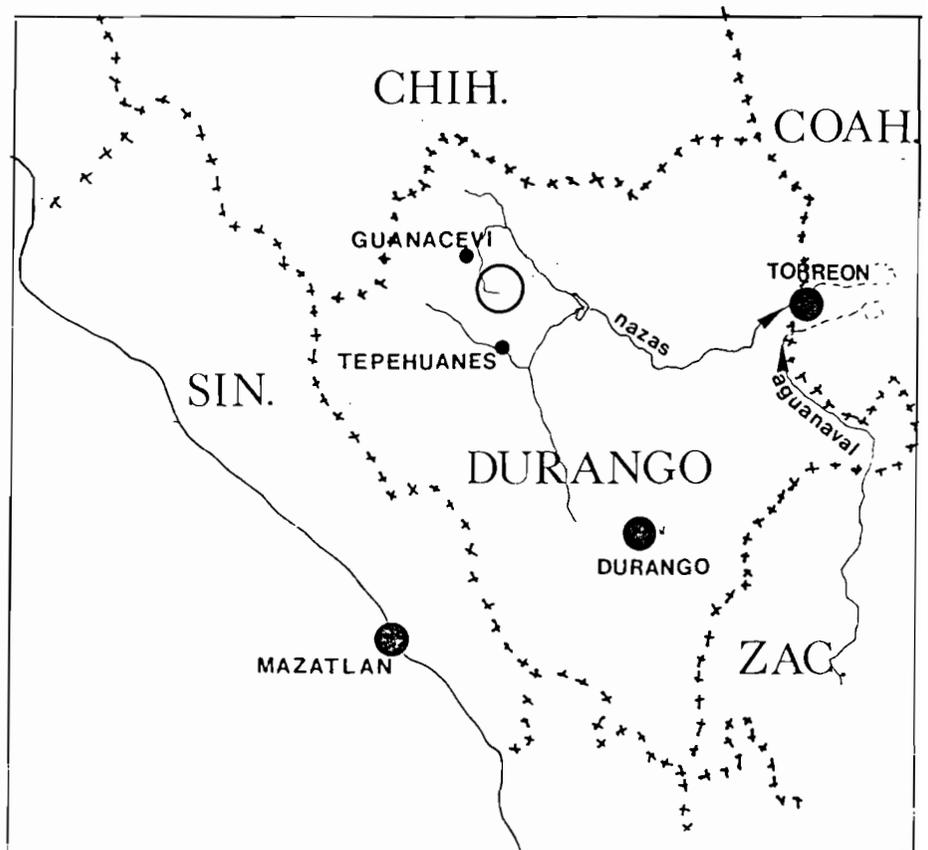
La RH36 est un grand bassin endoréique dont les eaux de ruissellement sont intégralement utilisées pour l'irrigation ; une surexploitation de l'aquifère y a déséquilibré le bilan volume disponible/volume utilisé et une meilleure connaissance de l'un comme de l'autre s'avère indispensable.

Le volume total annuel moyen d'eaux renouvelables utilisables est de  $1,3 * 10^9 \text{m}^3$  dont  $1 * 10^9 \text{m}^3$  d'eaux superficielles et  $300 * 10^6 \text{m}^3$  d'eaux souterraines. La consommation (à 98% agricole) est de  $2,5 * 10^9 \text{m}^3$  dont  $1,5 * 10^9 \text{m}^3$  d'eaux souterraines, ce qui correspond à 5 fois le volume de la recharge annuelle des aquifères. Le niveau de la nappe s'abaisse donc de 1,75 mètre par an depuis les années 50. C'est dire qu'une meilleure gestion des eaux de surface s'avère indispensable. Comme, à l'heure actuelle, le volume écoulé annuel est déjà intégralement utilisé (grâce au stockage dans le barrage-réservoir de El Palmito, qui retient 4 années d'écoulement moyen), l'optimisation ne peut venir que de la gestion des eaux, non de la recherche de plus d'eau (les bassins versants voisins sont loin d'être excédentaires, la seule solution éventuelle d'importation d'eau serait de la capter sur le versant Pacifique de la Sierra Madre Occidentale).

### **I) DETERMINATION DES UNITES DE VEGETATION POUR L'ETUDE DU RUISSELLEMENT**

Le but du projet étant la détermination des ressources en eau de ruissellement, l'imagerie satellitaire sert à la définition de zones supposées homogènes vis-à-vis du ruissellement ; sur ces zones sont ensuite installées des bassins-versants et parcelles de mesure du ruissellement dont les résultats peuvent être extrapolés grâce aux zones définies par télédétection. L'installation des bassins-versants hydrologiques représentatifs a été commencée en avril 1994 et s'est achevée en juin 1995 : 13 bassins versants ont été équipés, pour toute la RH36 (Région Hydrologique 36, voir fig.1), dont 5 dans la Sierra Madre Occidentale, partie la mieux alimentée en eaux de ruissellement (voir fig.2). Afin de connaître le comportement hydrique de zones plus homogènes, mais de bien plus petite taille, des parcelles (de un demi-mètre carré et de 40 mètres carrés) ont été installées en 1994 et 1995 pour étudier les paramètres qui sont forcément intégrés dans les bassins

FIG.1 et 2 : LOCALISATION DE LA RH36 ET DU SECTEUR ETUDIE



versants : pente, végétation (y compris déboisement et surpâturage), profondeur du sol, lithologie, localisation dans le versant, exposition, comportement hydrique du sol. L'étude des relations entre ces divers paramètres et le ruissellement sera l'objet d'une deuxième étape ultérieure (voir III).

D'autre part, l'évolution de la couverture végétale sur plus de 20 ans (depuis le lancement de premiers Landsat MSS) est mise en parallèle avec les données hydrométriques existantes du réseau mexicain, afin de connaître l'impact du surpâturage et du déboisement sur les écoulements.

C'est la raison pour laquelle l'évolution de la végétation a été entreprise en premier lieu ; le but est de connaître le mieux possible les caractéristiques spectrales des formations végétales, des espèces et de leur densité pour pouvoir cartographier leur évolution. La première cartographie, présentée ici, concerne uniquement les formations végétales ; ont été comparées les situations de 1972 et de 1992 : deux classifications barycentriques sur la même zone de 9500 km<sup>2</sup>, avec une simple correction géométrique et un gommage de l'opposition de versant pour la scène de 1972, prise en décembre (fig. 3 et 4).

Il apparaît dans la comparaison de ces deux cartes une évolution des superficies couvertes par chaque type de formation, résumée dans le tableau 1. Mais il y a deux types de phénomène que ne laisse pas apparaître l'imagerie satellitaire, qui se traduisent néanmoins par un affaiblissement de la densité végétale (et donc de l'indice de végétation), et qui auront peut-être eu une influence hydrique du Haut Bassin du Rio Nazas :

- d'une part, les parties les plus hautes de la Sierra Madre Occidentale font l'objet d'une intense activité forestière, du fait que ce n'est qu'au dessus de 2600 mètres que la forêt de pin (la principale espèce exploitée ici) est suffisamment dense pour permettre une exploitation rentable : les secteurs correspondant à cette exploitation ne changent pas forcément de catégorie, car l'exploitation ne se fait pas par coupe à blanc : elle est sélective, ce qui n'empêche d'ailleurs pas que certains secteurs soient visiblement surexploités ; là où il y avait 4 arbres en 1972, il n'y en a souvent plus que 1 ou 2. Ceci étant, au niveau hydrique, il est évident que ce type d'exploitation a bien moins d'impact qu'une coupe totale.

- d'autre part, dans l'étage dit des "savanes" d'altitude (entre 2000 et 2400 mètres d'altitude), le surpâturage s'est généralisé de manière drastique, et se poursuit : dans le centre du secteur délimité, certains pâturages supportent des charges de bétail à l'hectare de 2 à 5 fois supérieures à la charge théorique maximale : de grandes plages de sol nu apparaissent, les touffes de graminées s'espacent de plus en plus ; cela a probablement des conséquences sur le ruissellement. Mais dans le même temps, le surpâturage a provoqué une "dégradation verte des pâturages" : les jeunes pins (espèce conquérante sur les savanes à chênes), non appétants, n'entrent plus en concurrence avec la strate herbacée de plus en plus inexistante : les savanes à chênes sont de plus en plus envahies par de jeunes pins, les pousses de chênes continuant à être broutées par le bétail. De ce fait, les pâturages sont de moins en moins nutritifs et la savane devient une forêt claire de plus en plus envahie par les pins et d'autres broussailles non appétantes.

FIG. 3 : LA VEGETATION EN 1972

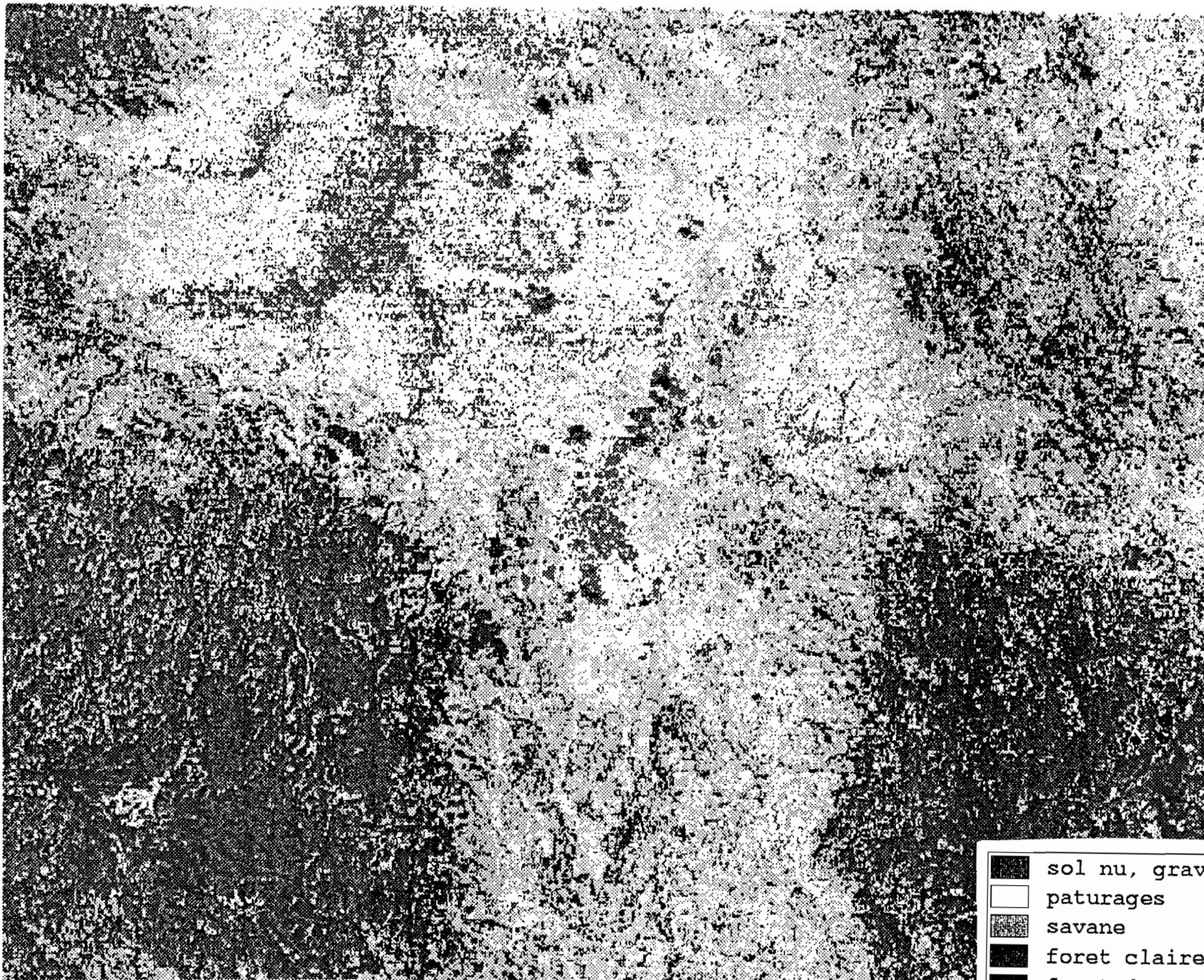
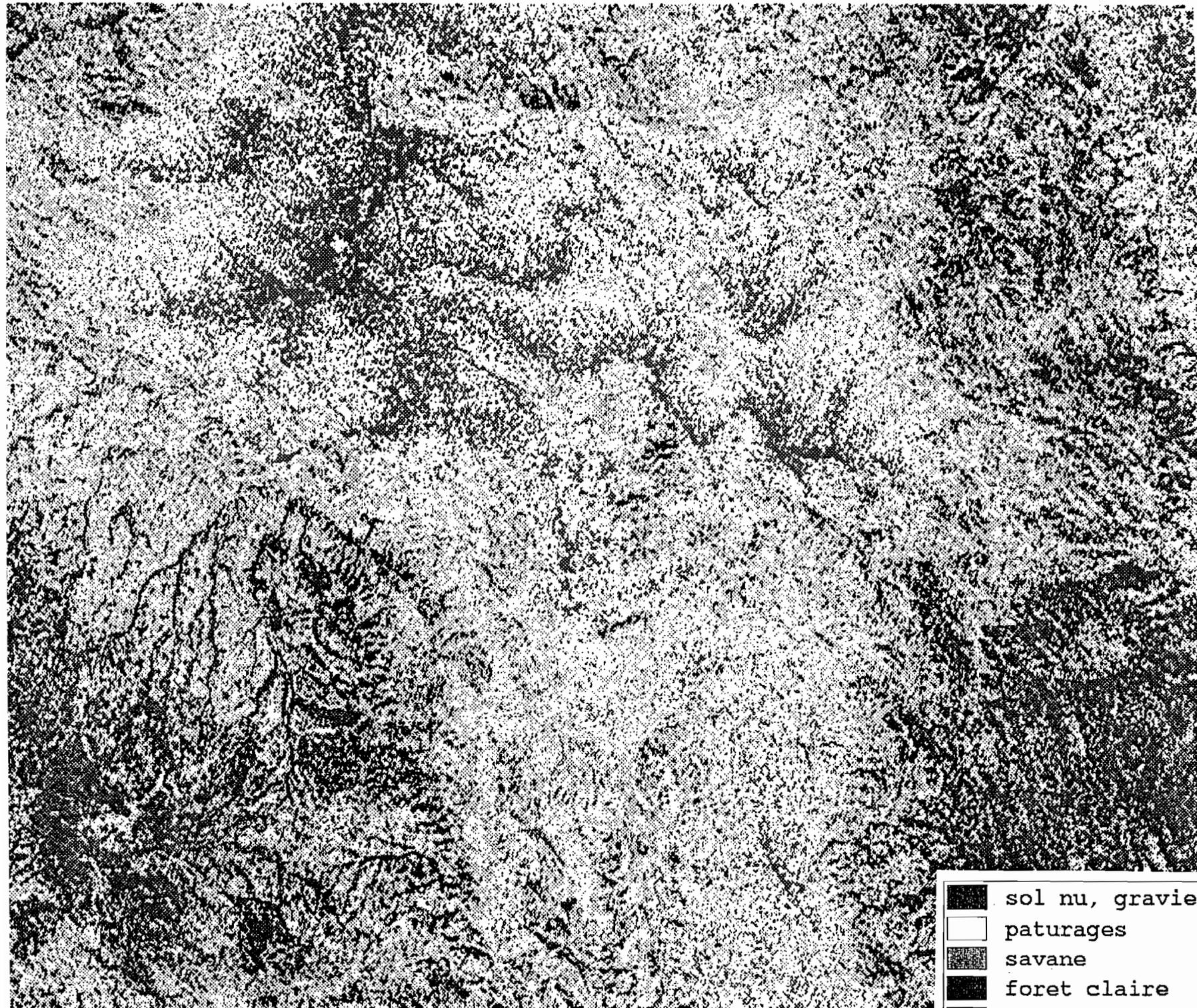


FIG.4 : LA VEGETATION EN 1992



- |   |                  |
|---|------------------|
|  | sol nu, graviers |
|  | paturages        |
|  | savane           |
|  | foret claire     |
|  | foret dense      |

**TABLEAU 1 : EVOLUTION DE LA VEGETATION PAR CATEGORIES**

<b>ZONES N'AYANT PAS CHANGÉ</b>	<b>SUPERFICIE</b> en km <sup>2</sup>	<b>%</b>
Sans végétation	454	4,77
Pâturages	1657	17,42
Savanes	1065	11,2
Forêt claire	815	8,57
Forêt dense	105	1,1
<b>ZONES AYANT CHANGÉ</b>		
<b>DEGRADATION</b>		
de pâturages à sans végétation	759	7,98
de savanes à pâturages	851	8,95
de forêt claire à savane	860	9,04
de forêt dense à forêt claire	286	3,01
<b>TOTAL</b>	<b>2756</b>	<b>28,97</b>
<b>PROGRESSION</b>		
de sans végétation à pâturages	512	5,38
de pâturages à savane	656	6,9
de savane à forêt claire	406	4,27
de forêt claire à forêt dense	99	1,04
<b>TOTAL</b>	<b>1673</b>	<b>17,59</b>
<b>ZONES AYANT CHANGÉ FORTEMENT</b>		
<b>DEGRADATION</b>		
de savane à sans végétation	127	1,34
de forêt claire à sans végétation	18	0,19
de forêt claire à pâturages	251	2,64
de forêt dense à savane	113	1,19
<b>TOTAL</b>	<b>511</b>	<b>5,37</b>
<b>PROGRESSION</b>		
de sans végétation à savane	176	1,85
de pâturages à forêt claire	162	1,7
de savane à forêt dense	33	0,35
de sans vegetation à forêt claire	61	0,64
de pâturages a forêt dense	14	0,15
<b>TOTAL</b>	<b>455</b>	<b>4,79</b>

Il est probable que le surpâturage a des conséquences sur le comportement hydrique des sols, accélérant le ruissellement en accélérant la formation des filets d'eau. Par contre, l'envahissement des pâturages par les jeunes pins a peut-être l'effet inverse. Cela sera à déterminer dans la deuxième étape de mesures de terrain.

Dans le tableau 1, on a intégré dans la rubrique "zones ayant changé" les pixels qui sont passés d'une catégorie à une autre voisine dans l'ordre signalé dans la première rubrique "zones n'ayant pas changé". Si un pixel passe d'une catégorie à une autre qui ne la suit ou ne la précède pas directement dans cet ordre, il appartient aux "zones ayant changé fortement". Le nombre important de pixels ayant changé de catégorie est en partie du au procédé de classement utilisé : il y a beaucoup de changement en bordure des classes. Néanmoins, on constate que la dégradation brute (soustraction des surfaces en progression aux surfaces en dégradation) atteint tout de même 12% de la surface totale  $((28,97 - 17,59) + (5,37 - 4,79))$ . L'évolution n'est donc pas si rapide, mais par contre, pour la classe "forêt dense", leur surface a été divisée par 2 entre 1972 et 1992.

## **II) PRESONES ET EAUX SUPERFICIELLES**

La multitude des retenues collinaires de petite taille ("presones") rend leur inventaire difficile : leur repérage sur scène SPOT et l'essai d'extrapolation sur des scènes Landsat MSS, bien moins coûteuses et pouvant couvrir toute la zone, permet de localiser la plus grande partie d'entre eux (le plus souvent par l'auréole surpâturée qui les entoure). Cette opération doit être réalisée à partir de l'hiver 1995-1996.

## **III) PROSPECTIVE : RUISSELLEMENT ET TELEDETECTION**

Dans une optique plus prospective, ce projet doit aussi être mis à profit pour tenter de définir des démarches scientifiques destinées à mettre en évidence les corrélations existant entre les radiométries et les facteurs du ruissellement, ainsi que toute caractéristique hydrique du bassin-versant. Dans le cadre d'un SIG, l'imagerie satellitaire (landsat MSS et SPOT) doit servir à étendre les données acquises sur BVRE (bassin versant représentatif expérimental) sur toute la zone de même géoclimat (soit 18 000 km<sup>2</sup>), permettant d'affiner les régionalisations obtenues par superposition des cartes de l'INEGI (Institut Géographique Mexicain). C'est cette troisième étape qui constitue le principal usage de la Télédétection dans le projet RH36. Elle commencera courant 1996, après que deux étapes intermédiaires auront été franchies :

- la vérification de la classification de la végétation, afin d'étendre la cartographie à tout le haut bassin (et ultérieurement à toute la RH36) ;
- des campagnes de simulation de pluie qui doivent permettre de compléter les résultats hydrologiques obtenus sur les BVRE pour connaître les coefficients de ruissellement des unités de paysages sélectionnées grâce à la télédétection.

## **BIBLIOGRAPHIE**

BARRAL H. et ANAYA E. : "Evolución de los pastizales en la RH36" ; rapport ORSTOM, Gomez Palacio, 60 pp., 1995 ;

DESCROIX L. et MORIAUD S. : Evolución de la cobertura vegetal en la Sierra Madre Occidental (Norte de Mexico), de 1972 a 1992 ; Congrès de la SELPER (Sociedad des Expertos Latinoamericanos de Percepción Remota), Puerto Vallarta, Mexique, 5-10 nov. 1995 ;

VIRAMONTES D. : "Estudio de la vegetación y de los suelos de dos pequeñas cuencas de la Sierra Madre Occidental" ; rapport ORSTOM, 50pp., Gomez Palacio, 1995.