

Mémoire d'images. La région d'Agadez vue à travers les images satellitaires

In: Journal des africanistes. 1992, tome 62 fascicule 2. Mémoire de sable. pp. 91-103.

Abstract

Landsat I, the first satellite scanning the earth, was launched 20 years ago. For geographers and archeologists involved in African Studies, the images sent back were marvels that partly confirmed what was already known or had already been located. But they also bore information about poorly known places and brought to light the unexpected. Unused empirically at first, these images were soon processed by computers. A few examples from the archeological program on the In Gall and Tegidda-n-Tesemt areas of Niger are cited that have contributed to the archeological exploration of the northern Sahel.

Résumé

Le premier satellite d'observation de la Terre, Landsat 1, a été lancé il y a maintenant vingt ans. Pour les géographes ou les archéologues des programmes scientifiques africanistes, les images produites étaient d'étranges merveilles, restituant en partie des phénomènes déjà connus et localisés, mais aussi dévoilant des objets mal connus, mettant en évidence des limites, des espaces et des relations inattendus... D'abord utilisées de façon empirique et pas à pas, elles furent bientôt exploitées avec les outils sophistiqués de l'informatique et des mathématiques... On retrace ici quelques-unes des expériences qui, dans le cadre du programme archéologique sur la région d'In Gall et Tegidda-n-Tesemt (Niger), nous ont conduits vers la découverte de ces images nouvelles et vers leur exploitation pour l'exploration archéologique au Sahel septentrional.

Citer ce document / Cite this document :

Poncet Yveline. Mémoire d'images. La région d'Agadez vue à travers les images satellitaires. In: Journal des africanistes. 1992, tome 62 fascicule 2. Mémoire de sable. pp. 91-103.

doi : 10.3406/jafr.1992.2354

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/jafr_0399-0346_1992_num_62_2_2354

Mémoire d'image

La région d'Agadez (Niger) vue à travers les images satellitaires

L'une des premières images satellitaires de la Terre qui ait été largement diffusée dans les magazines est une photographie en couleurs du delta du Nil, prise d'une capsule Appollo en 1971 ; elle a été suivie par d'autres de la même région, d'Assouan au Sinaï et du Nil à la mer Rouge... A cette époque, et toujours aujourd'hui, les images de cette région évoquent davantage les conflits contemporains au Moyen-Orient que l'Égypte pharaonique, et je n'imaginai pas que moins de dix ans plus tard, j'allais utiliser des images satellitaires dans le cadre d'un programme scientifique d'intérêt archéologique en Afrique saharosahélienne.

Un livre d'images

Ce qui étonnait, à l'époque de ces toutes premières images, était, paradoxalement, à quel point ce simple enregistrement de la réalité nue était semblable à l'image construite et conventionnelle que nous donnaient de la Terre les cartes topographiques courantes : même tracé des côtes, entre le jaune du désert plat et le bleu de la mer, même tracé du fleuve, en bleu lui aussi, mêmes surépaisseurs vertes de la basse vallée du Nil et du delta... Sur cette image enregistrée à plus de 300 kilomètres de la Terre, on distinguait des routes, minces traits rectilignes clairs ou sombres ; des oasis isolées, simples points noirs sur le fond très pâle des espaces ensablés... A cette échelle de restitution, on reconnaissait ce que l'on savait déjà se trouver à tel endroit, on restait sur le terrain familier des représentations traditionnelles et des espaces connus.

Dans les toutes premières années de la décennie 70, les chercheurs en géographie africaniste au sud du Sahara n'imaginaient guère pouvoir disposer couramment d'images de leur terrain, et ils se contentaient — bien heureux d'en disposer — de l'abondant corpus de photographies aériennes enregistrées par l'Institut géographique national français sur toute l'Afrique francophone, source inépuisable d'informations produites à des échelles convenant à leurs travaux, enregistrées à des dates point trop anciennes (1958 environ) : douze à quinze ans après, elles paraissaient encore bien utilisables, et d'ailleurs, il fallait s'en contenter. Sur certains territoires privilégiés (par des projets de constructions routières ou de futurs aménagements hydro-agricoles), des enregistrements récents

étaient effectués ; ils étaient alors avidement consultés quand par hasard (où parce que nous travaillions sur ce projet même), le périmètre couvert correspondait à notre terrain d'étude.

A partir de 1972, tout allait commencer à changer lentement : le lancement d'un satellite nommé ERTS 1 (ultérieurement connu sous le nom de Landsat 1) transformait, sans que nous le sachions encore, certains aspects de nos travaux. Landsat 1 eut des petits frères (Landsat 2 et 3, lancés en 1975 et 1977) et des enfants (Landsat 4 et 5 lancés en 1983 et 1985), puis des cousins (Spot 1 et Spot 2, lancés en 1986 et 1990), et ERS lancé en 1991, remarquable outil mais qui n'enregistre pas sur le Sahel...

Les premières images Landsat vraiment intéressantes qui me tombèrent sous les yeux étaient des vues du massif de l'Aïr, acquises en 1975 par les géologues de l'Université de Niamey. C'étaient des « photographies » entre guillemets, c'est-à-dire la transcription en noir et blanc sur papier photochimique et à l'échelle 1/500 000^e d'enregistrements à l'origine numériques. Sur ces reproductions « rudimentaires » (beaucoup d'informations disparaissaient au cours de la transformation), mais très nettes, peu coûteuses et faciles à consulter, nous nous émerveillions de trouver des contrastes aussi nets entre sables blancs et roches noires, des détails hydrographiques et paléo-hydrographiques inédits, des épanchements de lave (bien visibles en différentes intensités de gris), des pointillés de végétation... Sur cette vaste région (une image Landsat couvre un espace de 180 kilomètres sur 180), dont les cartes topographiques étaient rudimentaires, l'image satellitaire elle-même révélait les détails d'une réalité que les documents conventionnels disponibles ne restituaient guère.

Au même moment (1975) commençait le programme scientifique qui allait devenir le Programme archéologique d'urgence de la région In Gall - Tegidda-n-Tesemt. Ce programme avait pour objectif de faire l'inventaire des vestiges de la présence humaine ancienne et sédentaire dans une région semi-aride depuis au moins deux siècles, parcourue par des pasteurs nomades, et ne présentant, mises à part les « cités » d'Agadez, In Gall et Tegidda-n-Tesemt, que quelques points d'eau en saison sèche. Cet espace était connu pour avoir été autrefois habité, exploité, fréquenté sur de longues périodes de temps, pour avoir vu naître des villes peuplées d'artisans métallurgistes comme Azelik. Il est toujours très fréquenté de nos jours dans le cadre d'un système d'exploitation bien différent, mais les vestiges matériels, les traditions et les récits historiques témoignent de sa vitalité. Cependant, au milieu des années 70, les plaines de l'Azwagh nigérien étaient convoitées par les prospecteurs d'uranium, et à l'instar de la région d'Arlit, la région et le tell archéologique d'Azelik risquaient bien de voir leur richesse historique enfouie sous les déblais des bulldozers ou prélevées par des écumeurs peu scrupuleux...

Un programme scientifique d'intérêt archéologique se consacra donc pendant plusieurs années à dresser l'inventaire des sites d'habitat rencontrés ; à en préciser la localisation et les typologies, à en rechercher les points communs et les différences. Inventaire non seulement descriptif mais aussi analytique, destiné à replacer les activités humaines du passé dont ils étaient la trace, dans un contexte géographique et temporel cohérent, à donner à ces vestiges variés leur place dans un continuum historique qui va des outils taillés et des cérami-

ques néolithiques aux routes goudronnées et aux chantiers de l'uranium moderne ; faire une « géographie régionale du passé » sur un espace couvrant environ cinq degrés carrés, soit, grossièrement, un carré de 250 kilomètres de côté.

La construction et les travaux de ce programme ont été décrits ailleurs : les résultats ont été publiés ou sont en cours de publication, et l'ensemble constitue désormais un très important corpus sur l'Azawagh nigérien et une expérience innovatrice unique. Les résultats scientifiques et méthodologiques de l'utilisation des images de télédétection sur l'Azawagh ont aussi été publiés, et d'autres opérations ont succédé à celle-ci, sur des régions voisines ou semblables.

Ce que je vais présenter ici n'est donc pas un résumé récapitulatif des travaux de traitement et d'interprétation des photographies aériennes et des images satellitaires dans le cadre du Programme archéologique d'urgence de la région d'In Gall - Teggida-n-Tesemt. Mais je vais décrire la façon dont nous avons perçu et traité le territoire lui-même, au fur et à mesure que nous progressions dans la lecture et l'utilisation de ces images : retour en arrière vers des procédures déjà presque oubliées tant sont rapides les progrès de la technologie, vers un temps où les moyens étaient dispersés, les méthodes peu assurées, les outils improvisés, et où l'on ne craignait pas encore — parce qu'on en utilisait encore si peu — que « la machine n'avalât l'image ». Ces images, nous les avons utilisées de façon empirique d'abord, plus assurée ensuite. Nous avons fait nos premiers pas, quelquefois avec inquiétude et quelquefois de façon cocasse, dans la découverte d'une panoplie alors peu explorée par les sciences sociales : « panoplie » au sens ludique, en effet, que les géographes humanistes et les anthropologues que nous étions ont utilisée avec émerveillement, et qui nous ouvrait les pages d'un livre d'images inattendues.

« Il y a du spatial dans le social »

Cette phrase lapidaire de Franck Auriac (dans *Espaces, jeux et enjeux*, 1986) rappelle que l'espace dans lequel vivent les sociétés ne leur est ni indifférent ni étranger. Les hommes façonnent leur territoire bien davantage que n'intervient l'espace neutre : celui-ci n'agit, en réalité, que par l'intermédiaire des contraintes du milieu dit naturel. C'est une évidence dans les villes, et c'est vrai aussi dans les territoires ruraux, notamment dans les milieux très visiblement humanisés des campagnes européennes. C'est également le cas en beaucoup moins « visible » pour les territoires des sociétés pastorales nomades : comme tous les habitants d'un espace, ils l'ont « mis à échelle humaine », et même « à échelles humaines », puisque ces échelles diffèrent et évoluent avec l'usage qui est fait de l'espace et avec les techniques disponibles.

Dans les plaines de l'Azawagh nigérien, sur les rebords des plateaux et du massif de l'Aïr, les habitants actuels n'ont pas seulement donné des noms aux territoires qu'ils façonnent et fréquentent, ils les ont mesurés (en durée de parcours, et la mesure n'est pas la même sur un cheval ou derrière un âne lourdement chargé), ils ont prévu des relais en fonction de ces parcours, pour

s'abriter la nuit ou abreuver les bêtes, ils se *dirigent vers* des lieux plus intéressants (plus productifs, plus sûrs, ou plus agréables) que d'autres ; ils ont partagé l'espace : tel pâturage à ceux-là, le droit de cultiver tel fond de vallée à ceux-ci ; ils se sont donné les moyens de faire respecter les attributions et de régler les conflits concernant les terrains sur lesquels on travaille, ceux sur lesquels on habite, ceux par lesquels on passe... Ils ont fixé les périmètres au-delà desquels certains des attributs ou des droits ne s'exercent plus... Ils sont entrés en concurrence ou en association avec d'autres droits sur les mêmes territoires, ils ont ajouté de nouveaux noms et de nouvelles mesures à leurs territoires ; ils se sont dirigés vers de nouveaux relais et de nouveaux *centres d'intérêt*, justement : avec l'irruption du monde technologique dans l'Azawagh, et l'entrée du pays dans le système planétaire, les directions et les espaces locaux ont changé.

Il ne serait pas « raisonnable » de penser que ces espaces n'avaient pas changé auparavant, et que les territoires et les sociétés de la région comprise entre Tegidda-n-Tesemt, In Gall et Agadez, étaient stables... Le Programme archéologique d'urgence a montré au contraire que les habitats, certaines productions, les ressources naturelles exploitables et exploitées, ne se trouvaient pas dans les mêmes lieux qu'aujourd'hui : l'espace régional était structuré autrement, même si ses centres se sont montrés relativement stables : In Gall et Agadez, Azelik puis Tegidda-n-Tesemt témoignent d'une permanence. Mais il est probable que la structuration régionale s'est sans cesse modifiée au cours de l'histoire de l'occupation humaine des plaines de l'Ighazer Wan Agadez.

Fondées sur des systèmes de production en partie différents, soumises à des contraintes inévitables différentes (celles des ressources en eau, notamment, dont on considère toujours qu'elles sont structurantes), les sociétés sédentaires et les sociétés pastorales qui se sont alternativement succédé dans les plaines de l'Ighazer n'avaient pas les mêmes « territoires » et pas les mêmes « mesures » de ces territoires : il est possible (il est probable) qu'elles n'aient pas eu les mêmes repères, les mêmes noms ni les mêmes « mises à l'échelle » du territoire qu'elles ont partagé dans le temps. C'était l'un des objectifs du Programme archéologique d'urgence de rechercher les éléments d'information sur ce qu'avait pu être la structuration du territoire régional quand ses habitants occupaient des agglomérations permanentes et vivaient de la forge, du sel et de l'agriculture.

Les traces des activités, les traces des paysages

Les sociétés sédentaires qui ont occupé la région d'In Gall - Tegidda-n-Tesemt à plusieurs reprises (sociétés néolithiques, puis période « médiévale ») n'ont sans doute pas connu le même « milieu » (en d'autres termes les mêmes paysages) que les sociétés pastorales et urbaines d'aujourd'hui. Un climat différent engendrait des couvertures végétales différentes sur les reliefs et dans les plaines : talus, éboulis et vallées étaient modelés par l'eau qui s'écoulait dans des ravins escarpés puis stagnait en mares durables et en marécages au pied des courtes pentes et dans la large plaine...

Les hypothèses de Jacques Maley sur ce que pouvait être un climat « plus humide qu'aujourd'hui » dans les plaines voisines de l'Aïr ne peuvent que laisser imaginer un paysage végétal sans doute très différent de ce que nous connaissons aujourd'hui, même plus loin au sud. Une pluviométrie un peu plus abondante, et surtout une importante nébulosité de saisons intermédiaires, autorisaient des espèces méditerranéennes, des rapports entre végétation pérenne et végétation annuelle différents de ceux d'aujourd'hui (en ce qui concerne l'occupation dans le temps et dans l'espace), des strates végétales différentes, etc. Ces paysages végétaux, nous ne les avons pas reconstitués. Mais nous avons cherché où avaient pu se trouver leurs différences, leurs discontinuités, leurs repères... Et nous avons cherché dans quelles secteurs de ces disparités ou de ces similarités probables s'inséraient les sites visibles d'habitat et d'activité anciens que nous découvrons chaque jour. Il s'agissait donc d'identifier, dans l'ensemble régional des plaines de l'Ighazer Wan Agadez et de leurs plateaux de bordure, les espaces privilégiés et les espaces délaissés, les foyers et les périphéries, les relations, les éloignements...

La localisation et la typologie des vestiges laissés par les anciens habitants, la localisation des ressources connues pour avoir été exploitées, les points de passage obligés, les indicateurs (dans le paysage actuel) des contraintes climatiques et hydrographiques anciennes, la nature des obstacles et des repères géographiques contribuent à formuler des hypothèses sur les espaces favorables et les espaces défavorables...

L'une des façons de transcrire ces relations des « espaces-historiques » entre eux, et leurs relations avec l'espace contemporain, était de dresser une cartographie adéquate de la région étudiée, c'est-à-dire de représenter les objets indicateurs (sites archéologiques, datations, hydrographie ancienne et actuelle, reliefs d'obstacles...) dans la totalité du territoire concerné.

Se posait alors, bien entendu, le problème de l'acquisition sur un territoire de grandes dimensions (environ 330 kilomètres sur 330) d'une information thématique qui soit localisée (en situation et extension) et continue dans l'espace à traiter.

Le terrain nous était certes déjà plus ou moins connu : descriptions, photographies, parcours antérieurs nous en avaient donné soit une idée très générale, soit des détails très abondants sur tels secteurs bien particuliers, d'extension limitée et discontinus.

Le pays noir

Les plaines de l'Ighazer Wan Agadez sont plates et sombres : elles proposent des paysages âpres et peu pittoresques au sens « touristique », où les regs alternent avec les épandages argileux et s'y raccordent par des talus à peine perceptibles ; où les écoulements d'eau divaguent et se perdent pour se réunir à nouveau, où la végétation est quasi absente en saison sèche mais contraste violemment avec le sol nu en formant par endroits de vastes tapis jaune clair... Les repères généraux sont presque absents, mises à part quelques hautes buttes

escarpées très éloignées les unes des autres : Azuza, Teleginit, et les pitons dominants de la falaise de Tigidit...

Les argiles sont brun sombre, gris fer, quelquefois noires, coupées de profondes fentes de retrait par endroits. Les épandages caillouteux et gravillonnaires couvrent la majeure partie de la région : un climat un peu plus humide qu'aujourd'hui et l'alternance de périodes sèches les ont recouverts de ce vernis noir que l'on appelle la « patine saharienne ».

A partir de 10 heures du matin, la chaleur et les mirages modifient les dimensions, les formes, les contrastes et les distances : même s'il ne s'y perd pas aussi facilement que dans la monotone et dangereuse Tadarast voisine, le voyageur hésite sur ses amers et ses interprétations, dès lors qu'il quitte les pistes tracées par de précédents passages.

La toponymie, infiniment précise et détaillée, découpe la région en cent petits « pays ». Ighazer Wan Agadez est un nom colonial, accordé à la continuité du bassin hydrographique. En tamasheq, la vallée et ses tributaires changent de nom tous les quelques kilomètres, c'est-à-dire à peu près à la mesure de la longueur de propagation d'une crue ; les vastes étendues planes et apparemment sans repères des approches de Tegidda-n-Tesemt sont identifiées sans hésitation par des noms nombreux, précis et bien définis.

Les cartes topographiques existantes sont, en revanche, plutôt pauvres : peu renseignées sur le plan de la toponymie (ou de façon approximative), elles ne sont pas précises sur celui du relief, et certains repères bien connus sur le terrain (tel puits, par exemple) sont placés de façon inexplicablement fantaisiste : les feuilles de la région d'Agadez et de Tegidda-n-Tesemt de la couverture topographique de l'Afrique de l'Ouest à 1/200 000^e de l'Institut géographique national français font partie d'une série dont la confection ne s'est heureusement pas poursuivie. Les cartes géologiques existent : précises sur le plan de la typologie des formations primaires, secondaires et tertiaires de la région, elles ne nous fournissent guère l'information dont nous avons besoin sur les transformations du relief au Quaternaire récent.

Les photographies aériennes qui ont servi à confectionner ces cartes sont disponibles elles aussi : mais pour couvrir les cinq degrés carrés de la région à étudier, il fallait huit cents couples stéréoscopiques à 1/50 000^e, c'est-à-dire 1 600 clichés. La dépense financière correspondant à leur acquisition, et la durée nécessaire à leur traitement étaient trop élevés pour les forces du programme scientifique, compte tenu de la qualité médiocre des clichés, anciens (1955), mal contrastés et quelquefois peu lisibles...

La mise à l'échelle de la recherche

La mise à l'échelle d'un espace par une société ou un individu, c'est la reconnaissance et la sélection des objets utiles et des dimensions correspondantes... Dans le travail de prospection archéologique, par exemple, nous examinons avec minutie le détail des petites vallées sableuses, des ravineaux et des talus, parce que nous savions y trouver des vestiges d'habitat et d'activité essentiels. Mais nous ne « voyions » tel vaste plateau que dans son ensemble : non

pas parce qu'il était homogène (il ne l'était pas), mais parce que nous savions (d'expérience générale et par observation antérieure), qu'il ne portait aucun vestige visible. Autre exemple : plus que « le » vestige (morceau de tesson céramique, objet de pierre taillée, meule...), ce qui nous était significatif était leur accumulation, la surface « anormale » constituée par des artefacts à peine visibles au sol, disposés de façon quasi continue sur plusieurs mètres carrés, et dont la texture et les couleurs tranchaient sur le fond naturel ; ou bien la petite masse arrondie et noire des sépultures tumulaires, constituées par l'entassement des pierres ramassées dans le voisinage immédiat, presque invisibles parce qu'ils sont, cette fois, de même apparence que leur environnement, sauf lorsqu'ils se découpent sur le ciel au bord des corniches des plateaux...

Nous autres observateurs-chercheurs avions nos propres échelles : taille et visibilité des repères géographiques, superficie de l'espace à prospecter, champ et angle de vision d'ensemble, vitesses de parcours à pied et vitesses de parcours automobile... Tel puits est important, parce qu'il est un repère dans un espace « vide » ou parce qu'il est isolé et par là même essentiel ; tel arbre se voit de loin et donne son nom au voisinage, alors que telle colline passera totalement inaperçue.

Les dimensions, les formes, les couleurs des objets significatifs étaient donc très variables et inégalement perceptibles. La plupart de nos repères ne figuraient pas sur les cartes : tel talus trop peu accentué, tel arbre, tel piton, voire le contact entre cailloux et sable, ou le passage des véhicules sur telle piste improvisée et provisoire... Orientations et distances objectives n'étaient pas faciles à mesurer : les obstacles à la circulation sont nombreux, on ne roule ni ne marche en ligne droite. Nous ne saisissons donc que de très petits morceaux de la région à la fois : images mentales discontinues de paysages qu'on ne domine jamais, mal raccordées entre elles, changeantes d'une année à l'autre.

La mise à notre disposition des images satellitaires de l'Azawagh venait évidemment à point pour donner un sens et une cohérence à ce vaste espace anisotrope.

Elle nous a stupéfiés, cette « photographie » du bassin de l'Ighazer Wan Agadez enregistrée depuis l'espace par le satellite Landsat : nous n'imaginions pas que s'organiserait instantanément sous nos yeux, sur l'écran de la projection diascopique en grand format, les éléments pourtant connus de la structure géologique de la région, l'ensemble des repères familiers, la continuité des lignes hydrographiques, l'évidence et la fraîcheur du dessin des rivières disparues.

Le bassin fluvial : une réalité visible

Les cartes géologiques aux échelles petites et moyennes (1/2 000 000^e et 1/500 000^e) nous montraient certes la continuité des écoulements et les raccordements des affluents d'un vaste ensemble hydrographique qui prenait sa source dans le massif de l'Aïr et rejoignait à l'ouest le grand fleuve Azawagh, venu, lui, du Hoggar et recevant des affluents de l'Adrar des Ifoghas : c'est tout l'ensemble hydrographique cohérent du Sahara méridional qui nous était ainsi

proposé, dans la continuité et le tracé de ses vallées, leurs morphologies (vallées larges ou étroites, rectilignes ou sinueuses) et dans la qualité et les contrastes des terrains rencontrés : roches dures de l'Aïr (granitique et volcanique), comblements argileux et gréseux de la dépression périphérique qui le borde à l'ouest, puis sables et crêtes émoussées du bassin sédimentaire appelé bassin des Iullemmeden, qui s'organisent en courbes concentriques presque régulières. Les couleurs bien tranchées de la carte géologique nous suggéraient des contrastes et des limites que nous ne retrouvions guère sur le terrain. En revanche, les plages jaune pâle des sables quaternaires non différenciés sur la carte « gommaient » des nuances et des détails que nous savions identifier sur le terrain...

Mais cette première image Landsat du bassin de l'Ighazer, « tirage diazoïque » en trois couleurs de 2 mètres sur 2 projeté sur un mur nous a restitué immédiatement les grands traits permanents et les détails fugitifs et temporaires d'un pays que nous connaissions et n'arrivions pas à structurer correctement : la plaine brune elle-même, bien visible entre ses bordures claires ; les hautes buttes rocheuses représentées par des taches très noires ; le réseau hydrographique se dessinait clairement sur la plaine en lignes encore plus sombres, ou en lignes très claires quand les alluvions sableuses avaient recouvert les argiles : nous identifions immédiatement ces repères, ces limites, ces contacts, ces contrastes... Les argiles et les glacis de la plaine de l'Ighazer dessinaient bien, dans leur ensemble, ce triangle incliné qui correspondait, nous le savions, à notre périmètre d'étude : si nettement contrasté, si géométrique et si visible que nous l'avons immédiatement appelé « le triangle des Bernus », ravis de son évidence « objective ». C'est que l'image satellitaire nous restituait l'équivalent en plus vaste des photographies aériennes, la réalité nue, l'image même de la Terre non médiatisée par une sélection ou un classement de l'information.

Et elle nous restituait cette information à une échelle, à une « mise en dimension » qui correspondait bien à nos moyens et à nos besoins. Une seule image (aux bordures régionales près) figurait notre espace d'étude sans ruptures ni discontinuités : 180 kilomètres de terrain en 36 centimètres d'image (à l'échelle 1/500 000^e). Certains détails n'étaient pas visibles, certes, mais des nuances de l'environnement et du paysage les soulignaient, telles ces cernes de végétation claire au pied des talus, qui rendaient ces derniers perceptibles, d'aussi faible dénivellation soient-ils, ou ces minces réseaux indiquant les plus petits ravineaux descendant des plateaux, soulignés eux aussi par un trait de végétation active, en rouge ou brun-rouge sur l'image.

Mais plus que ces détails, c'est l'ensemble qui importait : la continuité du bassin fluvial aujourd'hui inactif et désorganisé, les relations morphologiques entre le bassin et les lignes de falaises des *cuestas*, l'alignement des ruptures de direction marquant les failles, l'organisation structurale des « anomalies » et des objets connus... En effet, les *cuestas* marquent des lignes de relief et d'anciennes sources, les failles d'autres sources et les minéralisations cuprifères : l'association de ces deux éléments marque généralement, dans le bassin de l'Ighazer Wan Agadez, les sites anciens d'occupation sédentaire et d'exploitation du minerai.

Par ailleurs, il se trouve que le détail de résolution des images photographiques Landsat et le champ de la scène entière donnent de la surface de la Terre une image très voisine de celle d'un observateur placé dans un avion à 10 000 mètres du sol : bien que les altitudes et les moyens d'observation ne soient pas les mêmes, les deux visions sont assez proches pour que l'image Landsat ne prenne pas trop au dépourvu les passagers des lignes Europe-Afrique que nous étions couramment : de nos places de hublot (la favorite du géographe !), nous avons déjà examiné avidement des paysages point trop dissemblables de ceux de la plaine de l'Ighazer, en Algérie et au Niger sur la ligne Paris-Niamey, au Maroc, en Mauritanie et au Mali entre Paris et Bamako ; et même la plaine de l'Ighazer et les bordures de l'Aïr elles-mêmes, sur la ligne Paris-Douala...

Paradoxalement (mais seulement en apparence), cette imagerie satellitaire nous restituait donc des échelles d'observation familières, même si leur interprétation se révélait bien plus difficile que prévu.

De la lecture à l'interprétation

Ces premières images disponibles, nous les avons lues sous leur forme la plus simple et la plus aisément disponible à l'époque, celle dite des « tirages diazoïques » : à partir des films négatifs de trois canaux radiométriques (sur les quatre canaux fournis par Landsat), à 1/1 000 000^e, le laboratoire photographique de l'atelier de télédétection de l'Orstom à Bondy produisait trois films positifs en trois couleurs (jaune, cyan et magenta), aux échelles que nous fixions (1/500 000^e et 1/200 000^e), et avec des intensités de contrastes correspondant aux thèmes et aux détails que nous voulions approfondir. Nous obtenions par superposition des trois films une image transparente en couleurs (dite « en fausses couleurs ») ou composition colorée photographique que nous lisions sur table lumineuse. A partir de ce document, nous tracions à la main sur calque ou sur film le contour des objets significatifs, les limites nettes, les gradients incertains, les repères... Ces images diazoïques étaient emmenées sur le terrain, où nous les fixions sur le pare-brise de la land-rover (le format était parfaitement adéquat) : tourné vers le soleil, celui-ci nous fournissait une table lumineuse d'un nouveau genre, mais parfaitement claire et utilisable.

La fabrication des images diazoïques était relativement longue et compliquée ; la manipulation photochimique fournissait des documents imparfaits qui ne restituaient pas complètement — loin s'en fallait — les détails de l'enregistrement d'origine. Pour obtenir ces derniers, il nous fallait travailler sur les documents les moins transformés possible, c'est-à-dire sur les bandes magnétiques contenant les données numériques, lues par ordinateur. Le Mini 6 Honeywell-Bull de l'atelier de Bondy nous permettait cette lecture, avec deux avantages considérables sur les données photographiques :

— on traitait l'information « niveau de gris par niveau de gris », c'est-à-dire que de très faibles nuances de valeurs radiométriques étaient perceptibles (et par conséquent analysables en termes d'acquisition d'information) ;

— on traitait l'information pixel par pixel (c'est-à-dire élément d'image par élément d'image), ce qui permettait de travailler sur les plus petites unités de terrain techniquement possibles (sur les données Landsat, 56 mètres sur 79 mètres au sol) ;

— la présentation numérique des données permettait de les traiter avec les outils statistiques (au moyen des logiciels adéquats), d'effectuer des classifications, des calculs et des combinaisons, et ainsi de créer de nouvelles images à partir des données d'origine : ces nouvelles images en sont des simplifications, des schématisations obtenues par calcul dirigé, permettant des lectures plus claires et (du moins l'espérons-nous) des interprétations plus assurées.

Compte tenu de la capacité de l'ordinateur, nous traitions des « zones échantillons », c'est-à-dire des secteurs géographiques d'extension limitée, choisis parce que particulièrement intéressants et riches (sur le plan archéologique), ou parce qu'ils posaient des problèmes d'interprétation à résoudre dans le détail.

Ce n'est pas le lieu de décrire ici les problèmes d'interprétation que nous posaient la relation entre terrain et image : ils ont été décrits ailleurs, et les techniques et les concepts ont tellement évolué depuis cette expérience, que ce que nous avons étudié — et la façon dont nous l'avons fait — font un peu figure d'« antiquités » désormais : la puissance des ordinateurs d'une part, les progrès et la diffusion de certains outillages et raisonnements mathématiques d'autre part, permettent désormais de parcourir d'autres voies, avec davantage d'assurance et de rapidité. Qu'il suffise de dire que nous avons dû apprendre à regarder un paysage, depuis le sol, en lui superposant mentalement la grille de la résolution spatiale Landsat (56 mètres sur 79, nous l'avons vu plus haut), et à concevoir ce paysage en termes d'intégration de valeurs radiométriques à l'intérieur des mailles de cette grille : à faire des relevés de terrain en fonction de nouveaux critères (couleur et rugosité du sol, état phénologique de la végétation), à tenir compte des données climatiques des jours et des semaines précédant l'enregistrement... toutes procédures — et bien d'autres — que nous avons empiriquement expérimentées sur le terrain et au laboratoire, et que nous avons apprises au cours de formations spécifiques. Car il nous a fallu aussi nous familiariser avec l'ordinateur de type Mini 6 — encore peu utilisé par les ressortissants des sciences sociales en 1978-1980 — avec des logiciels de traitement d'image (la plupart étaient des « logiciels maison », plus ou moins expérimentaux à l'époque), et avec des traitements logiques et statistiques qui, malgré leur réelle simplicité, ne nous étaient pas familiers : convolutions et combinaisons notamment.

Ces traitements nous permettaient de mettre en évidence des détails auparavant passés inaperçus : nuances de texture dans des argiles indiquant les phases successives de mise en place, indices de végétation, relief de détail dans les sables dunaires... Ce sont quelques-uns de ces détails qui nous ont guidés vers des découvertes archéologiques inattendues : les sites ainsi trouvés, indirectement grâce à l'image Landsat, nous les aurions sans doute repérés tôt ou tard : mais le contenu de l'image ou tel détail ont attiré notre attention sur des morceaux de territoire qui se sont révélés, en effet, aussi intéressants que des indicateurs ténus nous l'avaient ainsi laissé supposé.

En dehors de toutes découvertes archéologiques, d'ailleurs, nous avons rapidement utilisé l'image Landsat comme une carte topographique détaillée, puisqu'elle nous indiquait clairement (après un minimum d'échantillonnage vérificateur sur le terrain), les petits escarpements rocheux, les regs à grandes plaques de cailloux tranchants et les fourrés denses d'acacias épineux et résistants : tous lieux à éviter dans nos parcours automobiles afin d'épargner la mécanique, les pneus et la bâche !

Quelques découvertes

Elles ont été suscitées par l'examen attentif des images, qui a orienté notre attention vers des détails topographiques prometteurs. Le site de gravures rupestres d'Afara, par exemple.

Sur la composition colorée en couleurs de l'image Landsat du 16 janvier 1976, un éventail rougeâtre marquait l'épanouissement et les limites d'une zone de végétation ténue en bordure d'un petit massif rocheux dans les grès d'Agadez ; dans le massif lui-même, à la surface patinée et très sombre sur l'image, un mince trait clair marquait la vallée d'Afara (telle que notée sur les cartes), sables alluvionnaires sur fond de roches compactes, présumablement en gorges puisque les grès d'Agadez sont une formation résistante et que la forme apparente de cette ancienne vallée (son étroitesse, sa régularité) semblait impliquer un encaissement. Une vallée étroite dans des roches dures, la présence d'eau marquée par la végétation, nous ont semblé de bons indices pour inférer d'un habitat ou d'une fréquentation à des périodes plus humides qu'aujourd'hui. Nous avons donc exploré la vallée et examiné les rives. Outre un beau peuplement relique d'*Anogeissus leiocarpus* au fond de la vallée, nous avons découvert un spectaculaire site de gravures rupestres, couvrant aussi bien les parois redressées que les surfaces planes des grosses roches bordant les abrupts de rives.

Autre « découverte », celle d'un ancien écoulement d'eau bordé de sites dans le prolongement nord de la « vallée » de Kerbubu. Sur l'image Landsat de janvier 1976 (la plus nette dont nous disposions, parmi quatre dates), de minces traits peu perceptibles semblaient prolonger vers le nord le croissant est-ouest de la vallée de Kerbubu, nettement marqué, lui, par une tache allongée de végétation dense : bien marquée sur l'image et bien marquée dans le paysage. Cette continuité à peine esquissée sur l'image semblait être le prolongement de la vallée, mais dans une direction tout autre que celle connue actuellement : avions-nous là la trace d'une ancienne vallée, d'un ancien écoulement d'eau, insoupçonné puisque complètement disparu, même à l'occasion de fortes crues ?

Le paysage, examiné sur le terrain en 1980, ne nous apprit rien : les linéarités visibles sur l'image n'étaient pas visibles du sol, soit que l'absence de recul nous empêche de les voir, soit qu'elles correspondent à un phénomène (végétation ? différence de couleur de la surface du sol ? microreliefs ?) qui n'existait plus quatre ans après l'enregistrement... Néanmoins, nous avons exploré le tracé de cette « vallée » présumée et nous avons trouvé sur ses bordures des sites archéologiques importants (industrie lithique, céramique, traces d'exploitation du cuivre...).

Ces exemples sont peu spectaculaires, certes, et il est bien certain que les sites eux-mêmes n'étaient pas repérables en tant que tels sur les images Landsat. D'autres opérations, ailleurs en Afrique (au Nord-Cameroun, notamment) nous ont montré que des sites archéologiques de même apparence n'étaient pas formellement distinguables non plus sur des images Spot. En revanche, les très vastes sites d'habitat prolongé, disposés en collines d'extension considérable dans le nord de l'Inde (Rahjastan), dans un milieu semi-aride également, sont très visibles sur les images Spot que nous avons examinées. L'identification des vestiges de la présence humaine ancienne sur images satellitaires a fait l'objet de nombreuses recherches et ces images ont suscité beaucoup d'espoirs. Dans la réalité, leur usage est incertain, et des résultats spectaculaires ont été obtenus, aussi bien que des déceptions. Mais ceci est une autre histoire.

Paris, Orstom

Bibliographie

- AURIAC, F. et R. BRUNET (eds), 1986. *Espace, jeux et enjeux*. Paris, Flammarion.
- BERNUS, E., BERNUS, S., GOULETQUER, P., GREBENART, D., PARIS, F. et Y. PONCET. 1983-1984. *La région d'In Gall - Tegidda-n-Tesemt. Programme archéologique d'urgence, 1977-1981*. Paris-Niamey (Études nigériennes 47 *Atlas*, 48 *Introduction*, 49 *Le néolithique final et les débuts de la métallurgie*, 50 *Les sépultures*).
- GREIGERT, J. 1966. *Description des formations crétacées et tertiaires du bassin des Iullemeden (Afrique occidentale)*. Paris, BRGM, Niamey, direction des Mines et de la Géologie (publication 2).
- GREIGERT, J. et R. POUUNET. 1967. *Carte géologique. République du Niger, 1/2 000 000^e*. Orléans, BRGM.
- JOULIA, J. 1963. *Carte géologique de la bordure sédimentaire de l'Aïr*. Orléans, BRGM.
- MALEY, J. 1981. *Études palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord tropicale de 30 000 ans à l'époque actuelle*. Paris, Orstom (Travaux et documents de l'Orstom 129).
- PONCET, Y. 1983. « Minerais et exploitations métallurgiques : une réflexion géographique », *Métallurgies africaines, nouvelles contributions*. Paris, Société des africanistes (Mémoires de la Société des africanistes) : 199-208.
- 1984. « La télédétection spatiale dans un inventaire à petite échelle », *L'espace géographique* 3 : 173-84, 289.
- 1985. « Télédétection et archéologie à échelle régionale : une opération sur les données Landsat », *Revue d'archéométrie* 9 : 7-18.
- 1986. *Images spatiales et paysages sahéliens*. Paris, Orstom (Travaux et documents 200).

MÉMOIRE D'IMAGE

YVELINE PONCET

Le premier satellite d'observation de la Terre, Landsat 1, a été lancé il y a maintenant vingt ans. Pour les géographes ou les archéologues des programmes scientifiques africanistes, les images produites étaient d'étranges merveilles, restituant en partie des phénomènes déjà connus et localisés, mais aussi dévoilant des objets mal connus, mettant en évidence des limites, des espaces et des relations inattendus... D'abord utilisées de façon empirique et pas à pas, elles furent bientôt exploitées avec les outils sophistiqués de l'informatique et des mathématiques... On retrace ici quelques-unes des expériences qui, dans le cadre du programme archéologique sur la région d'In Gall et Tegidda-n-Tesemt (Niger), nous ont conduits vers la découverte de ces images nouvelles et vers leur exploitation pour l'exploration archéologique au Sahel septentrional.

IMAGE MEMORY

YVELINE PONCET

Landsat I, the first satellite scanning the earth, was launched 20 years ago. For geographers and archeologists involved in African Studies, the images sent back were marvels that partly confirmed what was already known or had already been located. But they also bore information about poorly known places and brought to light the unexpected. Used empirically at first, these images were soon processed by computers. A few examples from the archeological program on the In Gall and Tegidda-n-Tesemt areas of Niger are cited that have contributed to the archeological exploration of the northern Sahel.