

CHAPITRE 12
PAYSAGES ET MODIFICATIONS DE L'ESPACE APPRÉHENDÉS
GRÂCES AUX NOUVELLES
SOURCES D'INFORMATION

Photographies aériennes et données satellitales¹

Le paysage, envisagé dans un sens commun “ partie d'un pays que la nature présente à un observateur ” (Petit Robert, 1976), fait appel à la perception. Or toute perception est prise de conscience d'un objet par un sujet et présente un caractère à la fois d'objectivité (cet objet extérieur à la conscience) et de subjectivité (cette prise de conscience) ” (Rougerie, 1991). Au fil du temps, les divers courants scientifiques qui s'intéressent au paysage effectuent un glissement en direction de faits d'ordre perceptif, ce qui influence les analyses et les méthodes. Dans un premier temps, la démarche cherche à effectuer une analyse purement descriptive de la réalité en réalisant une comptabilité des éléments structurants dudit paysage puis, dans un deuxième temps, l'analyse cherche à déceler les éléments qui étaient retenus dans les représentations mentales des personnes vivant en cet environnement. Les diverses approches de l'espace, du milieu ou du paysage, peuvent faire appel à des démarches intuitives, expérimentales, empiriques, sémiologiques ou encore de modélisation, mais toutes consistent en un décryptage de signes ou d'indices décelables dans l'environnement observé. Dans ces conditions, il apparaît logique que l'homme ait eu envie de voir le paysage du dessus afin d'en saisir les constituants visibles. Ce désir d'avoir une vision aérienne a engendré des vues panoramiques, des vues cavalières, des descriptions à partir d'aérostats, des cartes puis, les progrès techniques aidant, des photographies aériennes, avant d'obtenir les images satellitales. Toutes ces données, souvent associées à des descriptions, permettent d'appréhender les paysages et de suivre leurs transformations. Le XXe siècle permet ainsi de passer d'une vision uniquement qualitative à une vision plus quantitative en utilisant les outils de télédétection comme moyen d'étudier rationnellement les paysages et de mesurer ses évolutions récentes.

I - DU SENS DES MOTS À LA PERCEPTION

1) Le sens des mots

Dire que le mot paysage est un terme polysémique est chose banale. Mais avant d'aborder la lecture actuelle des paysages, il importe de s'interroger sur la réalité complexe que recouvre le mot paysage. Géographes, architectes ethnologues, archéologues, artistes... tous parlent de paysages. Ce terme recouvre-t-il le même sens ? Ce qui rapproche tous ces spécialistes, c'est le rapport entre le paysage et la vue. Des confusions sont aussi fréquentes entre le concept de paysage et celui de nature ou de milieu. “ La nature existe en soi, tandis que le paysage n'existe que par rapport à l'homme, dans la mesure et suivant la manière dont celui-ci le perçoit (cette distinction confirme la prééminence de l'approche sensorielle du paysage), ainsi que comme œuvre portant l'empreinte des sociétés ” (Rougerie, 1991). De même, le paysage n'est pas non plus le milieu qui est un complexe dont l'organisation repose sur des interrelations matérielles et énergétiques, tandis que le paysage est un complexe dont l'organisation repose sur les interrelations de l'homme avec lui (Rougerie, 1991).

2) Une nouvelle dimension pour le paysage

Si de tout temps, l'homme a contemplé, fixé sur des toiles ou sur des pellicules photographiques ou encore enregistré en numérique des portions d'espaces, a-t-il fixé, pour autant du paysage, sur ces divers supports ? Il ne faut pas confondre, dans ce cas, paysage et outils susceptibles d'aider le chercheur dans l'analyse paysagique. Mais géographes et explorateurs ont

¹ par Madame Micheline HOTYAT, Professeur à l'Université de Paris-Sorbonne (Paris IV) et Monsieur Vincent GODARD, Maître de conférences à l'Université de Paris 8

toujours voulu localiser, représenter l'espace dans le plan, ce qui revient à dire que l'on effectue une projection de l'espace en deux dimensions et que cet espace est observé du dessus. Or le paysage est le plus souvent observé d'un point haut, donc de manière latérale, et parfois du dedans, différence de perception qui engendre une manière de voir très spécifique : le paysage est regardé en perspective avec des lignes fuyantes, des plans successifs, des éléments cachés, alors que la carte se veut un espace universel, dont chaque point est lu de la même façon, voire un document objectif.

Mais comment étudier le paysage ? Les nouveaux outils permettent-ils de mieux l'appréhender ? Si, vu du dessus, l'espace n'est pas paysage, n'est-il pas une portion d'espace qui entre dans la composition du paysage ? Frémont (1974) n'écrivait-il pas que “ pour comprendre les paysages d'Écouves, il ne suffit pas d'observer, d'analyser Écouves, mais de considérer tout autant qui voit et qui observe Écouves ”. Dans ces conditions, l'environnement devient paysage, ce qui induit qu'il y a autant de paysages que d'observateurs. Par conséquent, les divers outils qui permettent aux géographes d'analyser l'espace et l'environnement, servent également de base à toute étude paysagique. C'est pourquoi aujourd'hui l'homme peut voir le paysage à travers des “ lunettes ” variées et plus ou moins sophistiquées, comme les documents photographiques, les données numériques ou autres supports.

Le fait que l'homme n'utilise plus uniquement l'œil pour collecter de l'information, observer l'espace, engendre-t-il une disparition du concept de paysage au profit de l'espace et de l'environnement ? ou bien cette vision du dessus et ces données au-delà de la vision humaine n'enrichissent-elles pas la connaissance du paysage dans la mesure où seul, l'œil associé au cerveau humain est capable de décrypter toute cette information sibylline pour un néophyte ? Pour notre propos, le sens adopté pour le mot paysage est tout ce qui est observable par les sens à la surface de la terre et qui résulte de la combinaison entre nature, culture et techniques². Ce qui intègre aussi les informations saisies par des capteurs embarqués à bord des satellites dont le champ d'enregistrement va bien au-delà du visible humain. L'étude des paysages associe étroitement la perception du visible pour l'œil humain et les longueurs d'ondes invisibles, tels les infrarouges proches et moyens ou encore les ondes radars.

3) Paysages en mouvement

Les dynamiques paysagères sont appréhendées sous des formes variées depuis longtemps : récits, écrits de nombreux littérateurs, écrivains, aventuriers ou navigateurs ou encore cartes dressées lors des grandes découvertes, par exemple. Mais ces documents, qui relatent une modification ou fournissent parfois des détails originaux, ne permettent la saisie des transformations spatiales que de manière ponctuelle et qualitative. Cette connaissance partielle évolue dès le milieu du XIXe siècle, avec la photographie qui permet d'analyser l'espace verticalement, horizontalement ou à l'oblique. Les premières photographies aériennes sont prises d'un aérostat par Nadar en 1858, puis durant la campagne d'Italie en 1859 ou encore pendant la guerre de Sécession. Toutefois, des paysages avaient déjà été observés en montgolfière par le marquis d'Arlandes et le physicien Pilâtre de Rozier entre le château de la Muette et la Butte-aux-Cailles en 1783 mais seules, des descriptions manuscrites en avaient été faites. Les premières photographies aériennes militaires françaises sont réalisées et testées dès 1909 au-dessus du camp de Mourmelon, puis utilisées plus systématiquement lors de la Première Guerre mondiale. Dès lors, la photographie aérienne devient un outil qui permet de localiser avec précision les principaux éléments visibles du paysage, nécessaires à la tactique militaire. Progressivement, ces nouveaux documents font l'objet de calculs précis en photogrammétrie, de mise au point méthodologique par leur interprétation et d'emploi systématique dans le civil au

² – J.-R. PITE. *Histoire du paysage français*. Paris : Éditions Tallandier, 1989. Tome 1 et 2, 244 p., 203 p.

lendemain de la Seconde Guerre mondiale. L'Institut Géographique National (IGN) effectue au moins une fois par décennie une couverture aérienne de toute la France, ce qui livre l'ensemble des paysages tous les dix ans environ. La confrontation et la comparaison de ces diverses missions facilitent la saisie des modifications paysagères. Ces documents sont depuis la fin des années 1970, doublés par les données satellitales qui accélèrent les rythmes d'observation de la Terre. L'ensemble de ces informations constitue les outils d'analyse de l'espace de la seconde moitié du XXe siècle et du début XXIe

II- DES PAYSAGES PERÇUS AUX PAYSAGES RÉVÉLÉS

1) Rendre proche ce qui est loin

Bien que les variations d'échelles soient très usitées, la confusion est encore fréquente entre petites et grandes échelles : on qualifie donc de documents à grande échelle ceux qui montrent une petite partie de territoire très agrandie et de documents à petite échelle ceux qui offrent une grande portion de territoire en vue réduite. Tout comme l'échelle de la carte renseigne sur la portion de territoire embrassée, le paysage se perçoit en fonction des verres que l'on chausse. Plus le grossissement est fort, plus la portion de territoire perçue est réduite et inversement. Selon la famille de capteurs, la résolution spatiale est différente, et le choix de la (ou des) donnée(s) satellitale(s) à employer est fonction de la problématique envisagée.

a) Les capteurs à large champ

Hormis les satellites purement météorologiques qualifiés de basse résolution, telle la série des Météosat qui produit les cartes satellitales présentées dans les journaux télévisés, il existe quelques satellites d'observation de la Terre dont les capteurs à large champ permettent d'embrasser de vastes portions de territoire, entre 1 000 et 2 800 km de côté et ce, avec une forte répétitivité, entre 2 et 4 enregistrements par jour de la même portion de territoire. Il s'agit essentiellement des capteurs VHRR puis AVHRR embarqués sur les satellites de la série des NOAA américains (dès 1970), ou plus récemment, en 1998, du capteur Végétation embarqué sur le satellite SPOT 4, pour les plus connus. D'une résolution avoisinant les 1 000 m, la taille de leur tache élémentaire au sol les destine plus particulièrement aux applications agrométéorologiques et à l'observation de l'environnement. Ces capteurs sont qualifiés de capteurs à « moyennes résolutions ».

b) Les capteurs à champ étroit

Dotés d'instruments à plus fort grossissement, les capteurs à haute résolution spatiale, où la tache élémentaire, ou pixel, est comprise entre 10 et 100 m, permettent la détection d'objets plus fins. Les satellites qui les portent sont qualifiés d'observation des ressources terrestres. Il s'agit pour les plus connus des capteurs HRV des SPOT français, depuis 1986, TM et MSS des Landsat américains, depuis 1972. Évidemment, leur répétitivité est moindre : en théorie, une prise de vue tous les 3-4 jours dans le meilleur des cas, une tous les 16 jours, voire plus, dans le cas le plus défavorable. La portion de territoire balayée lors de la révolution est, là aussi, plus faible que pour les précédents capteurs : entre 60 et 180 km.

c) Les capteurs à champ très étroit

C'est le domaine des capteurs à résolution métrique. La tache élémentaire est inférieure au décimètre et les instruments sont dits à « très haute résolution spatiale ». Réservés il y a encore quelques années à des applications liées à la défense, il existe maintenant de nouveaux satellites accessibles aux civils. La résolution de leurs capteurs les rapproche de celle des photographies aériennes, qui est de l'ordre du décimètre. Bien sûr, la fauchée des prises de vue est faible, entre 6 et 80 km, mais la répétitivité s'est améliorée grâce à l'orientation des objectifs ou/et à des changements d'orbites, souvent de 1 à 5 jours entre deux prises de vue. Les missions les plus connues sont IRS pour l'Inde, depuis 1995, ou IKONOS pour les États-Unis, depuis 1999.

2) Rendre perceptible ce qui est invisible

La résolution spatiale n'est pas la seule caractéristique des données fournies par les satellites. Les capteurs embarqués à bord des satellites présentent d'autres particularités, au moins aussi importantes, comme leur domaine spectral.

a) Le domaine du visible

Le premier des capteurs que l'homme mit au point fut à l'image de son œil. Il n'était sensible qu'aux longueurs d'onde du visible, à savoir : entre l'ultraviolet et l'infrarouge (400 à 700 nm). Les premiers paysages sont enregistrés au milieu du XIXe siècle, avec la première prise de vue, par Nadar, au-dessus de Paris. C'est ainsi que commence l'archivage des paysages de la planète. Aux prises de vue, obliques ou panoramiques, succèdent la photographie verticale qui rejoint la vision du dessus du cartographe et qui permet de satisfaire aux exigences de la photogrammétrie.

Il faudra de nombreuses années, pour qu'en tout point du globe, un enregistrement existe. Bien qu'Arago, en 1840, à la Chambre des Députés, à la suite des travaux de Niepce, ait préconisé l'utilisation de la photographie aérienne pour l'établissement des cartes topographiques, il faut attendre le milieu du XXe siècle pour que la couverture complète de la France soit réalisée. Il existe donc, pour la France tout du moins, des archives photographiques exhaustives sur une cinquantaine d'années. Actuellement, en tout point du territoire national, les missions aériennes se succèdent avec une fréquence d'au moins dix ans, sauf si l'évolution de l'occupation du sol le justifie, la fréquence peut devenir annuelle, voire mensuelle. Depuis 1972, date du lancement du premier satellite civil d'observation de la Terre, ERTS1 devenu LANDSAT 1, des capteurs sont en permanence pointés vers la Terre et enregistrent, en continu pour certains, à la demande pour d'autres, les paysages de la planète.

L'utilisation de la couleur, plus récente, est plus complexe à mettre en œuvre. Il faut attendre 1937 pour voir les premières applications militaires et les années 1960 pour obtenir son développement dans le civil. La couleur offre toute une gamme de nuances, 20 000 contre 200 niveaux de gris pour le panchromatique³, très utile pour analyser les paysages tout en nuances et en mosaïques comme ceux des montagnes méditerranéennes. Mais, son coût élevé fait que la couverture en couleurs est moins fréquente et beaucoup moins complète que celle en noir et blanc.

b) Le domaine de l'invisible

Que ce soit pour percer une atmosphère légèrement brumeuse grâce aux radars ou faire le distinguo entre un camouflage marron/vert et une végétation vivante à l'aide de l'infrarouge, l'homme a inventé des capteurs susceptibles de révéler ce que l'œil ne peut pas percevoir. Ainsi, l'invention de l'émulsion sensible à des rayonnements supérieurs au rouge en 1931 aux États-Unis, ou proche infrarouge (700 à 900 nm), a permis après la Seconde Guerre mondiale de déceler si des végétaux étaient bien enracinés dans le lieu observé ou simplement coupés et déposés sur le sol. De même, l'invention de capteurs non photographiques comme le radar dans les années 1920⁴ a permis de révéler à l'œil humain des portions de paysages cachés lorsqu'ils étaient survolés : que ce soit à cause de couvertures nuageuses quasi permanentes comme sous les tropiques humides ou que ce soit par dissimulation du sol par une couverture végétale. Il faut, là aussi, attendre les années cinquante pour voir les applications se développer.

C'est pendant la Seconde Guerre mondiale que l'infrarouge couleur est expérimenté. Les applications civiles, là encore, suivent de peu car, dans les années cinquante, on assiste aux premières études fines de la végétation avec ce type d'émulsion. La réflectance des feuilles dans le proche infrarouge dépend du nombre d'assises cellulaires, de la dimension des cellules et de l'épaisseur du parenchyme lacuneux. Cette sensibilité permet l'identification de certaines espèces,

³ — R. BARIOU. *Manuel de télédétection*. Paris : SODIPE, 1978. 349 p.

⁴ — Collectif. *L'interprétation des photographies aériennes*. Saint-Mandé : IGN, Cours de l'ENSG, 1987. 136 p.

mais aussi d'étudier les problèmes phytosanitaires, le repérage de plantes présentant un stress hydrique qui engendre le plus souvent l'installation de micro-champignons, voire d'insectes ravageurs. Une déshydratation foliaire est facilement repérable sur une combinaison colorée où les pigments jaunes de l'émulsion sont sensibles au rayonnement vert, ceux du magenta au rayonnement rouge et ceux du cyan au rayonnement du proche infrarouge. Cette nouvelle image aux couleurs décalées par rapport à la perception humaine présente une végétation saine en rouge, une végétation sénescence ou moribonde en bleu, avec tous les dégradés intermédiaires. Ainsi, ces propriétés optiques des feuilles à l'infrarouge permettent de déceler : la structure anatomique des feuilles, donc l'identification de bon nombre d'essences, l'âge des feuilles en fonction des phénophases, la teneur en eau et/ou déficiences minérales ou encore les attaques parasitaires. Pour les forêts, il ne faut pas négliger les propriétés optiques des écorces, des branches et éventuellement des cônes. Cela facilite la discrimination entre forêts feuillues et forêts résineuses. Les variations de réflectance liées à l'irrégularité de la canopée dévoilent les nuances de structures du couvert forestier et définissent le degré d'homogénéité ou d'hétérogénéité des formations végétales.

Quant aux paysages révélés, les résultats les plus spectaculaires et les plus connus sont probablement ceux apportés par les photographies aériennes lors de prospection archéologique. Mais les campagnes de prises de vue doivent être faites en fonction de périodes propices à la reconnaissance d'indices archéologiques. Or ces conditions météorologiques particulières ne se rencontrent pas à tous moments de l'année, ni même de la journée : taches de rosée ou de gelée blanche, anomalies de croissance ou de maturation des céréales, couleurs différenciées de terres fraîchement labourées ou micro-reliefs dévoilés au soleil couchant etc.⁵ qui démasquent parfois des structures enfouies, comme les anciennes villas gallo-romaines inventoriées dans la Somme au cours de la sécheresse de 1976. De plus, ces indices apparus au cours d'une saison sèche ou humide peuvent demeurer cachés pendant plusieurs années avant d'apparaître lorsque les conditions du milieu sont de nouveau favorables. De même, une forme originale révélée par temps sec peut disparaître dès la première pluie.

Toutefois, l'intérêt de cette vision du dessus est d'avoir du recul par rapport aux objets isolés observés au sol qui, vus du dessus, peuvent être reliés les uns aux autres et constituer alors un ensemble cohérent. De plus, cette prospection aérienne gomme les clôtures, n'abîme pas les cultures et facilite l'exploration de grandes surfaces en peu de temps. Cette détection est aussi facilitée par des émulsions de type proche infrarouge, comme pour repérer des axes qui sous tendent le paysage, des anciens limes de l'arpentages⁶ ou encore des fossés aux couleurs plus foncées car souvent comblés par des matériaux fins capables de retenir l'humidité plus longtemps que les champs environnants. Il faut préciser que la découverte des sites archéologiques par voie aérienne n'est pas exhaustive, car les aléas des conditions climatiques et les changements d'occupation du sol peuvent les dissimuler durant de nombreuses années.

De nombreux autres domaines spectraux sont maintenant disponibles pour accroître notre connaissance des paysages et de leur évolution : comme l'infrarouge thermique utilisé dans la détection de la pollution atmosphérique ou encore le radar aéroporté qui intéresse de plus en plus en raison de son indépendance vis-à-vis des conditions climatiques et d'illumination, mais également de sa possibilité de renseigner sur le sous-sol proche au travers de la couverture végétale. Toutes ces propriétés facilitent la reconnaissance de structures naturelles et anthropisées. Le radar est donc un outil fort utile pour les inventaires et les travaux d'aménagement. Développement d'autant plus important que ses données livrent des informations sur les conditions du milieu et plus particulièrement sur l'humidité, la texture et la structure des sols, du fait de la forte sensibilité de ces ondes à la teneur en eau des objets et à la configuration géométrique des constituants du paysage. L'ensemble de ces propriétés peut faciliter la révélation de paléopaysages comme des

⁵ – R. AGACHE. “ Palimpseste ”. In *Cartes et figures de la Terre*. Paris : Centre Georges Pompidou éd., 1980. p. 282.

⁶ – P. AUMASSON. “ Aménagement de l'espace rural du Pagus aleti ”. *Les dossiers du Centre régional archéologique d'Alet*, 1976, n° 4, pp. 127-134.

paléochenaux ignorés jusqu'à ce jour et simplement décelés par une différence de granulométrie et d'humidité des sols liées à la présence d'argiles accumulées dans ces anciens chenaux.

Embarqués depuis le début des années quatre-vingts sur des satellites d'observation de la Terre, ces instruments, que ce soit dans le domaine des ondes passives, capteurs optiques, ou actives, capteurs radar, offrent maintenant un recul de vingt ans qui facilite le suivi des dynamiques. Ces informations issues de ces capteurs constituent actuellement l'archivage des paysages de la planète qui, après analyse comparative, permettent d'effectuer des typologies et de définir des dynamiques.

3) Sont-ce encore des paysages ?

Au moins deux questions viennent à l'esprit une fois abordée la relation paysage/capteur : existe-t-il une échelle optimale pour appréhender les paysages ? L'invisible fait-il partie du paysage ?

a) Quel est le temps du géographe ?

Si les dynamiques très longues, de l'ordre du siècle, sont inaccessibles pour les archives télédéteectées, en revanche, celles des cinq dernières décennies sont accessibles pour des pays comme la France, avec des capteurs à moyenne résolution à l'instar des photographies aériennes. Le territoire national est couvert par plusieurs missions de l'IGN à des échelles variant du 1/20 000 à 1/30 000. Ce pas de temps correspond aux évolutions de l'occupation du sol : lotissement, remembrement, changement d'affectation...

Pour ce qui est des dynamiques courtes, celles allant de la semaine aux mois, suivi des cultures ou de n'importe quelle phénophase, seuls les capteurs de télédétections spatiales ont la répétitivité nécessaire pour constituer un archivage acceptable, préalable indispensable au suivi des transformations rapides. Les dynamiques du “ risque ”, à cycles ultra courts, suivies de la progression de ravageurs comme les criquets ou d'incendies de forêts, relèvent soit de missions aériennes commandées par l'événement, si l'emprise au sol reste modeste, soit des capteurs à large champ embarqués sur les satellites en raison de leur forte répétabilité. Cependant, leur faible résolution au sol en limite l'emploi.

b) Quel est le champ du géographe ?

Comme nous l'avons vu précédemment, toutes les résolutions n'autorisent pas l'étude de l'évolution des paysages. Les capteurs à large champ qui enregistrent de larges portions de continents sont à trop petite échelle pour appréhender les dynamiques fines ou complexes. Les capteurs à champ très étroit ont, sous certaines conditions, une résolution adaptée à l'objectif, mais souffrent de trois défauts majeurs. Le premier, en voie d'atténuation, est de ne pas avoir le recul temporel nécessaire pour percevoir les dynamiques longues : le plus ancien n'a pas cinq ans d'existence (*cf. supra*). Le second est de disposer, pour couvrir des espaces de l'ordre de la centaine de kilomètres, d'un nombre important d'enregistrements dont les traitements sont lourds et coûteux (mosaïquage, égalisation des réflectances, ...). Le troisième, et non des moindres, est l'excès de grossissement (!). En terme d'échelle, plus on obtient des résolutions fines, plus le détail révélé est déconnecté du paysage. Il reste donc presque par défaut les satellites à champ étroit. Ceux-ci ont en effet l'ancienneté, si trente ans est un pas de temps acceptable, la résolution et parfois la répétitivité.

Précisons, toutefois, que certaines régions du globe sont totalement ou partiellement inaccessibles : en raison de leur couverture nuageuse quasi permanente, cas des satellites optiques qui sont “ aveugles ”, ou en raison de leur position aux très hautes latitudes, la plupart des satellites profitent de leur passage au-dessus des pôles pour effectuer la “ recette en vol ”.

c) L'invisible fait-il partie du paysage ?

Doit-on considérer comme ne faisant partie du paysage que les éléments directement accessibles à l'œil humain sans artifices, ou bien, peut-on considérer que les aides que sont le radar, l'infrarouge, les rayons X, ... révèlent également une part masquée de celui-ci ? Dans la mesure où nous cherchons les modifications de l'espace, et que celles-ci se manifestent aussi bien de façon perceptible qu'imperceptible, toutes les approches sont à considérer. Le simple fait de recombinaison des canaux entre eux, d'en sélectionner certains et d'en rejeter d'autres pour constituer de nouveaux documents d'analyse et faire ressortir les objets d'étude, éloigne déjà du seul pouvoir séparateur de l'œil. S'il est possible, avant le dépérissement complet de l'arbre, de repérer les premières atteintes d'un champignon pathogène, types *Fomes anosum* pour l'épicéa, pourquoi attendre que le peuplement soit ravagé et que l'évolution soit perceptible à l'œil nu ? Le paysage est un tout, pour lequel seule une infime partie nous est directement révélée. À nous de faire jouer le panel des outils disponibles pour amplifier l'analyse.

Reste le problème de l'échelle d'analyse. Le géographe est familier de certaines échelles. Trop grandes, il se perd dans les détails. Trop petites, il survole son propos. Sur tous les programmes d'analyse de l'occupation des sols, il existe une entité minimale en deçà de laquelle, les objets ne sont plus différenciés. Celle-ci est fonction de l'échelle d'analyse.

Pour le programme *Corine Land Cover*, il s'agissait en 1993 d'effectuer un suivi décennal de l'environnement sur les douze pays de la CEE. Cela représentait 2,3 milliards de km² à inventorier sur des images satellites à l'échelle du 1/100 000, soit 1 500 tirages. L'entité minimale inventoriée est d'au moins 25 hectares (500 m x 500 m)⁷. Cependant, les concepteurs du programme ont prévu, ponctuellement, une échelle d'analyse plus fine qui permet de " zoomer " dans le paysage au gré de l'intérêt environnemental des sites. L'accroissement de l'échelle est pertinent jusqu'à un certain point et pour certains thèmes. Au-delà, le capteur devient trop grossier, les pixels (les plus petits éléments de l'image), qui sont la résultante d'intégration thématique multiple, deviennent incompatibles avec une photo-interprétation efficace.

Marc Robin⁸, dans une étude sur les processus d'urbanisation visant à évaluer l'apport de l'imagerie satellitaire à l'échelle des parcelles urbaines (1/5 000 à 1/10 000), en donne un exemple pertinent. Un capteur comme le HRV de SPOT, en mode multispectral, ne permet guère des agrandissements supérieurs au 1/25 000. De surcroît, ces pixels sont le siège d'affectation mixte sur cette thématique très complexe. Il faut, dès lors, changer de capteur pour rentrer plus avant dans le paysage, au risque de se couper de sa globalité.

III — VERS UNE APPROCHE QUANTIFIÉE DE LA DYNAMIQUE DES PAYSAGES

1) La statistique comparative est-elle dynamique ?

a) Une connaissance lacunaire dans le temps

Les inventaires qui font référence en France sont de type discontinu, mais doivent permettre d'évaluer la dynamique de l'occupation des sols. Sous le paradoxe perce l'efficacité. En effet, que l'on fasse référence à l'enquête Terruti⁹ du Service central des Enquêtes et Études statistiques (SCEES) ou à celle de l'Inventaire forestier national¹⁰ (IFN) du Ministère de l'Agriculture, le

⁷ — Collectif. *Corine Land Cover*. Guide technique. Office des publications officielles des Communautés européennes, Série environnement, Sécurité nucléaire et protection civile, 1983. 144 p.

⁸ — M. ROBIN. *La télédétection*. Paris : Nathan, Coll. Fac, Série Géographie, 1995. p. 100.

⁹ — P. FOURNIER. *Étude sur l'utilisation du territoire. Méthodologie. Résultats 1969—1970—1971*. Paris : Ministère de l'Agriculture, Statistique agricole, supplément à la Série études, n° 104, 1972, 112 p.

¹⁰ — IFN. *But et méthode de l'inventaire forestier national*. Paris : Ministère de l'Agriculture, Service des forêts, 1985. 67 p.

principe est de passer à date régulière au-dessus du même point pour évaluer les changements d'état de surface. Cependant, la ressemblance s'arrête là.

Dans le cas de Terruti, il ne s'agit pas d'avoir une connaissance exhaustive de l'ensemble du territoire, mais d'évaluer statistiquement, à l'aide de points échantillon représentatifs, les changements d'une année sur l'autre. Un certain nombre de photographies aériennes sont tirées aléatoirement par département. Sur ces photos, une grille de points est implantée, puis ces points sont renseignés sur le terrain. Tous les ans, les mêmes points sont enquêtés pour évaluer les changements d'affectation. Entre les points, aucune " connaissance " du territoire. Pourtant, les statistiques d'occupation du sol sont représentatives et leur précision est connue, mais elles ne sont pas " spacialisables ".

Le cas de l'IFN est différent car cette fois-ci : les prises de vue sont espacées d'une dizaine d'années, écart entre deux cycles d'inventaire, et elles sont photo-interprétées. Sur cette photo-interprétation, un semis de points est implanté pour relever, sur le terrain, des paramètres dendrométriques. Le réseau des placettes d'enquêtes n'était pas à l'origine permanent. Il s'agit, dans ces deux cas, à l'aide de données discontinues d'appréhender la dynamique de l'évolution des paysages. Dans le cas de Terruti, avec une prise de vue tous les ans, qui sert essentiellement à localiser les points d'enquêtes, même s'il y a plusieurs cultures sur la même parcelle, le suivi est possible. En revanche, qu'en est-il avec l'IFN ? Il est possible de mettre en place une stratégie comparative de date à date, mais la carence temporelle permet-elle d'imaginer les scénarios de l'inter date ? Il n'y a peut-être pas d'évolution régressive, entre deux prises de vue, sur la forêt, mais qu'en est-il des autres postes d'occupation du sol ? La réponse est au cas par cas.

b) De la donnée numérique en continu

Les nouveaux capteurs embarqués sur les satellites, permettent-ils de combler l'intervalle de temps entre deux missions aériennes ? Peut-on réellement parler de données en continu ? Cela a-t-il un sens, une utilité ?

En théorie, ces nouveaux outils permettent de combler ces lacunes temporelles. Ils devraient donc permettre une dynamique comparative continue mais, dans la pratique, c'est la thématique qui prime. La plupart des suivis d'occupation du sol sont d'abord intéressés par les possibilités qu'offrent les données sous forme numérique avant celles offertes par la haute répétitivité théorique des enregistrements satellitaires. Il convient déjà de prendre conscience de la lourdeur des traitements, lorsque les enregistrements sont continus ou quasi continus (une à deux images par jour sur plusieurs mois !). De plus, la contrainte financière est telle que peu de programmes d'études peuvent la supporter.

Les données numérisées permettent de passer d'une approche exclusivement qualitative à une analyse mixte, où la démarche quantitative fournit non seulement des estimations de superficies sur les différents thèmes d'occupation du sol, mais donne surtout le degré de précision de ces estimations¹¹. Ces documents numérisés peuvent être aussi bien de la donnée satellitale que des photographies aériennes scannées.

Pour le suivi de certains problèmes environnementaux, que ce soit des épisodes de pollution ou des incendies de forêts liés ou non à des déboisements, comme l'Indonésie ou le Brésil en ont connu ou en connaissent, l'accès en continu à des enregistrements permet de suivre en direct le phénomène. C'est également le cas lorsque l'on traque des ravageurs comme les crickets, où il s'agit non pas de repérer les insectes en tant que tels, mais plutôt les lieux où les conditions favorisent leur développement. La haute répétitivité des enregistrements, nécessaire au suivi de ces problèmes, requiert en général des capteurs à large champ.

¹¹ - V. GODARD. " Évaluation des surfaces naturelles par télédétection et enquête de terrain en Mauritanie ". *STATECO*, 1992, n° 71, pp. 27-58.

c) Vers la modélisation et la simulation

Toutes ces informations touchent au présent, les procédures de modélisation et de simulation permettent de se projeter dans le futur.

“ La modélisation permet de passer d'un monde réel à un monde théorique plus facilement manipulable et que l'on peut faire évoluer en fonction d'hypothèses définies à partir de l'analyse des données acquises de sources diverses ”¹². Mais cette modélisation est fonction des objectifs de recherche en utilisant des paramètres sélectionnés pour une action spécifique. Pour appréhender l'espace et ses problèmes environnementaux, de nombreux modèles peuvent être envisagés : modèles de transformations de couverts végétaux, de risques d'érosion, de variations climatiques à plus ou moins long terme. De telles méthodes obligent à la constitution d'un Système d'Information qui nécessite l'intégration de données multisources et la création d'une interface donnée du milieu, variables anthropiques, ce qui permet de rejoindre le concept de paysage.

“ L'amélioration des performances des moyens informatiques permet également d'élaborer des simulations directement à partir de données satellitales ou aéroportées ”...“ De nouveaux logiciels interactifs permettent également de réaliser des mouvements en temps réel, et non plus en fonction d'une trajectoire précalculée ”¹³. Il devient possible d'évoluer dans un espace tridimensionnel à partir d'images brutes ou ayant subi divers traitements (classifications, filtres, masques...). À ce stade, nous retrouvons le paysage évoqué dès le début, puisque le déplacement dans la simulation en trois dimensions s'effectue latéralement dans l'image. Donc la perception redevient celle du promeneur qui balaie du regard le paysage d'un point haut ou, plus précisément, qui se faufile à travers le paysage à très basse altitude. De plus, le chercheur a la possibilité de modifier tel ou tel élément afin d'appréhender visuellement les effets de ces éventuelles modifications. A l'aube du XXIe siècle, l'homme possède toute une panoplie de méthodes, de techniques et d'outils susceptibles de l'aider à mieux connaître l'espace, le comprendre et le gérer, à condition de ne pas être aliéné à la machine.

Les documents photographiques et satellitales fournissent des informations quantitatives sur le paysage, des documents cartographiques souvent de nature probabiliste avec une approche méthodologique logique réitérable dans le temps et dans l'espace. Mais ces nouvelles données, qui sont de précieux auxiliaires pour une étude paysagère, visent à saisir le paysage comme un système complexe, hétérogène, fonctionnel, fait de formes et de structures, sous-tendu par un fonctionnement et doté d'une épaisseur historique décelable. Toutefois, ces informations ne constituent pas totalement le paysage même si elles donnent une vision externe, globale, mais en aucun cas, ne livrent les clés de compréhension du coeur du paysage car il est absolument indispensable de pénétrer dans le paysage pour le comprendre dans son fonctionnement intime.

L'intérêt majeur de ces outils se situe dans l'appréhension de la transformation des paysages à plusieurs pas de temps : depuis le suivi dans la ' durée moyenne, quelques décennies, jusqu'au repérage des phénophases saisonnières et les modifications spatiales à différentes échelles depuis les larges étendues jusqu'aux espaces de quelques pixels. De plus, cet outil intègre autant les informations sur les milieux que sur la répartition des objets, fournit autant des informations sur le fonctionnement de la biosphère et de l'hydrosphère que sur l'état sanitaire des végétaux ou la pollution atmosphérique. Les valeurs radiométriques des données satellitales permettent de cerner à la fois le structural et le structurel d'un paysage, d'en fournir une vision dynamique et une définition élargie. Il n'y a pas seulement le paysage perçu par l'œil humain, mais autant de nouvelles facettes paysagères que les nouveaux outils peuvent en révéler et que les combinaisons d'informations et les traitements informatiques multiples peuvent en dévoiler.

¹² – F. LIÈGE. *Gestion de l'espace par analyse multisources de l'information géographique*. Université de Paris IV-Sorbonne, Thèse, 1997. Tome 1, 377 p.

¹³ – Idem.