SANS CARTE, PAS D'ANALYSE DE PAYSAGE

En Iran et en Afghanistan, comprendre l'organisation agricole des réseaux de *qanat* et de *karez*, conduites d'eau souterraines dans les steppes et déserts

par Pierre Gentelle,
géographe, directeur de recherche émérite, CNRS

Maison de l'archéologie et de l'ethnologie, CNRS - Université Paris X
21, allée de l'Université, F-92023, Nanterre Cedex

Courriel : p.gentelle@wanadoo.fr

*Les conduites souterraines appelées **qanat** en Iran et **karez** en Afghanistan sont bien connues des spécialistes de ces régions. Leurs techniques de mise en œuvre, simples et ingénieuses, quoique dangereuses à réaliser avec des outils primitifs, concernent l'organisation sociale à tous les niveaux : elles ont permis l'utilisation de terres arables au pied des montagnes désertiques, là où ne coule pas d'eau en surface, menant au jour une partie de l'eau contenue dans les inféroflux et la rendant ainsi disponible pour les populations qui organisent alors à la surface du sol des réseaux complexes d'irrigation par rigoles partagées entre quartiers, villages, grandes propriétés selon l'état de la société. Elles font partie du droit des gens dès les origines. Dans l'Antiquité, elles ont été connues au Moyen-Orient et en Arabie. Les plus anciennes sont datées du troisième millénaire avant notre ère. Elles ont été diffusées au Moyen Âge dans toutes les terres de l'Islam. Aux temps modernes, elles ont été introduites par les Espagnols en Amérique latine et l'on connaît au XVIIIe siècle une dernière extension dans le Turkestan chinois. L'article résume plusieurs campagnes de terrain menées par l'auteur, dans les premières années après la réforme agraire de 1962 (« révolution blanche ») en Iran et juste avant, hasard historique, le développement rapide des pompes à moteur, qui devait produire partout un abaissement des nappes phréatiques tel qu'il a fini, malgré des recreusements coûteux, par assécher **qanat** et **karez**, rendant cette technique millénaire obsolète, même si elle subsiste ici et là. En Afghanistan, à la même époque, l'usage traditionnel était, pour l'essentiel, inchangé. Il l'est resté jusqu'à nos jours dans de nombreuses parties du territoire. Un usage ancien non agricole a été réactivé lors de la guerre soviétique (1979 - 1989), puis de la « guerre américaine » (2002 - ?) : les karez servent de cache et de protection pour les villageois lors des bombardements ou des passages de patrouilles militaires.*

L'étude que je présente ici provient de notes de terrain prises entre 1966 et 1972 et non publiées, ainsi que de documents accumulés, cartographiques en particulier. L'ensemble est évidemment hétéroclite et dépassé. Il veut simplement témoigner d'un cheminement et d'une époque. Il faisait partie d'un projet de thèse d'État en géographie qui n'a pas abouti, pour cause de mai 1968. Ces notes poussiéreuses ont été mises, pour l'occasion présente, en relation avec les moyens dont un chercheur isolé disposait pour se reconnaître en terrain inconnu, qui ne l'était évidemment pas pour ceux qui travaillaient sur place et y vivaient. C'est d'ailleurs à eux que l'essentiel du matériel appartient, et c'est eux qu'il faut remercier. Les images de satellite, aussi invraisemblable que cela paraisse aujourd'hui, n'existaient tout simplement pas. Étonnement immense, le GPS non plus. Comment a-t-on pu vivre sans lui si longtemps, voire sans théodolite à laser, sans ordinateur portable sur le terrain pour enregistrer les données et les recracher dans l'instant en croquis cartographiques et autres, sans tout l'attirail merveilleux de notre monde actuel ? Cela paraît parfois un vrai mystère en 2009.

Pour celui qui partait en terrain inconnu, comme l'ont fait bon nombre de géomètres, ingénieurs cartographes et autres, il fallait s'en remettre à la carte,

base incontournable à moins de tracer soi-même des itinéraires comme le firent au début du 20e siècle encore quelques voyageurs intrépides (Gabriel 1952), à la boussole, au bon sens, au croquis sur place, à la photographie au sol (les photos d'avion de ligne étaient souvent interdites et les prix d'une journée d'hélicoptère prohibitifs) et, quand on avait le droit d'en disposer en pays étranger, ce qui était rare, à la photographie aérienne. Cette période de l'antiquité où même *Google Earth* n'existait pas est heureusement révolue. C'est certainement ce qui permet de trouver du plaisir à secouer la poussière des archives.

De nombreuses publications avaient été utilisées en même temps que le terrain était parcouru. La *Land Rover* permettait de s'affranchir du cheval et du chameau, gain de temps et confort considérables. Tous les documents d'époque sont devenus au fil du temps de plus en plus obsolètes. Les ouvrages d'ensemble étaient peu nombreux. On ne citera ici que ceux dont on s'est servi, manière de leur rendre hommage, et qui demeurent les plus actuels, que les chercheurs nouveaux pourraient avoir avantage à étudier (Goblot 1973 ; Humlum 1959).

La recherche entreprise avait pour but de mieux comprendre l'état présent (à l'époque) de l'irrigation par *qanat*, si caractéristique des déserts de l'Iran depuis plusieurs millénaires. Depuis plus d'un siècle, les voyageurs, géographes compris, ont décrit avec admiration la manière particulière dont les Persans savaient faire venir au jour, avec des moyens limités, l'eau contenue dans les nappes phréatiques au pied des hautes montagnes du pays (3 000 à 4 000 m). La bibliographie n'est pas mince, qui traite de l'origine, du fonctionnement, de la diffusion de cette technique. Le Ministère iranien des eaux estimait en 1967 à 22 000 le nombre des *qanat* en usage, sur une trentaine de mille repérables par avion. Il avançait même le chiffre de 126 000 km comme longueur cumulée de ces ouvrages, leur débit total à 480 m3/s, la surface qu'ils irriguaient à 1, 2 million d'hectares (*Bongar-e-Abiari*, Statistiques, 1967), soit 60 % du sol cultivé. On parvenait ainsi à une moyenne de 4,2 km par *qanat* et à un débit estimé à 16 litres par seconde. Les puits à partir desquels on creuse la conduite subhorizontale en profondeur (pente de 0,2 à 0,5 %) sont espacés de 20 à 200 m. Le plus profond est appelé *madar chah*, le « puits-mère ». Le plus profond d'entre eux, dit-on, atteindrait l'eau à 400 m de profondeur. Le *qanat* le plus long, mesurable sur une carte, s'étend sur 70 km. La grande majorité d'entre eux se trouvait sur le pourtour du grand désert qui constitue la cuvette centrale de l'Iran, ou même au pied des chaînes qui parcourent ce désert. Partout se trouvaient et se trouvent des piémonts et des vallées sèches entre les *kevir*, vastes dépressions argileuses et salines recueillant au point le plus bas l'eau des pluies et de la fonte des neiges des montagnes, il y a possibilité de creuser des *qanat*. Le principe en est connu au point d'être rabâché (voir bibliographie).

L'intelligence dont fait preuve la mise en œuvre combinée de la gravité, du nivellement, de l'orientation et de l'angulation de micro-tunnels sans visibilité, sans parler de l'estimation de l'existence d'un inféroflux (méthodes « magiques » du sourcier), est remarquable. Dans un milieu naturel totalement dénudé, où l'eau ne coule pas en surface, où manque l'acacia dont les longues racines s'installent dans des alluvions humides et signale des sous-écoulements, trouver de l'eau en amont de terres cultivables est un exploit. User d'une technique de creusement de puits réunis par un tunnel représente une débauche de travail, pas n'importe lequel. On y emploie des familles de puisatiers spécialisés, les *moqanni*, dont l'expérience se transmet de génération en génération. Le coût est si élevé que seuls de grands propriétaires, absentéistes ou non, peuvent y consacrer des sommes importantes, ou bien des associations de propriétaires, ou bien encore des communautés villageoises. Cette solution de recherche puis d'usage d'une ressource invisible est élégante : elle fournit une eau relativement abondante pendant la période la plus sèche de l'année. Elle a seulement un aspect négatif : elle ne permet pas de stocker l'eau pour la réserver aux périodes végétatives chaudes : l'eau d'un *qanat* coule toute l'année. Ce « défaut » implique donc, pour éviter des pertes excessives en l'absence d'une retenue possible, volant de sécurité, l'essai d'obtention de plusieurs récoltes sur les parcelles les mieux adaptées. En général, en raison du climat, ce n'est guère possible.

1 Les documents cartographiques disponibles pour un chercheur isolé

1.1 Le « vieux » Quarter Inch (fig. 1)

Il s'agissait d'un exemplaire de carte concernant Téhéran et ses environs, pour faire connaissance avec un espace situé entre les 35e et 36e parallèles et les longitudes 51° à 52°. Édition de juin 1940, 1 inch to 4 miles, soit 1 : 253 400, courbes de niveau approximatives tous les 250 feet, deux couleurs (marron pour les reliefs, noir pour le reste).

1.2 La USAF Aeronautical Approach Chart (fig. 12)

Projection Lambert conique conforme, 1 : 250 000, feuille Qum (428 B IV). Latitudes 34° à

35°, longitudes 49°30' à 51°15'. Exemplaire daté de janvier 1952.

1.3 Le brouillon ozalid de la carte au 1 : 100 000 de Téhéran (fig. 3)

Feuille n° 139 D/NE, rédigée en décembre 1942, distances en km, courbes de niveau en feet (100 feet d'intervalle), 51° à 52° en longitude, 35°30 à 36° en latitude. Imprimée en 1943 par la Indian Field Survey Company, « official use only », cette carte donne la toponymie, quelques altitudes (en feet), les postes, caravansérails, haltes, campements, puits, villages désertés, mines, sources, tombes, mosquées, tours de guet, arbres, fermes fortifiées, jardins et vergers enclos et, évidemment, les *qanat*.

1.4 Le brouillon incomplet de la carte en persan de Karaj, à l'ouest de Téhéran (fig. 4)

Feuille manuscrite non référencée en latitude et longitude, approximativement au 1 : 100 000, de 1944. Elle ne comporte que les voies de communication essentielles, les principaux chemins ruraux, les lieux habités (rectangles) avec un peu de toponymie et surtout les *qanat*, dont le puits mère est souvent numéroté. Les dépressions argileuses inondables, *kevir*, sont délimitées.

1.5 La feuille de Zanjân de la Geologoical Quadrangle Map of Irân, n° D4, (fig. 5)

Cette carte de la région située à l'ouest-nord-ouest de Téhéran a été éditée par la *Cartographic Section of Geological Survey of Irân*, au 1 : 250 000, altitudes en mètres. Financée par les Nations unies et publiée en 1969, elle a été levée par une dizaine de géologues et éditée par J. Stöcklin et J. Eftekharnezhâd. Elle couvre l'espace compris entre les longitudes 48° et 49°30 et les latitudes 36° et 37°. Elle comporte une coupe synthétique au bas de la feuille.

2 Schémas interprétatifs de l'organisation du territoire à partir des cartes ou aérophotos

La quête d'informations concernant l'extension des *qanat* rendait nécessaire la mesure, au moins rapide, des localisations. C'est ainsi que furent entreprises de longues heures d'examen de photographies aériennes, de manière à, éventuellement, pouvoir un jour, constituer des types de proximité dans l'usage du sol et procéder à des sondages aléatoires dans les différentes classes et sous-classes reconnues. C'est au cours de ce travail qu'on été effectués les choix d'information relevés dans le corpus des photographies aériennes.

2.1 La mosaïque d'images aériennes des environs de Ravar

2.1.1 La situation de Ravar, dans la province de Kerman, par 31° 16' 20" N et 56° 48' 53" E, au milieu d'aplanissements, de montagnes faillées à rejeu récent, parmi lesquelles les cours des torrents à sec sont peu évidents, fait apparaître une série de gradins en direction de l'est, aboutissant au nord de la cuvette du Lut (fig. 6)

2.1.2 Un premier changement d'échelle permet d'en savoir plus sur l'origine des *qanat* qui servent à l'irrigation de l'oasis (fig.7). L'abondance de l'eau provient, à l'évidence, des hauts sommets qui se trouvent à l'ouest (de 2 800 à plus de 3 000 m) et du réseau assez complexe de cours d'eau temporaires qui se réunissent dans l'oasis, le principal étant issu des sommets les plus élevés, à 3 400 m. Vers l'est, la rapidité de la pente empêche qu'une quantité d'eau suffisante parvienne jusqu'aux trois cônes qui se trouvent à l'est de la grande faille, à une altitude à peine supérieure à 500m (3 000 m de dénivelée en quelques kilomètres !).

2.1.3 Autre changement d'échelle (fig. 8). On aperçoit alors, ce qui n'était pas visible sur la figure 7, qu'une bonne partie de l'irrigation de l'oasis ne provient pas des *qanat*, mais de canaux de dérivation ordinaires, à l'air libre, pris dans le cours d'eau principal avant son entrée sur le grand cône, au moment où il est encore enserré dans la montagne. Il y a, par ailleurs, deux niveaux de *qanat* : ceux qui se trouvent à l'ouest, sur le grand cône alluvial limité par une petite falaise, ceux qui se trouvent juste au sud de l'oasis et proviennent d'un affluent. La comparaison des deux échelles est éclairante, comme d'habitude.

2.2 L'oasis de Tabas

Cette oasis, qui se trouve en plein centre du Grand Kevir, doit, comme les autres, son existence aux hautes montagnes qui se trouvent à l'est.

2.2.1 Son irrigation complexe (fig. 9) est exceptionnelle et mérite d'être citée. En effet, à côté des *qanat*, habituels dans la région, elle doit son eau à un barrage-voûte d'époque mongole, Abbassi, aujourd'hui empli d'alluvions et semi-détruit, dont étaient issus au Moyen Âge deux canaux, un de chaque côté de la rivière. Ce barrage n'est pas le seul. Le mur de retenue de celui de Kurit, juste au sud, haut de 64 m, est toujours debout, bien que les alluvions aient rendu cet ouvrage inefficace.

2.2.2 Le changement d'échelle (fig. 10) permet d'observer en détail la manière dont chaque *qanat* arrose une petite superficie. Certains d'entre eux parviennent à franchir une petite ride anticlinale arasée et portée au niveau de la terrasse, d'autres, au contraire, utilisant des passages antérieurs creusés par les torrents temporaires dans la roche, se retrouvent de l'autre côté.

3 Enquêtes et vérifications sur le terrain : les qanat en Iran central

3.1 Mode de creusement (fig. 11)

Un *qanat* est une œuvre, au départ, collective. L'investisseur réunit autour de lui tous ceux qui, dans le village, la ville ou la région, ont la réputation de s'y connaître. Celui qui possède la terre stérile en surface, pâturage à chameaux ou non, doit être là car il doit accepter devant témoins qu'il sait bien qu'un canal drainant en profondeur la nappe sous sa propriété ne peut en aucun cas faire l'objet de discussions : il appartient à l'investisseur de l'aval (une loi du 9 *chahrivar* 1309 (1930) a consacré cet usage). Le propriétaire du *qanat* obtiendra, à la fin du creusement, un droit de jouissance et de passage de la largeur des puits sur les terres du propriétaire de la surface, pour l'entretien et les réparations. Commencent les palabres, échanges et discussions, parfois longues, jusqu'à ce qu'une sorte de consensus se dessine.

Alors, sur la pente même (glacis de piémont ou terrasse fluviatile, peu importe), la communauté des experts désigne le lieu où sera creusé le premier puits, celui où l'on se dit collectivement qu'il est très probable de trouver de l'eau. C'est le puits de *gamane*. De là, on part vers l'amont par puits successifs, dont l'espacement dépend de la nature du terrain, en direction du *madar chah*. Ensuite, il s'agit de trouver le point exact d'inflexion d'où partira vers l'aval, en direction des terres cultivées, le *haranj*, sorte d'aqueduc abandonnant le pendage de la nappe et traversant les terres stériles jusqu'à la rencontre avec la surface. Dans les terrains les plus sableux ou friables, on installe des cylindres de poterie, *kavale*, pour éviter le bouchage par effondrements. Sur les images aériennes, les dépôts qui apparaissent en blanc peuvent être soit des sels (alcalinisation des terrains), soit des chlorates ou des carbonates, ce qui n'a pas du tout les mêmes conséquences écologiques. C'est pourquoi il faut aller dans chaque cas vérifier sur le terrain. Ainsi, à Kashan, au pied du Kuh-e-Karkas, il existe quatre niveaux de détritus de tufs andésitiques, épais de 200 m environ : il faut savoir lequel d'entre eux est le meilleur *aquifer* (Nadji 1972).

3.2 De quoi sont faits les piémonts des bassins intérieurs de l'Iran ?

Ils sont l'objet de tous les soins des agriculteurs cherchant à mettre en valeur ces vastes zones planes, aux pentes faibles, comprises entre les résidus des montagnes et leurs propres résidus d'un côté, et de l'autre les vastes épandages argileux submersibles lors des crues. La montagne, *kuh*, le piémont aride souvent caillouteux, *dasht*, la zone d'épandage des eaux et des alluvions, *kevir*. Telle est la base, simplissime, du modèle. Le *dasht* est un terme générique qui désigne un espace plan incliné, légèrement bombé, dont la pente est de 1 pour mille à l'aval et parfois de 50 pour mille à l'amont, au sortir de la montagne. Il est souvent couvert de cônes de dépôts dont l'épaisseur est très souvent supérieure à 20 m. Il se décomposent en trois unités bien distinctes, que l'on retrouve partout, plus ou moins : un vieux cône de matériaux très grossiers, au pied de la montagne, souvent disséqué par des ravins ; le dasht proprement dit, espace de coalescence de plusieurs cônes d'alluvions plus jeunes, mais non actifs aujourd'hui ; les cônes actuels, en aval, au matériel plus fin et emboîtés dans le vrai dasht.

Le vieux cône est toujours le plus incliné. Ses restes forment des terrasses, surplombant les écoulements actuels qui le traversent par des falaises de roches et galets consolidés, parfois hauts de 80 à 100 m. Il est souvent de dimensions considérables, 15 km de long à l'est du Kuh-e-Neveng, près de Shirgest, par exemple. Il arrive que l'on trouve emboîtées entre ces falaises des terrasses fluviatiles correspondant aux divers dépôts que l'on trouve à l'aval. C'est le cas dans le Kuh-e-Shotori, pour la vallée du Sardar à Tang-e-Abbassi qui est bordée d'une terrasse de 35 m, où des grottes préhistoriques ont été taillées, les plus hautes se trouvant à 30 m au-dessus du niveau actuel du cours d'eau. En règle générale, sauf accidents tectoniques qui ne sont pas rares, ce vieux cône se lie sans solution de continuité au *dasht* proprement dit. Aussi doit-on souscrire sans réserve aux observations de Bobek, Huckriede, Stöcklin, Ruttner, Nabari et autres, qui évoquent un soulèvement récent et généralisé des montagnes iraniennes. Les *dasht* afghans présentent les mêmes caractères. Les dislocations, dans les deux cas, jouent un rôle actif dans la formation des falaises, avec des rejets de 1 à plus de 10 m de haut, falaises qui ont pu être prises pour des falaises d'érosion.

Le *dasht* proprement dit plonge en aval sous les dépôts du *kevir*. Il est ainsi évident que le *dasht* actuel est une forme en partie fossile ou polygénique, érodée à l'amont, constamment alimentée à l'aval par un feuilletage d'alluvions fines superposées. Dû à la

transgression, le contact entre *dasht* et *kevir* est presque toujours très net. Les endroits où le contact est diffus sont ceux où les cônes actuels, enchâssés dans le *dasht* le plus récent, se mêlent sans solution de continuité aux dépôts du *kevir*. Eux seuls sont fonctionnels et l'on peut aisément les reconnaître sur les photos aériennes par leurs couleurs, plus claires, leur surface, moins rugueuse et moins disséquée par les résilles que dessine l'écoulement superficiel en nappe. Seul, semble-t-il, le *Dasht-e-Lut*, dans certaines de ses parties, fait exception à la règle : l'érosion y est encore actuelle. Pour tous les autres, le *kevir* est transgressif. On ne peut s'empêcher de penser à des variations climatiques.

Au point de vue stratigraphique, les choses sont simples elles aussi. Le piémont correspond en règle générale à des formations quaternaires. Dès qu'apparaissent des couches antérieures, plissées, redressées, faillées, inclinées seulement, on entre dans « la montagne ». En fait, plusieurs formations concourent à la formation du piémont : néogène dans le bassin de Kaboul, à Ravar en Iran central, ailleurs encore. Pliocène ailleurs, avec du volcanisme d'âges divers. Lors du rejeu de cassures récentes, les terrains sous-jacents au *dasht* (surface plane à léger pendage, pierreux, souvent couvert d'armoises) peuvent apparaître, comme à Neygenan et Ahmedabad, à Shirgest où le *dasht* est cassé par trois failles en échelon avec des escarpements de 5 à 10 m, laissant apparaître des évaporites tertiaires et des calcaires marneux du jurassique. Quelquefois, un axe anticlinal réapparaît au milieu du *dasht*, comme à Shahr-e-Babak ou bien fait partie intégrante des aplanissements comme à Tabas.

Mais le modèle reste bien ce qui est décrit plus haut, et ressenti comme tel par la population, qui sait très parfaitement à quel moment elle change de paysage. Un auteur (Krinsley 1970) a fait le recensement des niveaux de base qui se partagent les bassins intérieurs de l'Iran. Nous sommes très loin d'être en présence d'une vaste cuvette d'un seul tenant. Sur la carte qu'il publie (Krinsley 1970, 1 : 2 500 000), Krinsley en reconnaît soixante qui fonctionnent ou bien ont fonctionné de manière indépendante. En Afghanistan, on n'en connaît que cinq : le lac Hamoun, les lacs Khaf et Yazdan communs à l'Iran et à l'Afghanistan, le lac Ab-i-Istada, le lac en bordure des collines de Chagaï, enfin celui de la mer d'Aral, au nord. Des soixante niveaux différents des *kevir* de l'Iran, on peut faire plusieurs ensembles significatifs : le Grand Kevir, le Lut, le bassin de Qom, ceux d'Ispahan, de Sirjan et de Yazd. Tous ces niveaux de base jouent un rôle fondamental dans la vie des piémonts, bien qu'ils aient des origines différentes. La grande dépression qui sépare l'Alborz du Zagros est occupée par le bassin subsident de Qom. Une grande ligne volcanique, fractionnée et fissurée, joue le rôle majeur dans le relief de la zone. Elle sépare le bassin d'Arak, à l'ouest, des deux dépressions du Dariatche-ye-Hauz Soltan (826 m) et de Qom (765 m). La présence généralisée de sols aux éléments très fins dans les zones les plus basses du Dariache résulte du maintien d'un écoulement hiérarchisé important au moins pendant les crues. Krinsley se fonde sur la transgression du *kevir* sur les cônes alluviaux, tant à Arak qu'à Qom ou qu'à Damghan, pour estimer que le climat actuel est légèrement plus humide que celui qui l'a précédé. Cette transgression, à Qom, est supérieure aux autres avec le développement de sédiments très récents sur les anciens cônes ainsi que sur la bordure du *kevir*. Krinsley a même rencontré des dépôts de sel actuels sur les croûtes anciennes, ce qui implique un accroissement de l'écoulement, comme à Arak.

Bobek, pour sa part, constate lui aussi la transgression des *kevir* sur les *dasht* récents notés Qt2 sur les cartes géologiques. Il a observé également dans les fonds de bassins actuels des traces de dépôts plus anciens en non-conformité avec la surface érodée antérieure, ce qui indiquerait des allers et retours de chaleur et de froid, d'humidité ou de sécheresse.

Krinsley attribue au Würm III (pléistocène récent, autour de -18 000), la dernière mise en place des mésoreliefs que l'on rencontre tout autour des bassins iraniens, et, notamment, le façonnement terminal des grands cônes alluviaux, construits pour l'essentiel à partir de la fin du pliocène. Ces cônes étaient eux-mêmes l'aboutissement d'une longue évolution dont il faudrait faire remonter le début aux premiers temps du miocène, quand les dépôts lacustres-lagunaires ont remplacé les dépôts marins, et aussi quand l'alluvionnement continental est venu se mêler à ces dépôts, dans les bassins subsidents, et encore lorsque les mouvements orogéniques du pliocène moyen ont généralisé sur tout le pourtour des montagnes le dépôt d'alluvions grossières en cônes coalescents. Les mouvements orogéniques ont alors gauchi tout à la fois les évaporites du miocène, déposées au fond des bassins, et les graviers des grands cônes (série de Bakhtiari). Depuis cette époque, le climat n'aurait quasiment pas varié, sauf que l'aridité serait devenue sans cesse croissante dans tout l'Iran pendant le pléistocène : ce sont les refroidissements qui, en réduisant l'évaporation, ont permis des écoulements plus abondants. Les directions principales des vents dominants, telles que l'on peut les déduire de l'orientation des massifs dunaires, le dégradé de la

sécheresse et de la chaleur du sud-est vers le nord-ouest n'ont varié qu'en intensité. Même cinq petites alternances plus ou moins arides, mises en évidence par l'analyse des couches salées accumulées dans le *kevir* de Qom, paraissent n'avoir existé que dans le nord, sur la marge, alors que le bassin désert du Lut semble avoir connu une aridité croissante durant tout le pléistocène.

Des éléments extérieurs à la zone endoréique confirment cette hypothèse. Le lac Ourmia, au pléistocène récent (Würm III) était à 55 m au-dessus de son niveau actuel, la température moyenne était inférieure de 5° aux moyennes actuelles, mais les précipitations étaient les mêmes ; probablement, l'affaiblissement de l'évaporation a suffi. Wright (1968) a montré, par l'analyse des pollens du lac Zeribar, dans le Zagros, que la région était une steppe d'armoise froide et sèche, alors que sur les pentes existait une forêt de chênes : les précipitations au Würm III auraient été inférieures à l'actuel (800 mm). Le lac Mirabad, 300 km au sud-est, donne des résultats semblables.

Lors du dernier maximum glaciaire, la neige sur le Zagros et l'Elbourz (limite supérieure à 3 000 m sur les pentes extérieures et 3 400 vers l'intérieur, au-dessus de Niriz) entraînait des débâcles au printemps vers le *kevir*. Les traces de ces écoulements puissants se retrouvent à peu près partout. Des blocs de plusieurs mètres cubes ont été roulés jusque sur le piémont, sur des accumulations grossières. Il s'en trouve à Shahdad, ce qui implique un enneigement supérieur sur les monts de Kerman. À cette époque, tous les *kevir* étaient couverts d'eau. Le plus impressionnant reste le Hamoun-i-Helmand, dont la surface était au moins double de l'actuelle.

Du Würm III (- 18 000 à - 4 000), l'aridité des bassins endoréiques fut croissante par suite de la croissance des températures. Une brusque inflexion de cette tendance eut lieu vers - 3 500, entraînant un passage de la savane chaude à la forêt, en relation avec le refroidissement constaté un peu partout sur le globe. Tous les dépôts palynologiques des bords du lac Zeribar, datés par l'archéologie à Niriz, montrent la contemporanéité de l'extension maximale des lacs et les refroidissements. Emiliani (1955) pensait que les températures de la Méditerranée orientale étaient inférieures de 10 à 15° à l'actuel, réduisant l'éva-poration et, de proche en proche, vers l'est, les pluies.

3.3 L'ancienneté des installations humaines en bordure de désert

Il serait temps de passer à l'archéologie et à la préhistoire, mais nous entrons ici dans un vaste sujet qui est en rapport avec d'autres types de documents cartographiques. C'est pourquoi nous garderons en réserve l'extension des sites préhistoriques. Il est clair qu'il n'existe pas d'agriculture vers -10 000, lorsque se termine le Würm III, moins encore dans les phases précédentes : le paléolithique supérieur, divisé en zarzien (-10 000 à - 20 000), baradostien tardif (- 20 000 à - 30 000), baradostien inférieur - 30 000 à - 38 000) ; le paléolithique moyen avec le moustérien de - 38 000 à - 50 000.

La période des premières oasis lors du néolithique, à Sialk ou Tepe Hissar au IVe millénaire par exemple, ne sera pas évoquée ici, non plus que les vallées du Zagros et du Luristan. Le néolithique « moyen », de - 5 000 à - 1 000, voit la naissance et l'extension d'oasis de culture peut-être déjà engagées depuis le mésolithique, de - 9 000 à - 7 000.

L'examen des conditions naturelles est indispensable pour découvrir et évaluer des indices de changement dans d'autres domaines que celui des conditions naturelles. En particulier, la manière dont, au cours des temps, les sociétés humaines ont utilisé un même lieu, un même paysage. Si ces utilisations dépendent des relations sociales de chaque époque et de l'état des techniques, elles dépendent aussi de leur aptitude à mettre à leur service, bien ou mal, l'environnement dont elles disposent.

Un indice utilisé tout au long de mes enquêtes a concerné l'extension ou la régression de la prise des sociétés sur les régions et paysages des marges, des bordures, souci quasi général et qui est souvent présenté sous la forme brutale : le désert avance-t-il ? En Iran et en Afghanistan, la connaissance que nous pouvons avoir de fluctuations de l'extension de l'emprise humaine est mince, même si elle progresse ces dernières décennies. Pour poser d'emblée un diagnostic provisoire, on peut dire que, globalement, les oasis des bordures des déserts se sont rétractées au cours des quatre derniers millénaires. Ce qui n'a pas empêché des mouvements d'extension pour des raisons dans chaque cas à établir. Des preuves ont été fournies à Jajarm (Spooner 1965), —obtenues du « recul » des oasis ?—, Shahdad (Gentelle 2003), Khulm en Afghanistan (Gentelle 1969), etc. Mais il faut bien rechercher toutes les causes possibles du recul. Il y en a de nombreuses et de diverses sortes : besoin de sécurité en période de troubles socio-politiques ; épidémie et/ou guerre ayant drastiquement réduit la population, ou bien augmentation de la population, ou bien reconquête d'espaces cultivables après abandon relatif ; salinisation des sols cultivés par une irrigation mal

contrôlée ; légère inflexion du climat et changements dans le volume d'eau disponible.

Les archéologues ne peuvent expliquer la présence de nombreux sites préhistoriques et protohistoriques qu'en admettant un type de climat plus humide que l'actuel, assurant des fournitures d'eau à des communautés assez nombreuses là où, de nos jours, aucun approvisionnement en eau ne subsiste. C'est le cas de Tepe Sialkh notamment. D'autre part, l'extension des *dasht* Qt2 et le fait qu'ils ne soient plus fonctionnels suggère l'idée que des écoulements plus réguliers, – sinon plus importants -- , ont eu lieu au moment de leur construction. Des indices confortent cette position (Shirgest p.107).

3.4 L'irrigation par qanat

Lorsque les grands et très grands propriétaires apprirent que le Chah était vraiment décidé à lancer la réforme agraire en 1963, ils s'empressèrent, quand ils le purent, de faire creuser des puits mécaniques profonds pour irriguer leurs terres. Tout le monde savait que cette puissance nouvelle d'extraction de l'eau ferait baisser la nappe et, par voie de conséquence, assécherait les *qanat*, ce qui contraindrait les communautés et les propriétaires de *qanat* à se tourner vers les grands propriétaires pour survivre. Comme l'eau et la terre sont liées, on comprend pourquoi la réforme agraire, dans certaines régions, se révéla illusoire, ou moins efficace qu'il n'était envisagé. Cela se vérifia particulièrement à Ferdous. Pour couper le lien entre terre et eau, qui mettait les pauvres gens dans la main des grands propriétaires plus encore qu'avant, le Chah en 1967 prononça un discours dans lequel il annonçait son intention de nationaliser toutes les eaux (l'État possédait déjà celles des rivières). Il n'eut pas le temps de mener son projet à terme.

Le cinquième seulement de la terre cultivable est irrigué, soit 4,5 à 5 millions d'ha. sur lesquels poussent toutes les cultures commerciales, tous les légumes et 60 % des céréales. La terre va avec l'eau, sauf dans les environs de Yazd et Kerman. 60 % de l'irrigation sont opérés à partir de *qanat*. Ceux-ci ont beaucoup de qualités mais sont sensibles aux tremblements de terre dans un pays à sismicité forte. Ainsi, en 1963, presque tous les *qanat* de la plaine au sud de Qazvin furent cisaillés, interrompant le flot régulier de l'irrigation.

3.4.1 La mesure de l'eau au débouché du *qanat* (exemples à Shahdad et Ravar)

Un *sang* correspond à un débit de 15 litres par seconde. Ainsi, les deux combinés de Ab-e-Nao et de Hoseinabad, à Shahdad, ont un débit de quatre *sang*. L'eau de chacun d'entre eux est divisée en parts, *sahm*. Le *Sefté* est divisé en 5 520 *sahm*, réunies en quartiers (*kart*) qui comprennent 5 à 20 *qasab*, irrigués en une seule fois, pour réduire les pertes d'eau dans les canaux en terre (parfois jusqu'à 35 %). Un *qasab*, à Kerman, correspond à 25 m^2. On estime que les terres sont bien irriguées lorsque l'épaisseur de l'eau dans les champs atteint 20 cm. Ici, les *kart* reçoivent l'eau tous les treize jours à raison de 213 parts de 12 heures chacune. L'eau ne pouvant être stockée, ce mode de répartition implique la construction des champs en grandes écailles géométriques, bordées de levées de terre à l'intérieur desquelles l'eau s'accumule et s'infiltre, avec beaucoup de pertes par évaporation. En quelque sorte, la technique de fourniture de l'eau commande la technique d'irrigation et donc la technique de culture. On en vient, par commodité – puisque chacun connaît la superficie des champs des voisins – à répartir l'eau par heures (*saat*), par douze heures (*aqceh* à Andujerd, *taq* à Gowk), par trois heures (*habbeh*).

À Ravar, on utilise la technique, comme dans les grands fleuves, du bol percé (*teshte-ab* ou bien *djum*). Le maître des eaux pose d'un geste vif un bol d'un litre au fond percé et calibré de 2 mm sur un espace d'eau calme. Dès qu'il est rempli et menace de couler, il est vivement vidé et remplacé, autant de fois que de besoin. Cela s'appelle un *fendjun* et, selon les endroits, 5 à 7,5 *fendjun* correspondent à une heure. Les propriétaires ou leur représentant (*kadkhoda*) vérifient que les comptes sont bons, puis s'en vont ; d'autres viennent surveiller leurs droits. Au moment des changements de quartier, l'ordre est donné aux ouvriers munis d'outils de boucher tel canal ici et d'ouvrir tel autre. La distribution des parts de nuit commence lorsque les présents disent ensemble qu'ils ne distinguent plus les mouvements du bol. Alors on allume un lumignon et la répartition de nuit commence, car l'eau ne cesse jamais de couler.

3.4.2 Enquête dans la région de Kashmar (Khorassan) en 1966

Le village de Farak couvre 1 160 hectares, dont 290 seulement, faute d'eau, étaient mis en culture chaque année, au milieu des années 1960. Une sécheresse particulièrement forte, en 1964, avait encore réduit la superficie cultivée, contraignant une partie des cultivateurs à l'émigration. D'expérience, les villageois savent que les familles qui partent ne reviennent pas toujours. Leurs terres à l'abandon, qui pourraient être mises en culture par ceux qui sont restés, gagnant mieux ainsi leur vie, sont souvent laissées en jachère parce que la force de travail manque pour les mettre en valeur. C'est cela,

« atteindre la marge ». C'est le moment où, même si des conditions favorables sont offertes, la communauté villageoise n'a plus les forces nécessaires pour les saisir. Farak, donc, voit sa superficie cultivée diminuer. Faute d'eau ? Oui, c'est ce que disent les paysans, mais surtout faute de bras. Il y eut naguère, disent-ils, environ 500 hectares cultivés, par 18 *gavbandi*. Un *gavband*, c'est une équipe composée de plusieurs familles propriétaires de bœufs qu'elle loue pour les labours (MacLaghlan p. 129). Les anciens disent même que l'on connut une époque où il en existait le double pour le double de surface cultivée. Cette estimation n'est pas à prendre au pied de la lettre. Il ne restait en 190 que 9 gavbandi, mais avec seulement quatre familles par unité.

Le village est divisé en 108 parts d'eau. Elles ne correspondent pas à une mesure de terre, mais à un droit théorique d'usage et de cultures associées. Ce village de petits propriétaires – 83 parts sont réparties entre eux, alors que le plus grand n'en a que 12, et quelques autres 6 ou moins. 18 parts ont été remises entre les mains du waqf, par donation pieuse à la mosquée, et 7 parts à l'hôpital de Kashmar, ce qui représente presque 25 % des moyens de production de base. Dans ces conditions, la lutte est sévère entre les tout petits propriétaires pour obtenir des terres en location. C'est ainsi que les khoshneshin sans terre et les tout petits propriétaires font assaut de baisses de fermage pour obtenir de quoi vivre. Cela n'empêche pas les prix d'augmenter, car ce sont les propriétaires et surtout les propriétaires de gavband qui font les prix. En 1964, le prix était de 1 730 000 rials, soit 24 000 par famille de cultivateur par an, ou 2 000 par mois. La mosquée et les trois « gros » propriétaires reçoivent un fermage, les autres propriétaires se font payer d'avance le droit de location de leur terre par ceux qui veulent la cultiver : de cette manière, les plus pauvres, déjà endettés ne peuvent plus concourir et, s'ils le font, ils sont refusés parce qu'ils représentent un risque trop gros. À juste titre le plus souvent : l'usurier auquel ils ont recours les empêche, par des prêts renouvelés, de ne jamais finir de payer leur dette. Mieux vaut dix paysans endettés qui se font tirer l'oreille pour rembourser, mais sont obligés de revenir, qu'un seul qui rend les fonds empruntés et s'en va. Le prêt à usure doit être une affaire qui dure.

Tous les paysans se plaignent de la diminution des ressources en eau, en fait de la réduction du débit de l'eau, année sur année. Ils sont contraints de surcreuser le fond des conduites pour rattraper une partie de la nappe qui s'enfonce, ce qui entraîne de grands frais. Farak est intéressant à étudier parce qu'il n'y a pas encore dans les environs de pompage mécanique qui pourrait perturber les observations. Certes, la référence constante à des temps où les superficies cultivées étaient immenses fait penser au mythe d'un âge d'or dont les dates ne sont pas fixées : les anciens ne s'entendent pas à ce sujet. Il est vrai, néanmoins, que l'on peut lire sur le sol des traces de cultures plus vastes, tant en parcourant les lisières des champs actuellement cultivés qu'en observant les photographies aériennes. Mais cette diminution des cultures est-elle due d'abord à la diminution du débit de l'eau, ou bien à l'émigration, que l'on sait forte mais que l'on n'a pas les moyens statistiques d'apprécier ? La population actuelle doit tourner autour de 1 200 personnes, réparties en 240 foyers environ. Cela signifie qu'il existe 168 foyers de paysans sans terre. Combien d'autres ont déjà émigré ? Nul ne sait fournir un chiffre mais tous citent les noms des familles disparues. En général, les habitants émigrent d'abord vers Kashmar, distant de 8 km, puis de là vers Birjand, via Torbat Haydarie, ou bien à Téhéran. D'autres vont louer leurs services d'ouvriers agricoles dans les riches plaines du Gorgan, vers les bords de la Caspienne, où ils peuvent espérer être payés 25 à 30 rials par jour. Les paysans sans terre qui sont restés, les khoshneshin, ne l'ont pas toujours été. Ils le sont devenus par la faiblesse de leurs résultats et la nécessité dans laquelle ils se sont mis (ou ont été mis) de vendre leur lopin de terre soit au propriétaire voisin, soit à l'usurier prêteur. Si l'on tient pour vraisemblables les chiffres fournis à propos des gavband, 4 familles par gavband à l'époque où il y avait 36 gavband dans le village, cela signifie que 72 familles ont perdu leurs bœufs, mais aussi leur terre, car on précise bien que la superficie cultivée par gavband n'a pas varié, toujours autour de 8 hectares (soit 2 hectares par famille). La pression en population sur le sol est devenue insupportable : 1 200 personnes sur 300 hectares au mieux, 240 plus vraisemblablement, cela fait 400 à 500 hab/km2 cultivé. On se retrouve donc, dans ces oasis désertiques alimentées par des qanat, avec des densités de deltas asiatiques sans la moindre possibilité de double récolte, sauf chez ceux qui ont le plus de droits d'eau, environ 7 hectares. Les familles « riches » qui les cultivent peuvent se permettre de multiplier quelques carrés de luzerne à huit coupes par an, pour nourrir les chèvres domestiques qui fourniront du lait.

Le *qanat* irrigue 210 kg de semences de blé ou d'orge en 24 heures, soit moins de 2 hectares, puisque chaque hectare est ensemencé de 120 kg. C'est ainsi que l'on compte. Cette moyenne est élevée, si l'on sait que 195 villages étudiés par sondage par la Faculté d'agriculture ont établi l'ensemencement à 97 kg de blé de printemps, 131 pour le blé d'automne (et 50 pour le blé de printemps en sec, et 97 pour le blé d'automne). Pour l'orge, les chiffres

sont respectivement de 100, 127, 60 et 58. Le *qanat* irrigue donc, par tour de 14 jours (et nuits), 25 hectares environ. Sur les 290 hectares cultivés au total, 6 le sont en vergers ou jardins, morcelés à l'extrême. Les 7 hectares en double culture sont consacrés aux fruits d'été (melons, pastèques) et légumes divers, qui s'ajoutent aux 16 hectares ainsi cultivés seulement en été. Le pavot, qui était cultivé jusqu'à son interdiction, semble avoir disparu : il est remplacé sur ses 40 hectares par le blé et le coton. Les terres sont cultivées selon l'assolement suivant : blé la première année (ou orge), cumin les deux années suivantes, blé ensuite. Les rendements sont assez élevés : 18 qx/ha pour le blé, 22 pour l'orge, 3 pour le cumin. Le coton, cultivé sur 7 % des terres, produit 10 qx/ha non égrené. Le village reste donc cultivé en majorité par du blé (96 ha) et ensuite par le cumin (69 ha). Le cumin est cultivé parce qu'il est à la fois nécessaire à l'assolement et qu'il rapporte 60 % des recettes du blé ou presque trois fois celles de l'orge. Les céréales étant autoconsommées, seul le cumin fournit de l'argent frais au village pour les achats indispensables.

Si l'on ne comptait que l'agriculture, la vie serait bien difficile, même pour les propriétaires les mieux dotés. C'est pourquoi il faut tenir compte des autres activités, même si elles ne doivent rien au *qanat* proprement dit. Faute de zones de pâture, il n'existe que 1 000 moutons dans le village. La volaille, étique, est fréquemment décimée par les maladies. 30 ateliers de tapis produisent en moyenne 6 tapis par an de 3m x 4 m. 10 d'entre eux appartiennent aux tenanciers de nasaq, les 20 autres à des khoshneshin. Ils emploient, en moyenne, 5 à 6 « ouvriers », dont la plupart sont des enfants entre 8 et 14 ans, payés entre 15 et 40 rials par jour.

Si l'on décompte du revenu estimé du village (2 800 000 rials) le montant de la rente foncière et celui des frais d'exploitation (2 000 000 de rials environ), les 72 familles de petits exploitants se partagent 580 000 rials ce qui fait à peu près 1 600 rials par tête et par an. Ou, si l'on préfère, moins de 2 dollars par mois. Les khoshneshin travaillant la terre à la journée, avec quatre mois d'hiver inactifs et souvent 20 jours de travail par mois, parviennent à 1 000 rials par tête, soit 80 rials par mois, à peine plus d'un dollar. Un jeune homme qui émigre, un enfant qui noue un tapis sont des cadeaux très appréciables. Un propriétaire d'atelier peut empocher 3 000 rials par tapis (18 000 à la vente, mais 15 000 de frais de production). Si l'on fait le bilan de toutes les rentrées nettes d'argent, on obtient en moyenne, pour la population entière, 2 500 rials par an, avec de nombreuses disparités. Soyons clairs : le *qanat* ne nourrit plus son homme.

Les indicateurs sociaux confirment la grande misère de Farak. Deux personnes seulement savaient lire en 1964. Une classe d'école primaire ouverte par le gouvernement en 1963 a fermé en quelques mois, faute d'enfants. La gale et les parasites intestinaux, le trachome sont fréquents, faute d'eau pour la toilette. Le médecin, qui devrait venir de Kashmar ne se déplace que pour 500 rials. Or, la plupart des cultivateurs sont endettés.

On peut dire autrement les choses : le village ne survit que grâce à la ville. Les prêteurs d'argent, au taux usuraire de 30 % l'an, vivent à Kashmar, de même que le propriétaire du seul moulin à blé. Presque 20 % des migrants du village travaillent dans les ateliers de Kashmar. Les quatre épiciers du village se fournissent à la ville, sauf le boucher. Enfin, les habitants eux-mêmes attribuent à la paupérisation la brusque croissance du nombre de mariages polygames. Les hommes relativement aisés apprécient d'avoir plusieurs femmes au travail à la maison, et plus d'enfants qui iront nouer des tapis dans les ateliers. Ils sont encouragés dans cette voie par la baisse constante du prix des filles exigé par les parents, soulagés de se voir déchargés d'une bouche supplémentaire à nourrir.

3.4.3 Pour conclure : les documents cartographiques les plus divers sont indispensables

L'exemple du village de Farak est-il significatif ? Sans aucun doute. Les processus de destruction de la communauté villageoise qui sont apparus ont concerné des dizaines de milliers de villages. Cet exemple est-il généralisable ? Il faut rester prudent. Les villages les plus touchés, comme Farak, étaient déjà en dégénérescence dans le cadre de structures technico-économiques apparemment stables. La réforme agraire de 1962-63 a fait brutalement apparaître le phénomène, accélérant l'aggravation de la situation et permettant à quelques propriétaires, moyens et même petits, de mettre la main sur une communauté désarmée, appauvrie, éclatée et abandonnée par l'État, qui ne s'était jamais soucié d'elle.

Alors commence, ou pourrait commencer un autre type d'enquête, qui aurait consisté à évaluer les résultats des évolutions en cours. Mais, même en se contentant d'enquêtes au niveau technique, cette recherche d'estimation et d'extension de résultats locaux a fait apparaître un aspect politique aux autorités locales, d'autant plus que l'évolution de la situation générale, en plus des progrès techniques, suscitait des plaintes ici ou bien un esprit de révolte là.

Bibliographie

Bobek H., 1964, *Iran. Probleme eine unterentwickelten Landes alter Kultur*, Frankfurt.

English P.W., 1966, *City and village in Iran : settlement and economy in the Kirman Basin*, Madison, University of Wisconsin.

Gabriel A., 1952, *Die Erforschung Persiens*, Wien, Verlag A. Holzhausens.

Gentelle P., 1969, « L'oasis de Khulm », *Bulletin de l'Association de géographes français.*

Gentelle P., 2003, *Traces d'eau, un géographe chez les archéologues*, Paris, Belin.

Goblot H., 1973, *Les qanat, une technique d'acquisition de l'eau,* Paris, Mouton.

Huckriede R. et alii, "Zur Geologie des Gebietes zwischen Kerman und Sagand (Iran)" , *Beihefte zum Geologischen Jahrbuch*, ...

Humlum J., 1959. *La géographie de l'Afghanistan : étude d'un pays aride,* Copenhagen, Scandinavian University Books.

Lambton A.K.S., 1967, *The Persian land reform 1962-1966*, Oxford, Clarendon Press.

McLachlan K.S., 1988, *The neglected garden: the politics and ecology of agriculture in Iran*, I.B. Tauris & Co.

Metz H.L., 1987, dir., *Iran: a Country Study,* Washington: GPO for the Library of Congress.

Nadji M., 1972, **Kashan**, « Luftbild 1955 », *Die Erde*, 3-4, p. 209-215.

Stöcklin J., Eftekhar-nezhad J., Hushmand-zadeh A., 1965, "Geology of the Shotori Range (Tabas area, east Iran)", *Iran Geol. Survey Dept*. 3.

Vieille P., 1972, « Les paysans, la petite bourgeoisie rurale et l'État après la réforme agraire en Iran », *Annales. Histoire, sciences sociales*, vol. 27, n° 2, p. 347-372.

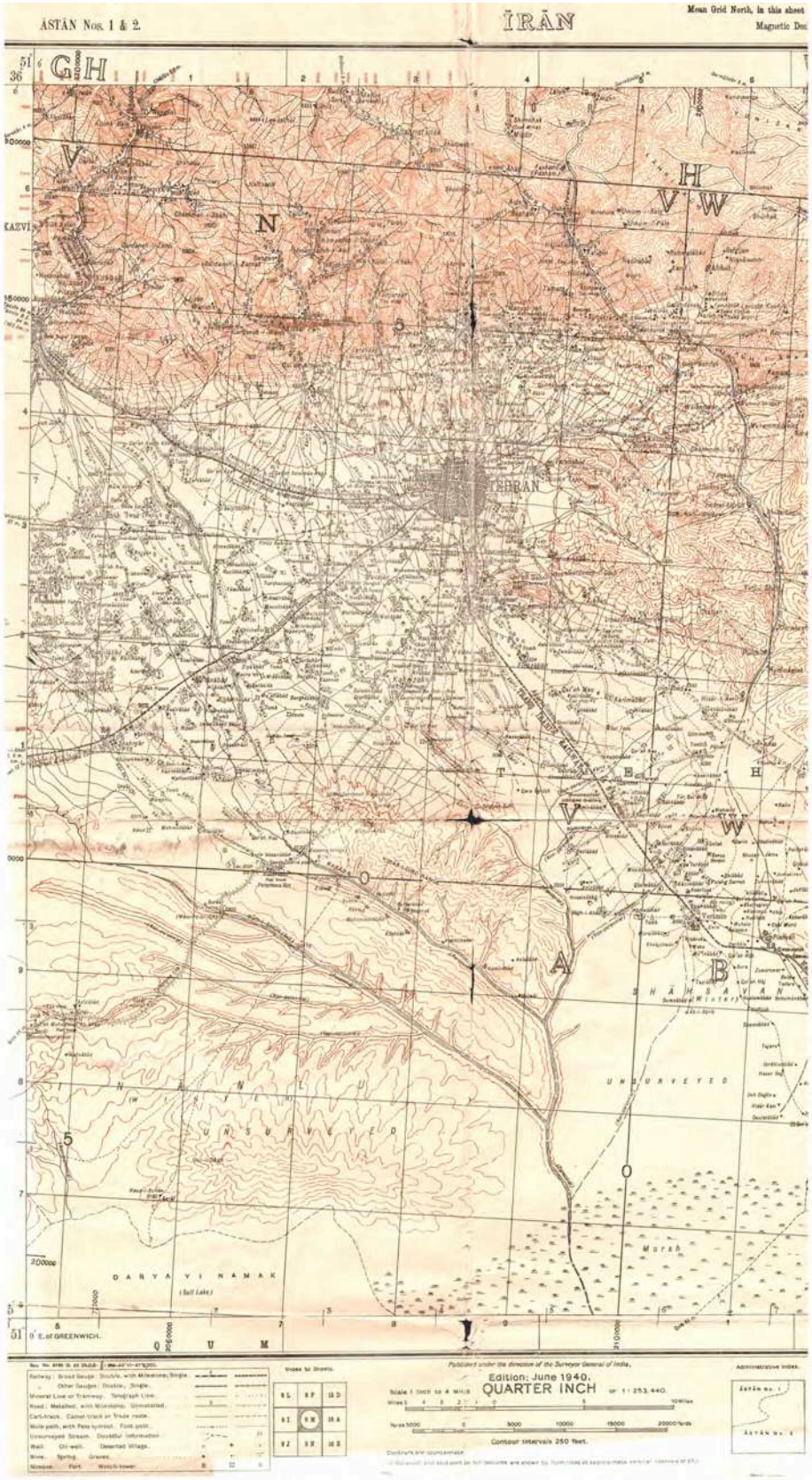


Figure 1 : Extrait de la feuille Iran n° 9 M, Tehrân, International N° I-39-D, "for official use only".
Piémont de l'Elbourz, juste à l'ouest de Téhéran, contact brutal entre chaînes et aplanissements. Partout des kariz (mot vieux perse remplacé depuis l'islam par qanat, qui vient de l'arabe et veut dire la même chose). Les villages s'appellent soit …âbâd, qui signifie : lieu où il y a de l'eau, soit du nom du propriétaire, reflet d'une société de type ancien ou féodal : Ismaïl Khan, etc. On devine des cônes, des directions préférentielles suivies par les kariz, pourquoi ?

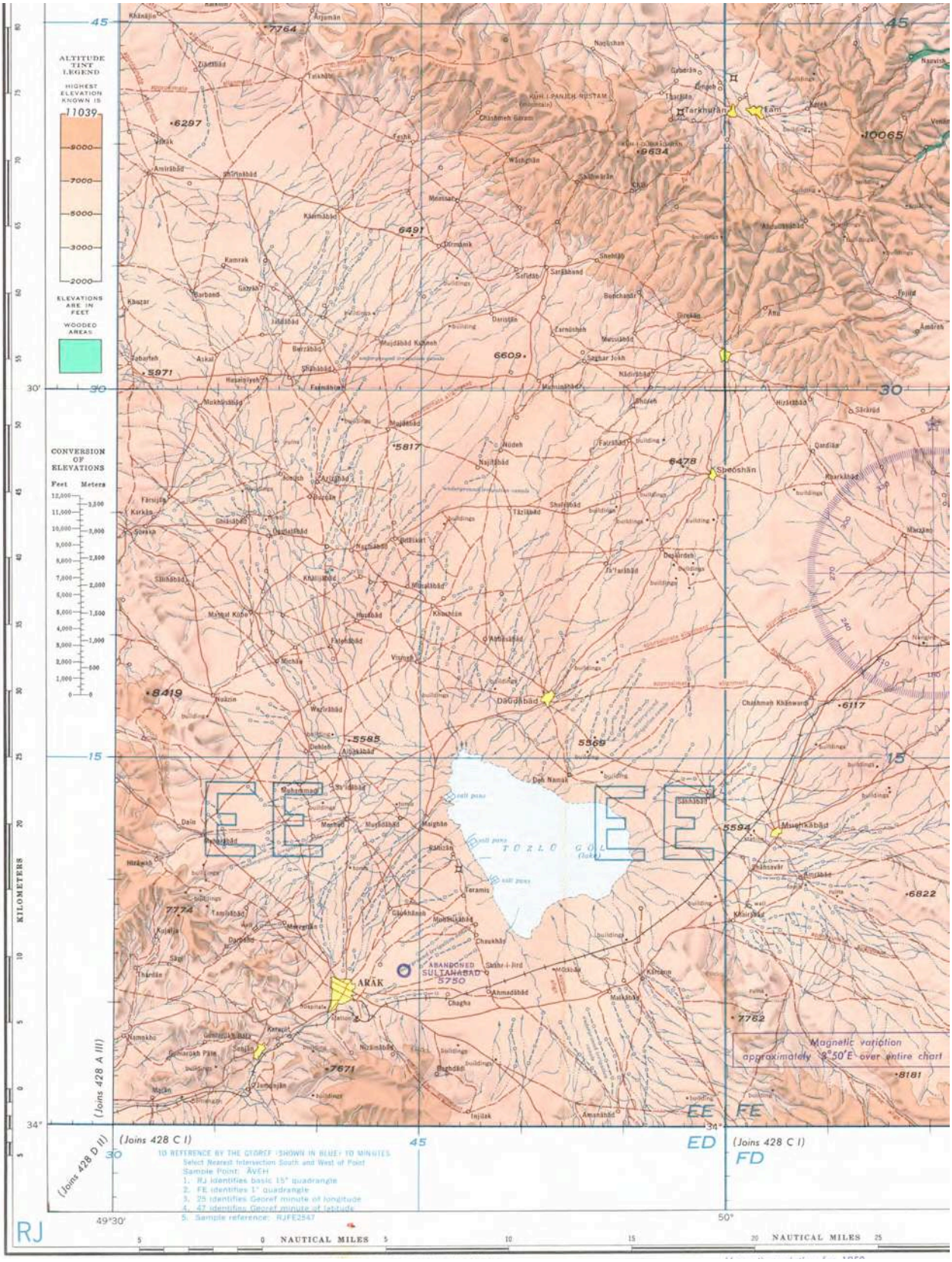
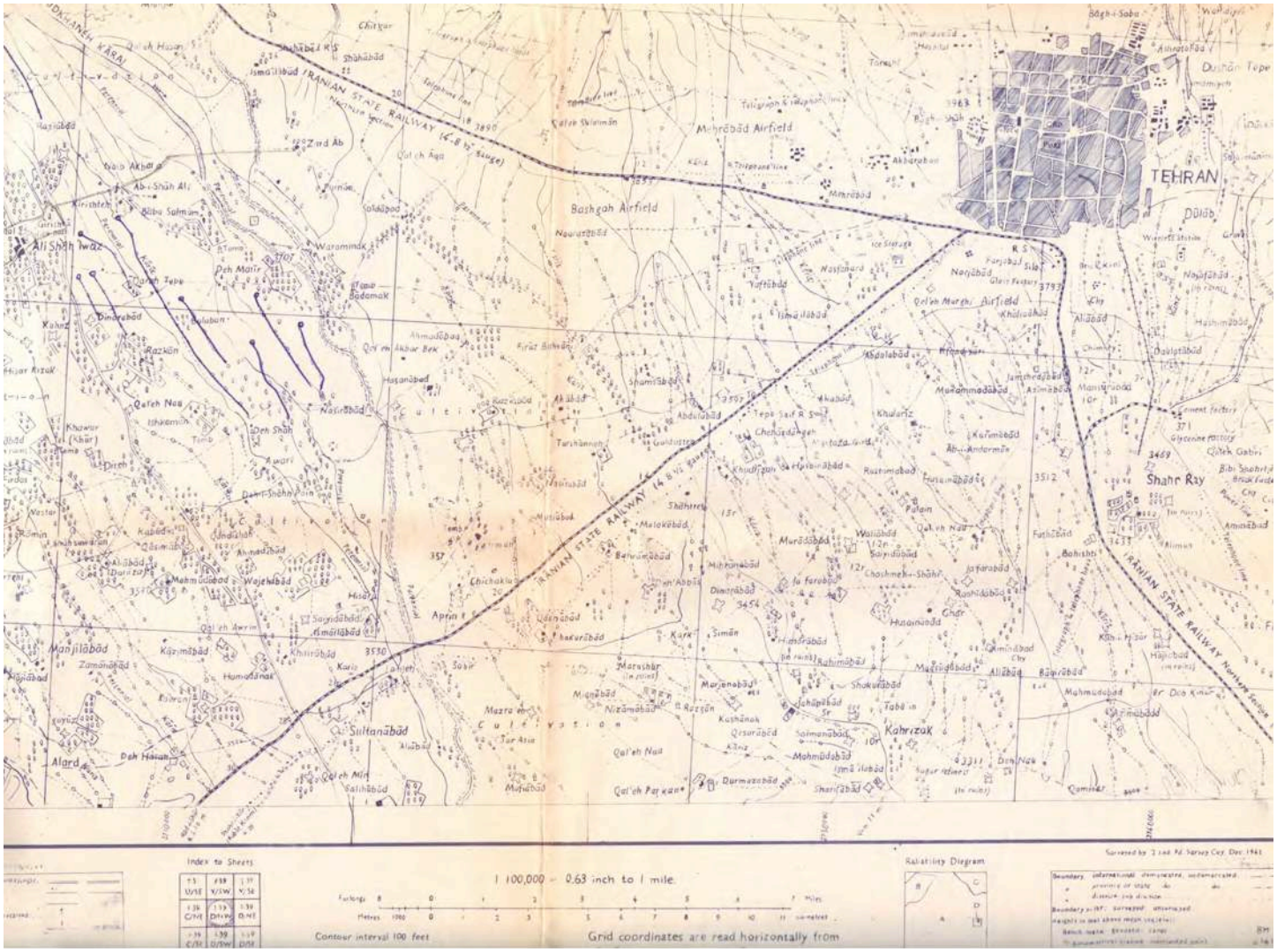


Figure 2 : Extrait de la USAF Aeronautical Approach Chart, région au nord d'Arak. Qanat, représentés par des points vides reliés par des pointillés bleus plus épais que le lit des ravins et oueds intermittents, eux-mêmes représentés par des traits longs séparés par trois points et terminés vers l'aval par une flèche. La carte révèle l'organisation d'un bassin de piémont dont l'écoulement se fait vers un niveau de base, le Tüzlü Gül (nom d'origine turque), un lac salé. Quelques villages en …khane (la maison), des lieux remarquables (meched, tombeau de saint, mausolée)


TEHRAN
Mehrābād Airfield
Bashgah Airfield
Qal'eh Murghi Airfield
Shahr Ray
Kahrizak
Sultanābād
Alard
Manjilābād
Ali Shāh Iwaz
Dīnārābād
Qal'eh Nau
Hasanābād
Nasīrābād
Aprin
Chichaklu
Mazra'eh
Qal'eh Pa'kaneh
Durmazābād
Shāhrābād
Ismā'īlābād
Zard Ab
Qal'eh Āqā
Qal'eh Sulaimān
Tūpkhānah Kārai
Dushān Tepe
Bāgh-i-Sabz
Dūlāb
Shāh Ali
Ab-i-Shāh Ali
Qal'eh Nau
Dīh Shāh
Dīh Hasan
Qal'eh Mīn
Salihābād
Mujīābād
Nizāmābād
Qasrābād
Sulaimānābād
Mohammadābād
Ismā'īlābād
Sharīfābād
Qal'eh Nau
Qāmīābād
Mahmūdābād
Ālīābād
Bāqirābād
Ālīābād
Mohammadābād
Ahmadābād
Mahmūdābād
Wajehābād
Hasan
Saiyidābād
Ahmadābād
Khairābād
Karīmābād
Zamānābād
Homādānak
Qal'eh Awrim
Sabir
Karīz
Kārk
Simān
Marushār
Marjanābād
Kushānak
Qasrābād
Sulaimānābād
Mohammadābād
Ismā'īlābād
Sharīfābād
Durmazābād
Qal'eh Pa'kaneh
Tabā'in
Shakurābād
Jahāpādāb
Ruhimābād
Hamīrābād
Hasainābād
Ghār
Kāmīābād
Mazīdābād
Ālīābād
Bāqirābād
Mahmūdābād
Ahmadābād
Ja'farābād
Bahrābād
Futhābād
Pālam
Qal'eh Nau
Walīābād
Saiyidābād
Murādābād
Mehrābād
Dīmrābād
Bahrāmābād
Malekābād
Shāhrābād
Tepe Sa'id
Chehārdangeh
Khudīān
Ruzīmābād
Kāmīābād
Abū-Andermān
Khudāriz
Muhammadābād
Ālīābād
Ālīābād
Dūlatābād
Hashimābād
Nasīrābād
Ismā'īlābād
Yaftābād
Nasīrābād
Ismā'īlābād
Abdulābād
Shamīābād
Abdulābād
Tarshānak
Ahmadābād
Kiraz Sulaimān
Ahmadābād
Qal'eh Akbar Bek
Hasanābād
Tūpkhānah Kārai
Qal'eh Hasan
Ismā'īlābād
Shāhrābād
Zard Ab
Qal'eh Āqā
Qal'eh Sulaimān

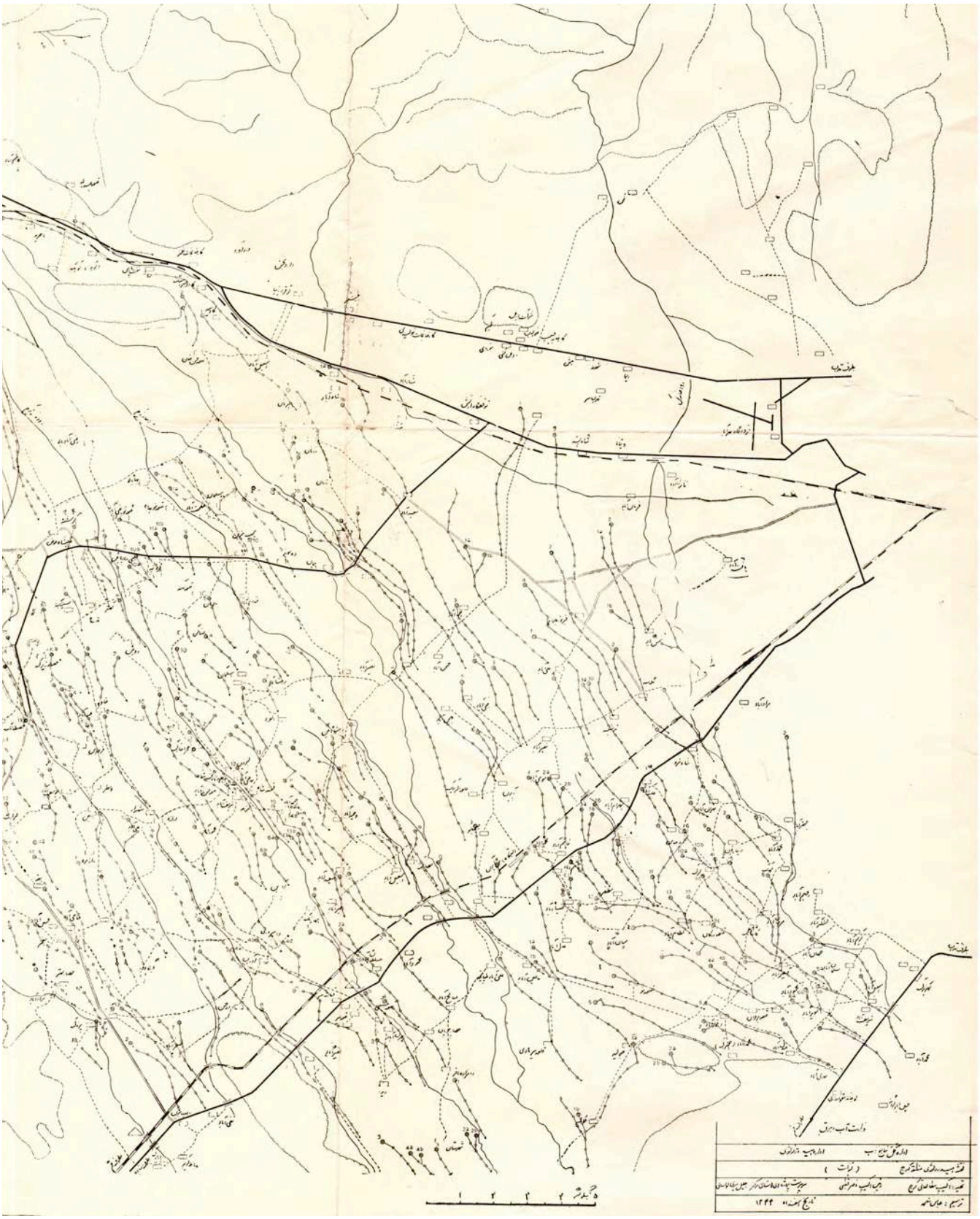


Figure 4 : Extrait réduit de la région au sud–est de Karaj. La mesure précise des qanat et surtout leur attribution à chaque village par des numéros permet de connaître le détail du réseau et de la répartition entre les villages. Aucune culture n'est mentionnée, le sol dans son entier étant mis en culture et aucune attribution de propriété ne pouvant être faite à cette échelle.

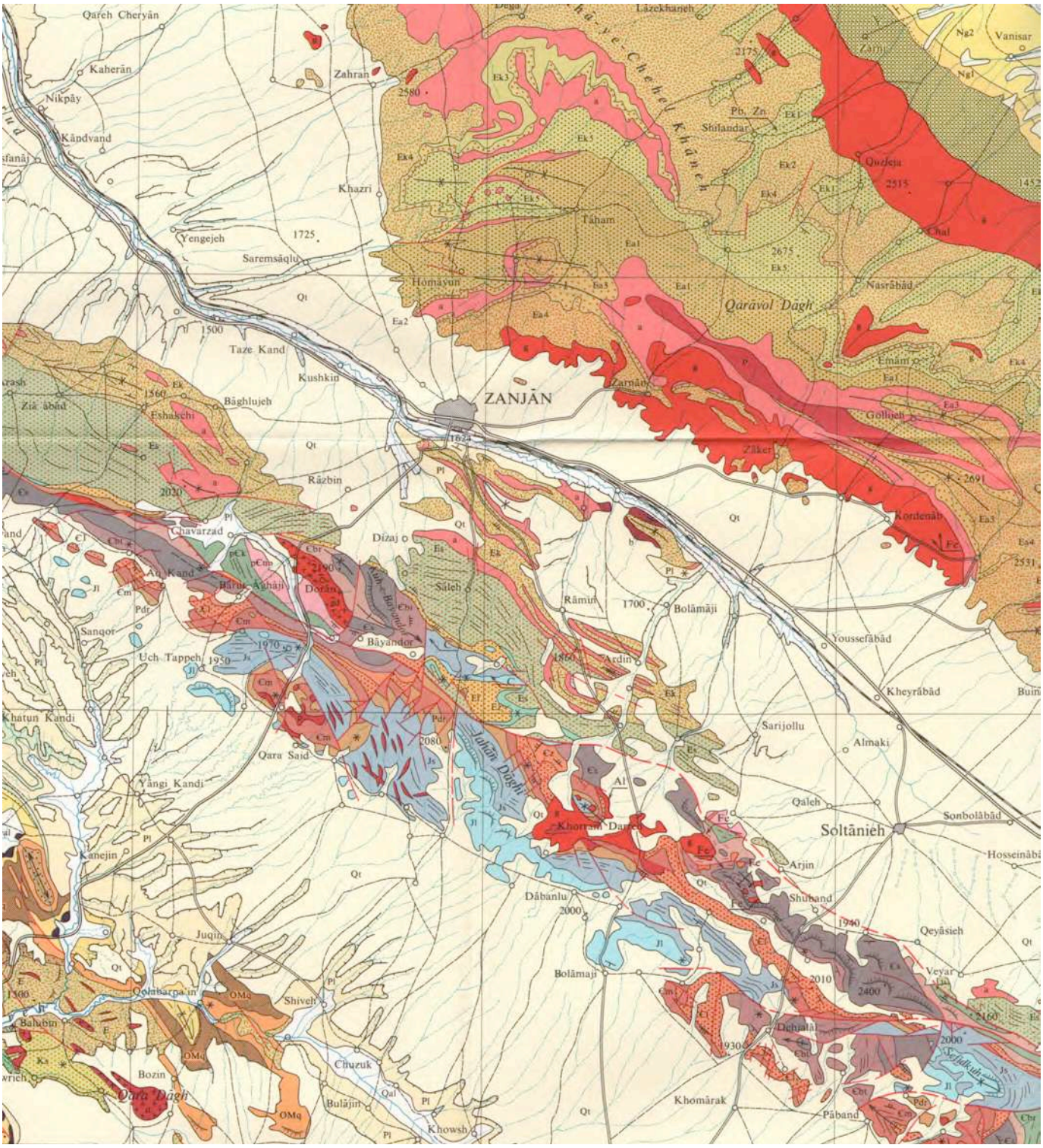


Figure 5 : Réduction de la feuille entière de Zanjân de la Geological Quadrangle Map of Irân. Elle montre parfaitement bien la place importante qu'occupent les aplanissements quaternaires dans l'ensemble des chaînes iraniennes au pied des monts Elborz. Reliefs et fleuves sont orientés du nord-ouest au sud-est. La feuille individualise l'ensemble oligo-miocène au sud (2771 m avec les deux très belles cluses de la rivière Uzundareh (toponymie turco-persane, la « vallée des raisins), les deux piémonts nord et sud de l'axe précambrien-jurassique-éocène orienté nord-ouest/sud-est au centre le la feuille (2 000 à 2700 m), la vallée du Zanjân Rud coulant vers le nord-ouest de 1 750 à 1 400 m), le massif éocène de la Karaj formation à intrusions granitiques et coulées de la lave andésitique culminant à 2 904 m, la vallée du Rud-e-Kizil Uzan (toponymie mixte persan-turc) jusqu'au barrage de Rudbar-Manjil (altitudes très basses comprises entre 550 et 320 m), enfin le massif ancien des monts de Talesh dans le coin nord-est culminant à 2 770 m. La carte ne comporte que le tracé de quelques qanat, en particulier dans les environs de Soltanieh et Abhar, mais elle donne de bonnes indications sur les vallées que l'on pourra trouver sur d'autres cartes.

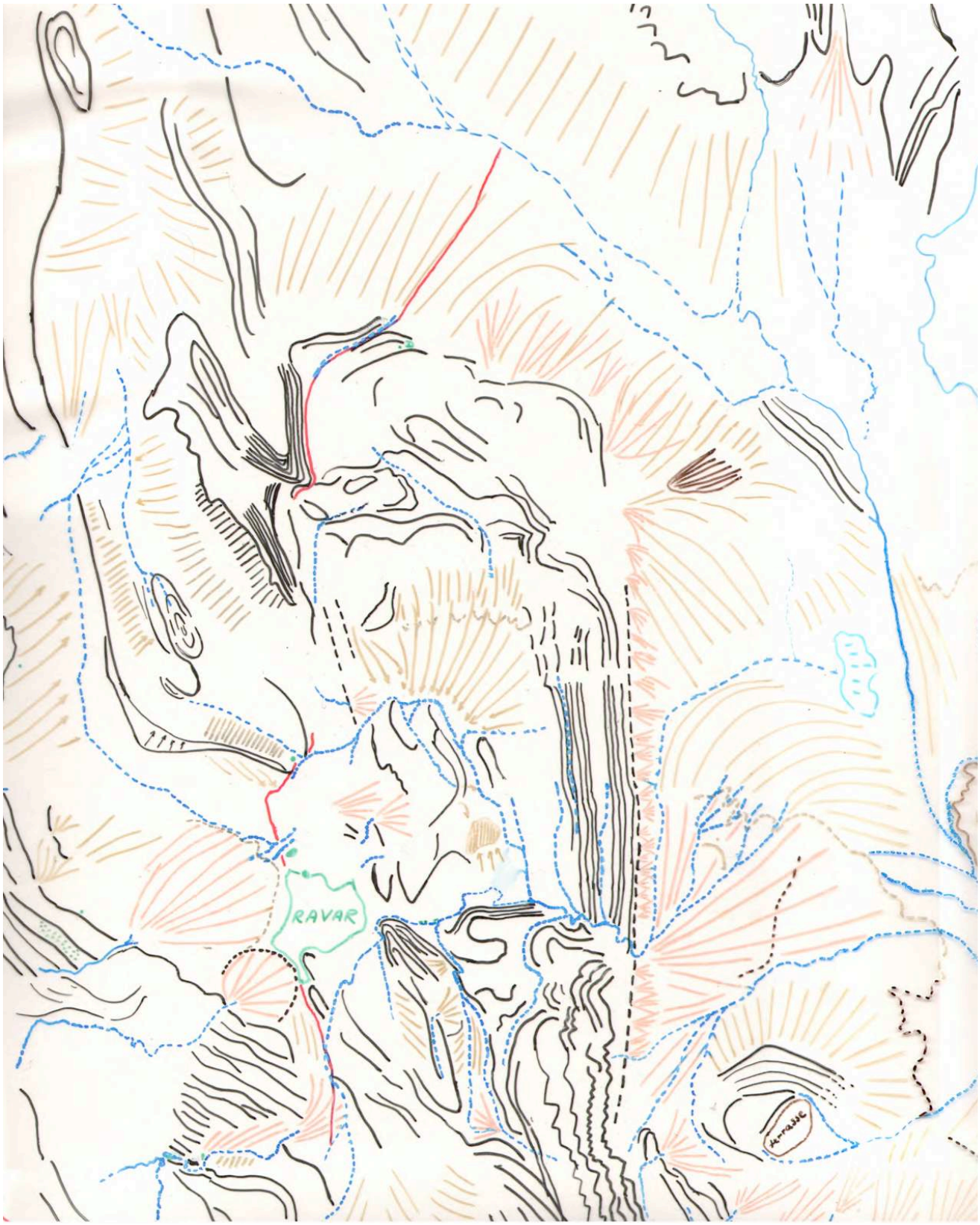


Figure 6 : Ravar dans sa région

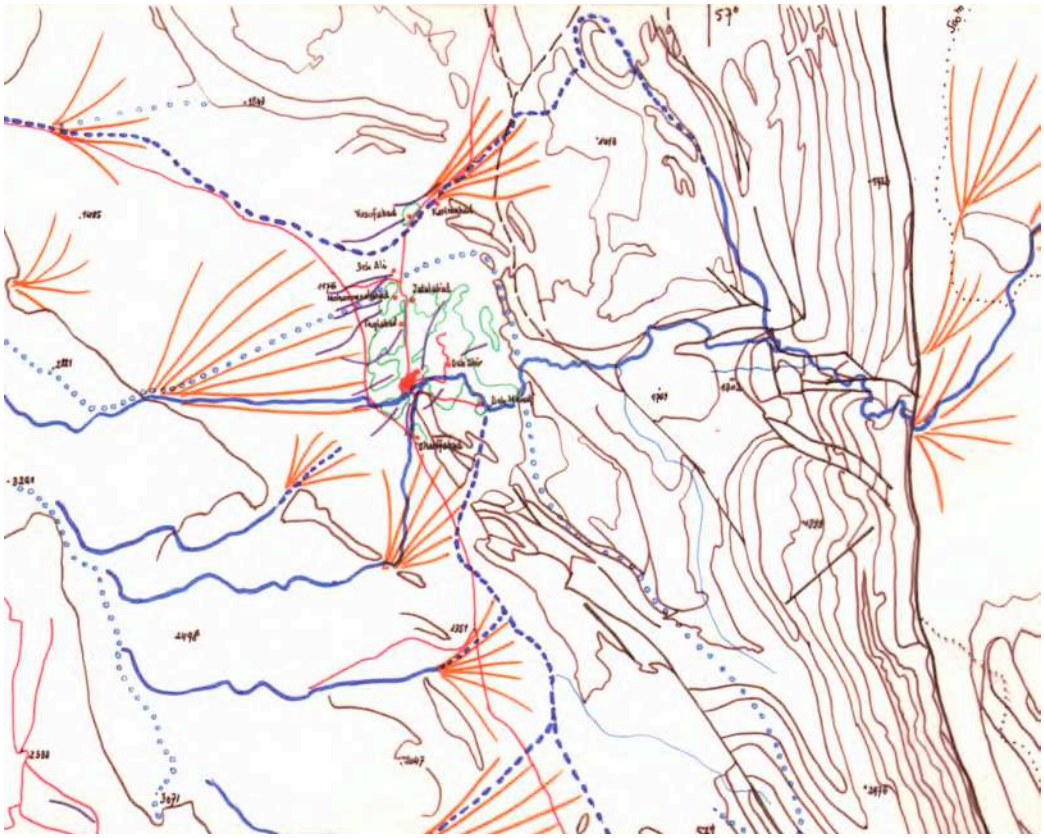


Figure 7 : Le réseau d'écoulement dans la proximité immédiate de Ravar et la situation des qanat *les plus importants*

Figure 8 : L'oasis de Ravar et les trois origines de l'irrigation de ses cultures

Figure 9 : Relevé schématique des formes principales du relief et de l'écoulement des eaux à partir des photographies aériennes qui constituent la carte 63 Tabas – Dehuk – Bosruyeh, dont les coordonnées délimitent l'espace entre les 57° et 58° de longitude

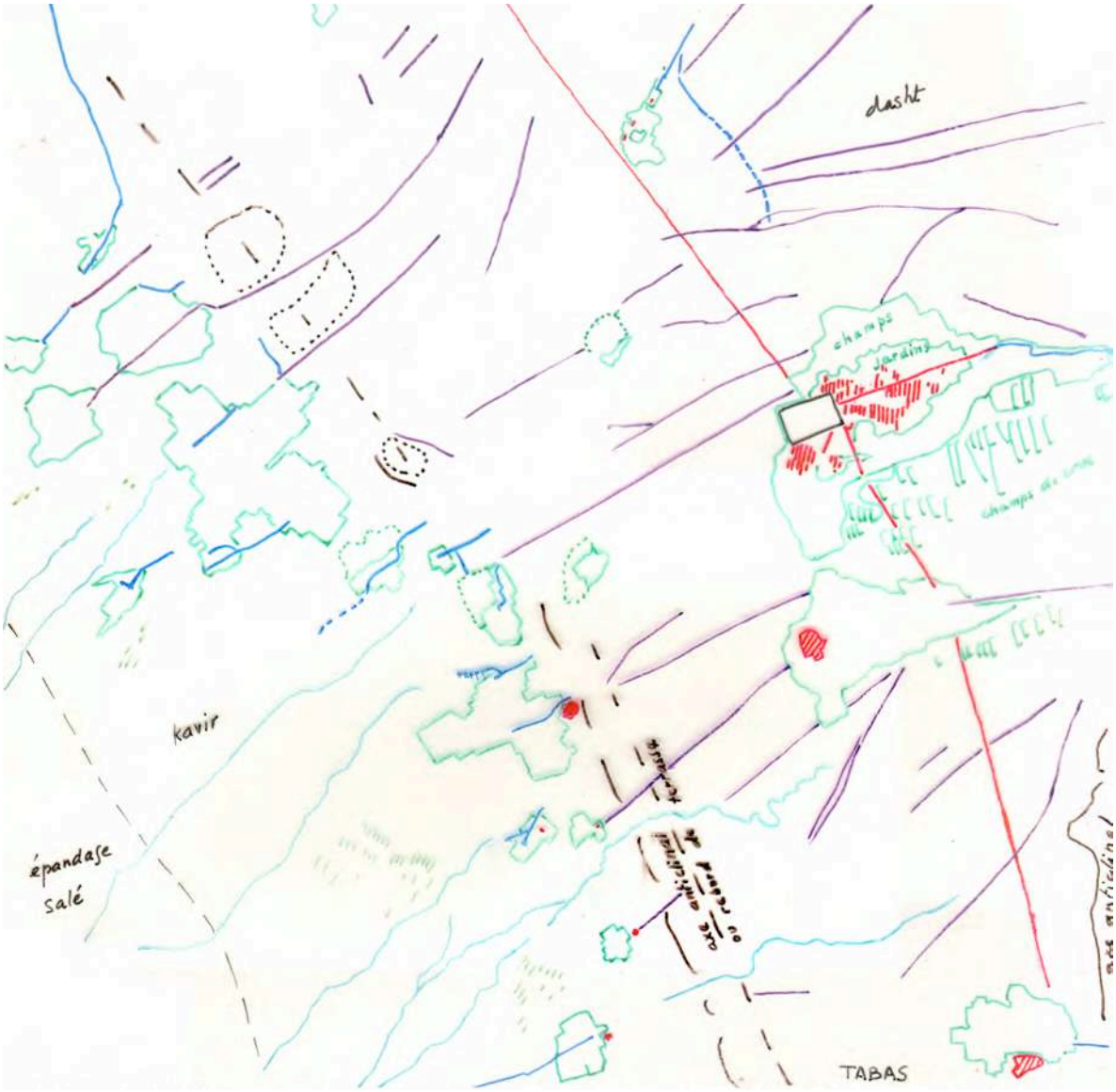


Figure 10 : L'oasis de Tabas, d'après une photographie aérienne dont les coordonnées et l'échelle ont été caviardées

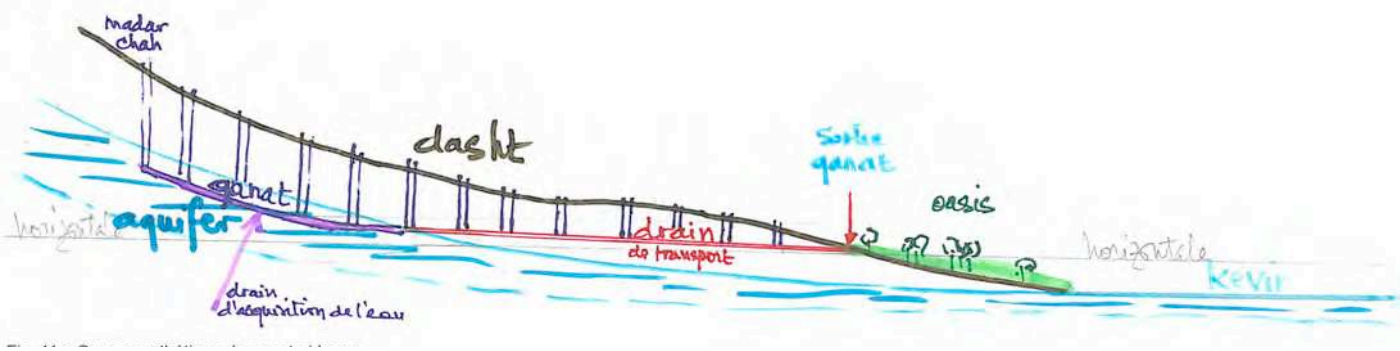


Figure 11 : Coupes synthétiques de qanat *et* karez

Photo 1 : Les 4 qanats qui approvisionnent les jardins et les champs du hamau de Kirimabad, juste à la lisière du désert du Lut.

Photo 2 : Réparation du madar chah du qanat de Gok.

Photo 3 : Puits du qanat de Gok près de Shahdad, désert du Lut.

Photo 4 : Intérieur du qanat de Dehe Qazi.

Photo 5 : Sortie du qanat de Baluchab, en direction du désert du Lut.