

Irrigation et maîtrise de l'eau sur un versant des Andes péruviennes

Dominique Hervé, Henri Poupon, Philippe Rousseau

Citer ce document / Cite this document :

Hervé Dominique, Poupon Henri, Rousseau Philippe. Irrigation et maîtrise de l'eau sur un versant des Andes péruviennes. In: Études rurales, n°115-116, 1989. Hydraulique. pp. 159-176;

doi : 10.3406/rural.1989.3262

http://www.persee.fr/doc/rural_0014-2182_1989_num_115_1_3262

Document généré le 31/05/2016

Abstract

The Control of Irrigation on a Slope of the Peruvian Andes

Herein, an account is given of a study that sought to confirm peasant's observations of a lack of water on the western slopes of the Andes, where irrigation is a necessity. Development organizations have used these observations to increase the capacity of artificial lakes and make irrigation canals (dating from before the 15th century and still in use) water-tight. The diagnosis of the gravitational irrigation system in Pampas district (Yauyos, Lima, Peru) shows that there is enough water available at present and that the possibilities of adjusting the system are limited. In the catchment basin, irrigators' associations adjust the size of fields, sowing dates, and water needs for crops (mainly maize and alfalfa) to the quantity of water stored during the rainy season. The system's future can be ensured only by limiting both water losses during the irrigation of lots and soil losses from runoff on the steep slopes (20%-70%). These results can be generalized to the various types of village hydraulic networks on the western slopes of the Andes.

Résumé

L'étude dont rend compte cet article cherchait à vérifier la validité du constat fait par les paysans d'une insuffisance en eau sur le versant occidental des Andes, où l'irrigation est obligatoire. En effet, les organismes de développement s'appuient sur ce constat pour augmenter la capacité des lacs glaciaires et rendre étanches les canaux d'irrigation, antérieurs au XVe siècle et toujours en fonctionnement. Le diagnostic du système d'irrigation gravitaire du district de Pampas (Yauyos, Lima) montre que la quantité d'eau disponible est actuellement suffisante et que les possibilités d'ajustement du système sont réduites. L'association des irrigants adapte, à l'échelle du bassin versant, les superficies, les dates de semis et les besoins en eau des cultures (maïs et luzerne principalement) à la quantité d'eau stockée durant la période des pluies. La pérennité du système ne peut être assurée qu'en limitant les pertes d'eau liées aux pratiques d'irrigation à la parcelle et les pertes de terre dues au ruissellement sur de très fortes pentes (20% - 70%). Ces résultats sont généralisables aux différents types de réseaux hydrauliques villageois du versant occidental des Andes.

DOMINIQUE HERVÉ, HENRI POUPON ET PHILIPPE ROUSSEAU

Irrigation et maîtrise de l'eau sur un versant des Andes péruviennes

Le versant occidental des Andes péruviennes, au moins dans sa partie centrale (Aréquipa-Ancash), est soumis à un régime pluviométrique faible¹. Les effets de l'insuffisance en eau pour les cultures, sur ce versant caractérisé par un relief abrupt aux pentes comprises entre 20% et 80%, sont aggravés du fait de l'exiguïté et de la faible fertilité des terres cultivables.

Les civilisations préincaïques ont développé, jusqu'à plus de 3500 mètres d'altitude, une agriculture sur terrasses irriguées grâce à des réseaux hydrauliques permettant le stockage de l'eau de pluie et sa redistribution en période sèche. Ces réseaux d'irrigation ont peu évolué au cours des siècles ; les instances responsables et les règles de distribution de l'eau entre parcelles ou entre paysans sont restées pratiquement inchangées [Guillet 1987 ; Espinoza Soriano 1971 ; Mitchell 1978]. L'État inca, puis espagnol, ainsi que les ministères de l'Agriculture de ces dernières décennies (Loi de l'eau de 1969) n'ont fait que légaliser des usages préexistants. La plupart des projets d'irrigation ne sont que des réhabilitations de canaux anciens.

En revanche, la superficie et la répartition des terres irriguées, à l'intérieur des villages, ou même, plus généralement, à l'échelle des

1. Le déficit annuel moyen est de 670 millimètres, étalé sur neuf à dix mois (données météorologiques relevées entre 1964 et 1985). A titre d'indication, Yauyos (2871 mètres d'altitude) reçoit 480 millimètres répartis sur trois mois avec une forte hétérogénéité entre les années.

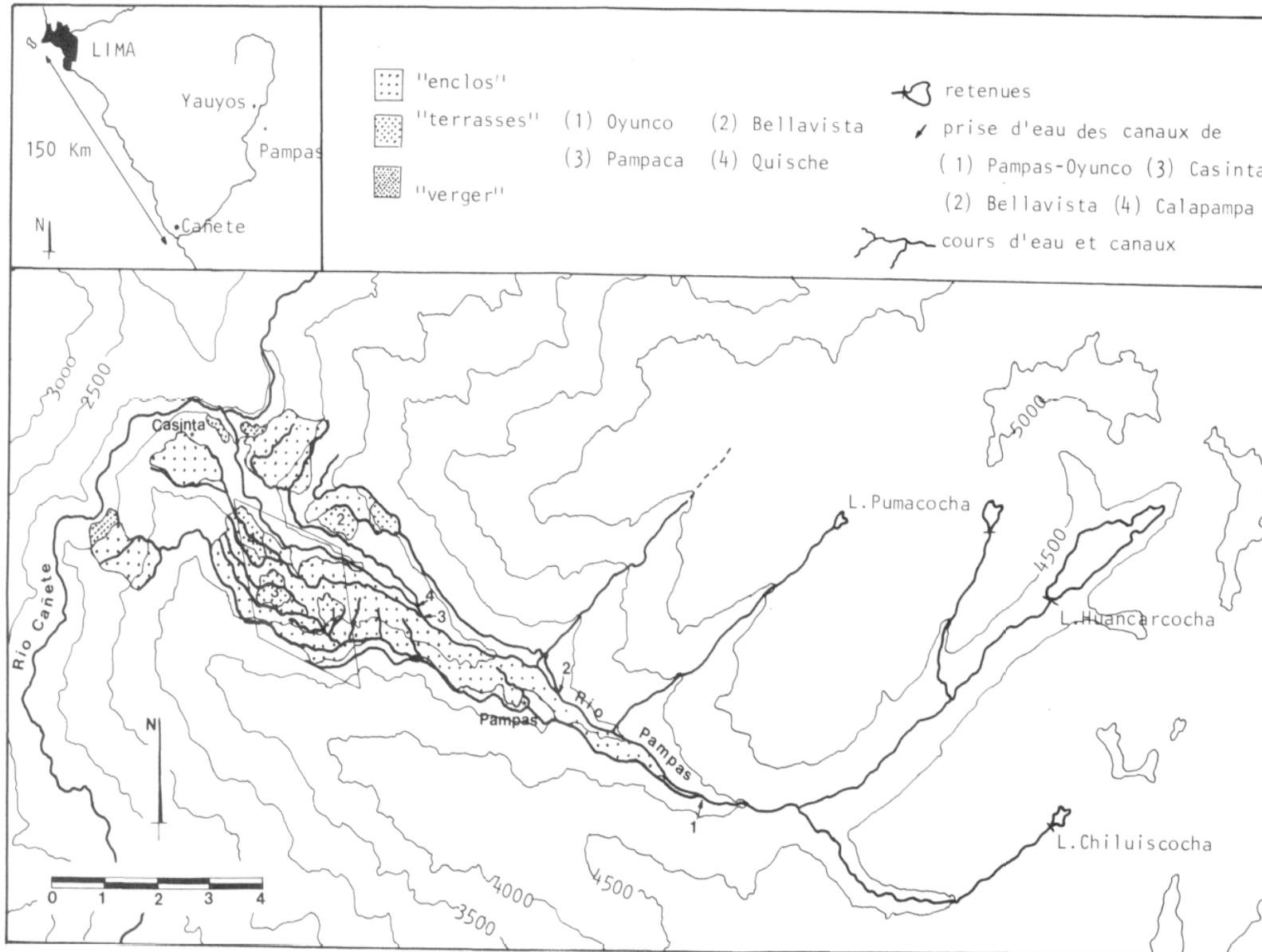


Fig. 1 - Le réseau hydraulique et les zones de production.

versants, a considérablement changé depuis la conquête espagnole : il semble que plus de 50% des terres qui étaient irriguées à l'époque précolombienne ne le soient plus actuellement [Guillet 1987].

Les terrasses consacrées au maïs ne couvrent plus qu'une superficie résiduelle de ce qui fut le principal système de culture préincaïque. Une grande partie des murets de soutènement a été détruite à partir du XVI^e siècle pour regrouper et enclore les terres afin d'y cultiver de la luzerne. Cette culture fourragère, introduite par les Espagnols, devait servir dans un premier temps à alimenter les caravanes de mules transportant les produits miniers. Elle a permis ensuite le développement d'un élevage bovin laitier à vocation fromagère. Plus récemment, et sur des superficies encore réduites en fond de vallée, apparaît une production fruitière [Lausent 1983].

Ces changements de systèmes de culture ont façonné le terroir actuel sur lequel sont associés deux modes d'irrigation : l'un sur terrasses, cultivées en maïs, et l'autre sur pente pour irriguer les grandes parcelles encloses cultivées en luzerne (*potreros*).

Pour vérifier la validité du constat de manque d'eau, formulé par les paysans eux-mêmes, nous analyserons ici le fonctionnement du système d'irrigation gravitaire du bassin versant de Pampas (Yauyos, Lima), qui dessert plusieurs villages (cf. fig. 1). Les cultures pratiquées et la grande diversité topographique recouvrent des situations caractéristiques du versant occidental des Andes. En outre, les registres d'irrigants y sont complets et tenus à jour pour chacun des quatre canaux principaux d'irrigation.

Le réseau hydraulique

L'infrastructure mise en place pour collecter l'eau en saison des pluies, afin de la redistribuer, en saison sèche, sur les 767 hectares de cultures irriguées, consiste en trois retenues d'altitude et un réseau de quatre canaux principaux (*acequia*) se ramifiant sur les versants en de nombreux canaux secondaires puis tertiaires qui conduisent l'eau sur chaque parcelle.

Les retenues sont situées entre 4450 et 4580 mètres d'altitude dans de vastes auges glaciaires. Les barrages sont faits de deux murs de pierres jointives soutenant un talus de terre sableuse d'un mètre et demi d'épaisseur, renforcé tous les dix mètres par des contreforts en pierre et en terre. Les volumes d'eau actuellement stockés représentent 5 100 000 m³ soit, en moyenne, 30% des eaux de pluies annuelles précipitées sur les bassins collecteurs. Le débit à la sortie des retenues est réglable à l'aide d'une vanne qui, dans la pratique, est maintenue ouverte ou fermée, sans palier intermédiaire. Les cinq heures de marche

qui séparent les lacs du bourg de Pampas expliquent ce choix délibéré de ne pas gérer plus finement les volumes d'eau disponible.

Au niveau des lacs, très étendus mais peu profonds (celui de Huancarchocha a 3 mètres de profondeur en moyenne pour une superficie avoisinant les 90 hectares), des pertes importantes ont lieu par évaporation et infiltration, la texture du sol étant très sableuse. L'acheminement de l'eau, réalisé dans le lit naturel du Rio Pampas jusqu'aux prises d'eau des différents canaux, est également sujet à de nombreuses pertes. Les canaux, d'origine préincainque, sont rarement cimentés. La présence de toute une flore spécifique, dont des eucalyptus, signale une forte infiltration. Les pertes résultent principalement de la mauvaise fermeture des sorties d'eau vers les parcelles après irrigation (les prises sont généralement obstruées par des blocs de pierres et de terre enherbée). De plus, une quantité importante d'eau échappe à la canalisation au cours des traversées de zones rocheuses ou de trop fortes pentes. Plus de 60% d'eau disparaît ainsi le long des 10 kilomètres du canal de Pampas-Oyunco. Ce sont ces pertes que les organismes de développement cherchent à éliminer en cimentant les canaux principaux. Toute cette eau "perdue" circule souterrainement, approvisionne les nappes et alimente les canaux situés en aval. Ces pertes sont en fait "nécessaires" ; vouloir les résorber, en cimentant les canaux, risque de déséquilibrer le système.

Le terroir irrigué : luzernières et terres à maïs

Toutes les terres cultivées de Pampas sont irriguées. Étant donné les faibles surfaces des vergers, on peut considérer que l'eau disponible durant la saison sèche est redistribuée sur deux types d'aménagement : les terrasses de maïs et les enclos de luzerne (cf. fig. 1).

Les terrasses de maïs forment quatre îlots, *maizales*, dispersés dans un terroir occupé essentiellement par de "grandes" parcelles de luzerne (0,1 à 1 ha) qui épousent les fortes pentes du versant (40 à 70%) et sont encloses par des murets de pierre soulignés par des haies arbustives conférant au paysage un aspect bocager. Dans les enclos, les ouvrages anti-érosifs sont en grande partie détériorés. Après six à huit ans de luzerne pâturée, les agriculteurs labourent les parcelles envahies d'adventices (*Pennisetum clandestinum*) pour deux ou trois campagnes de maïs "nettoyantes".

Les terrasses, situées généralement dans les bas de versants au relief plus doux (pente inférieure à 20%), sont cultivées en maïs, année après année, soit exclusivement, soit en association avec d'autres cultures (haricot, fève, quinoa, Calebasse, orge, etc.). Chaque ensemble de terrasses ou *maizal*, d'une dizaine d'hectares, est irrigué en un ou deux

jours. Chaque parcelle regroupe une ou plusieurs terrasses échelonnées verticalement, de superficie variant entre 20 et 100 m², susceptibles d'être irriguées à partir de la même prise d'eau.

Pour remédier à la dispersion de leurs parcelles dans le *maizal*, les irrigants s'associent pour mettre en eau, ensemble, des blocs continus de terrasses. Ces parcelles ne sont pas encloses individuellement, mais, pendant la période de culture, l'ensemble du *maizal* est fermé par une enceinte élevée en commun et maintenue jusqu'au moment de l'ouverture au bétail, fixée collectivement en fonction de la date de récolte et donc de l'altitude.

L'irrigation conditionne en grande partie le calendrier agricole (cf. fig. 2). Les paysans cherchent à maintenir la luzerne le plus longtemps possible à cause des coûts élevés d'installation et de retournement. En avril, lors du second désherbage du maïs installé en janvier, un semis sous couvert bénéficie de l'eau apportée en quantité importante pour le maïs. Toutefois, la majeure partie des semis est réalisée en août, après la récolte du maïs, évitant ainsi toute concurrence entre les besoins en eau et en main-d'œuvre.

Les paysans, qui consomment de préférence le maïs en grain laiteux, cherchent à étaler au maximum la récolte à ce stade, avec un rendement de 2 à 3 t/ha. Les besoins en eau du maïs dépendent du cycle et donc de la date de semis qui varie selon l'altitude. A Pampas, le maïs est semé à trois époques différentes : à la fin du mois d'octobre, les 8 à 10 hectares des *maizales* de Bellavista et Oyunco, à des altitudes d'environ 3000 mètres, sont semés pour permettre une récolte de grain laiteux d'avril à mai. Le reste, soit approximativement la moitié, est récolté, sec, en juin. La superficie ainsi semée est limitée car la production obtenue est suffisante.

De la fin décembre à la mi-février, les paysans sèment le maïs sous pluie sur la totalité des enclos et sur les *maizales* de Quische et Pampaca, de plus faible altitude (entre 2500 et 2700 m). La récolte de maïs frais se situe en juin, celle de maïs sec, début août. En l'absence de possibilité d'irrigation complémentaire à cette époque, les rendements obtenus varient d'une année à l'autre, en fonction de l'occurrence des pluies au moment de la germination et de la levée du maïs. Des gelées nocturnes, en mai, peuvent détruire les cultures.

Le maïs semé en août, sur 2 à 3 hectares des *maizales* supérieurs, est récolté dans sa totalité au stade laiteux, en janvier.

Les associations d'irrigants

Dans le bassin versant de Pampas, deux villages bénéficient du même réseau d'irrigation : Pampas et Casinta. Jusqu'en 1957, les limites de la communauté de Pampas et du réseau hydraulique coïncidaient avec celles

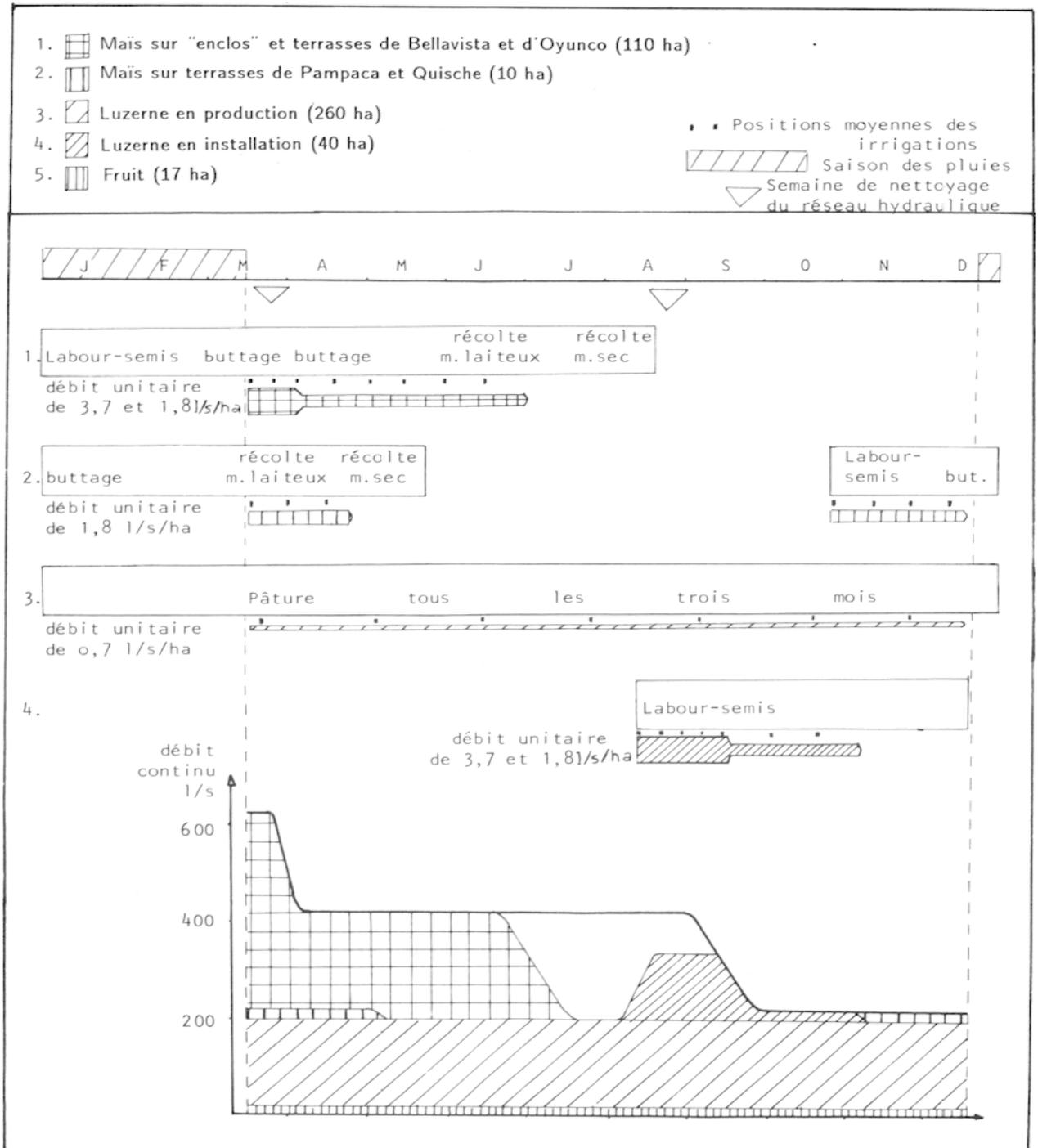


Fig. 2 - Calendrier agricole et répartition de l'eau pour le canal de Pampas-Oyunco.

du bassin versant. Tout conflit se résolvait alors à l'échelle du village sous l'égide de l'association des irrigants. Dès la fin du XVIII^e siècle, des familles de Pampas colonisèrent la partie basse de la vallée après avoir rétabli un ancien canal incaïque et formèrent une "annexe" (*anezo*), Casinta. En 1957, à la suite de conflits fonciers avec Pampas, Casinta a pris son indépendance, perdant l'accès aux pâturages d'altitudes pour ne garder qu'un canal en bas de réseau, alimenté par les "pertes" des canaux en amont [Bey 1988]. Cette répartition "naturelle", non réglementée, entre les deux communautés fait que les litiges ne peuvent s'exprimer en termes de vol de tours d'eau ou de désaccord sur les heures d'utilisation, comme l'ont observé F. Greslou et B. Ney [1986] entre les communautés de San Juan et Huascayo (vallée de Chancay). Un recours est possible auprès d'une instance à l'échelle du bassin versant, l'organisation des utilisateurs des réseaux hydrauliques du bassin du Cañete [Fonseca 1983].

La gestion de l'eau est assurée par deux assemblées, constituées chacune des irrigants de la communauté, d'un président et d'un "administrateur de l'eau" par canal. Les assemblées élisent leurs représentants pour deux ans, veillent à l'application des règles de distribution de l'eau et à la gestion d'une "caisse". L'administrateur organise et surveille la distribution des parts selon un registre qu'il élabore en début de mandat, le *padron de regantes*, qui indique pour chaque irrigant le lieu-dit, la culture, le nombre d'unités de volume d'eau allouées par parcelle et par tour d'eau, l'extension de chacune de ses parcelles, et enfin le nombre total d'unités de volume d'eau distribuées et le nombre de jours de travail communautaire que l'irrigant devra fournir.

L'administrateur contrôle le bon état du canal et du réseau afférent. Il convoque tous les irrigants pour le nettoyage, fin mars et fin août. Ces travaux collectifs, et obligatoires pour qui veut préserver son droit à irriguer, sont l'occasion des principales fêtes du village.

La distribution des tours d'eau est planifiée, chaque semaine ou bimensuellement, en assemblée sur la place du village. Chaque paysan fait alors la demande que la quantité d'eau qui lui est attribuée dans le *padron* lui soit réservée et verse un *inti*² par unité d'eau. Il doit une journée de travail pour quatre unités utilisées. C'est au cours de ces assemblées que se décident les dates de labour, de semis et de récolte du maïs sur les terrasses.

L'assemblée des irrigants contrôle, par l'intermédiaire de ses élus, trois niveaux du réseau. Elle fixe d'abord la date d'ouverture de la première retenue. L'ordre dans lequel les retenues sont vidées est constant d'une année à l'autre. La durée de vidange ne dépend, dans l'utilisation actuelle, que du volume d'eau stocké. L'assemblée détermine ensuite la répartition de l'eau dans les quatre canaux principaux. En période sèche, l'eau provenant des lacs d'altitude est totalement

2. *Inti* = 30 centimes en mi-1987.

déviée, par un barrage de pierre et de terre, vers le premier canal de Pampas-Oyunco. Le débit de celui-ci diminue ainsi au rythme des vidanges des retenues : de 620 l/s après la période des pluies à 420 l/s, puis en octobre à 200 l/s. En revanche, la quantité d'eau circulant dans les trois canaux inférieurs est pratiquement constante tout au long de la saison sèche. L'eau provient pour une faible partie de l'excédent du premier canal, s'écoulant par un trop plein au niveau de sa prise d'eau, mais surtout de sources secondaires alimentées par l'eau infiltrée en amont sur les parcelles irriguées et sur le canal de Pampas-Oyunco. On constate que proportionnellement à la superficie irriguée, le canal de Casinta est celui qui reçoit le moins d'eau (0,64 l/s/ha contre 1 l/s/ha). Enfin, l'administrateur d'un canal intervient en cas d'irrégularités dans la distribution de l'eau entre les parcelles.

A Pampas, l'assemblée des irrigants est devenue la seule instance qui assure au village un fonctionnement cohérent. Ce passage d'une communauté de *comuneros*³ à une communauté d'irrigants⁴ résulte de deux phénomènes. D'une part, le territoire cultivé se limite de plus en plus aux terres irriguées [Hervé 1988]. Une fois les parcelles encloses, le problème du gardiennage du bétail trouve une solution strictement individuelle. Le rôle des instances traditionnelles villageoises se limite à la seule gestion des pâturages naturels. D'autre part, des chefs de famille, membres de la communauté (*comuneros*), vont chercher une activité plus rémunératrice dans les centres urbains et miniers. Ces *comuneros* ne reviennent que rarement au village pour y effectuer eux-mêmes les travaux obligatoires. Les uns payent des journaliers de la même communauté, sans terres ou petits agriculteurs, pour les réaliser à leur place. D'autres donnent directement à l'association des irrigants l'équivalent monétaire des journées dues. Dans les deux cas, l'assemblée communale ne peut guère prendre de sanctions à leur encontre.

A l'opposé, l'eau étant une ressource rare, les paysans irrigants n'ont pas intérêt à déclencher des sanctions qui limiteraient leurs tours d'eau. Ainsi les conflits sont-ils traités au sein de l'association des irrigants et seulement en ultime recours par l'assemblée communale. Dans d'autres cas, la communauté elle-même gère le réseau d'irrigation, ce qui évite les conflits entre institutions. Tous les propriétaires sont alors *comuneros* et le président de la communauté est le président de l'assemblée des irrigants [Claverias *et al.* 1986].

3. Un chef de famille de plus de 18 ans est *comunero* si son nom figure sur le registre des *comuneros*. Selon le règlement interne de la communauté, il possède des terres sur le territoire villageois, a le droit de vote en assemblée et réside en général dans le village.

4. "Irrigant" : chef de famille exploitant des parcelles irriguées dont il est ou non propriétaire, et dont le nom figure sur le registre des irrigants.

Une unité de mesure paysanne : la "mita"

La quantité d'eau allouée par parcelle dépend de deux facteurs : de la culture en place, qui détermine la fréquence de distribution (cette dernière est identique, pour une culture donnée, pour tous les irrigants) ; de la superficie, qui détermine, indépendamment de la culture, la quantité d'eau distribuée à chaque tour d'eau.

La *mita* est le terme utilisé dans le registre des irrigants pour comptabiliser les quantités d'eau affectées à chaque parcelle. Cette unité de mesure est toujours définie en référence à un canal donné : elle équivaut à une quantité d'eau véhiculée dans ce canal pendant une durée de 8 heures.

Une *mita* correspond au volume d'eau alloué en moyenne à un hectare de terrain. Or rares sont les parcelles atteignant ou dépassant cette superficie. Ainsi l'eau sera généralement distribuée en moitiés, voire en quarts de *mita*. On ne peut fractionner la *mita* qu'en fractionnant le débit, le laps de temps restant inchangé. La division du débit du canal, entre plusieurs utilisateurs, permet d'avoir à l'entrée de la parcelle un débit relativement faible, 10 à 25 l/s, adéquat pour l'irrigation gravitaire. Aux rares parcelles de plus d'un hectare sont affectés des multiples de *mita*, à concurrence de la capacité du canal déterminée par sa section. Le débit ne pouvant être multiplié, c'est la durée d'utilisation de ce débit qui augmente. Ainsi, une *mita* et demie équivaut à 8 heures d'irrigation avec un débit maximum plus 8 heures avec la moitié de ce débit.

Si, institutionnellement, une *mita* est distribuée par hectare et un quart de *mita* pour toute parcelle inférieure à 2500 m², on note toutefois des écarts importants à la règle ; pour le canal de Pampas-Oyunco, le ratio varie de 0,5 à 2,5 *mita*/ha. Certes, la nuit, les paysans reçoivent plus d'eau, en compensation. Mais cela n'explique pas tout. Faut-il supposer que certains usent de leur position de pouvoir pour bénéficier d'un supplément d'eau ? Ou bien relativiser ces différences par des décalages entre ce qui est enregistré sur le *padron* et ce qui est appliqué dans la réalité ?

Le volume d'eau que représente une *mita* dépend de la section du canal de référence ; la *mita* du canal de Casinta correspond à un débit de 120 l/s, celle de Calapampa à un débit de 60 l/s. Ainsi l'unité de base de la gestion de l'eau ne peut être que le canal, avec un "administrateur", un registre et une *mita*.

Pour un même canal, la *mita* dépend de l'époque considérée : les quantités d'eau véhiculées diminuent jusqu'à l'étiage au cours de la saison sèche. La *mita* varie également le long d'un même canal du fait des pertes par infiltration. Pour une parcelle située en haut du réseau, alimentée par le canal de Pampas-Oyunco, la *mita* correspond à un débit de 105 l/s ; pour les parcelles les plus éloignées, le débit est de 40 l/s. Si en bas du

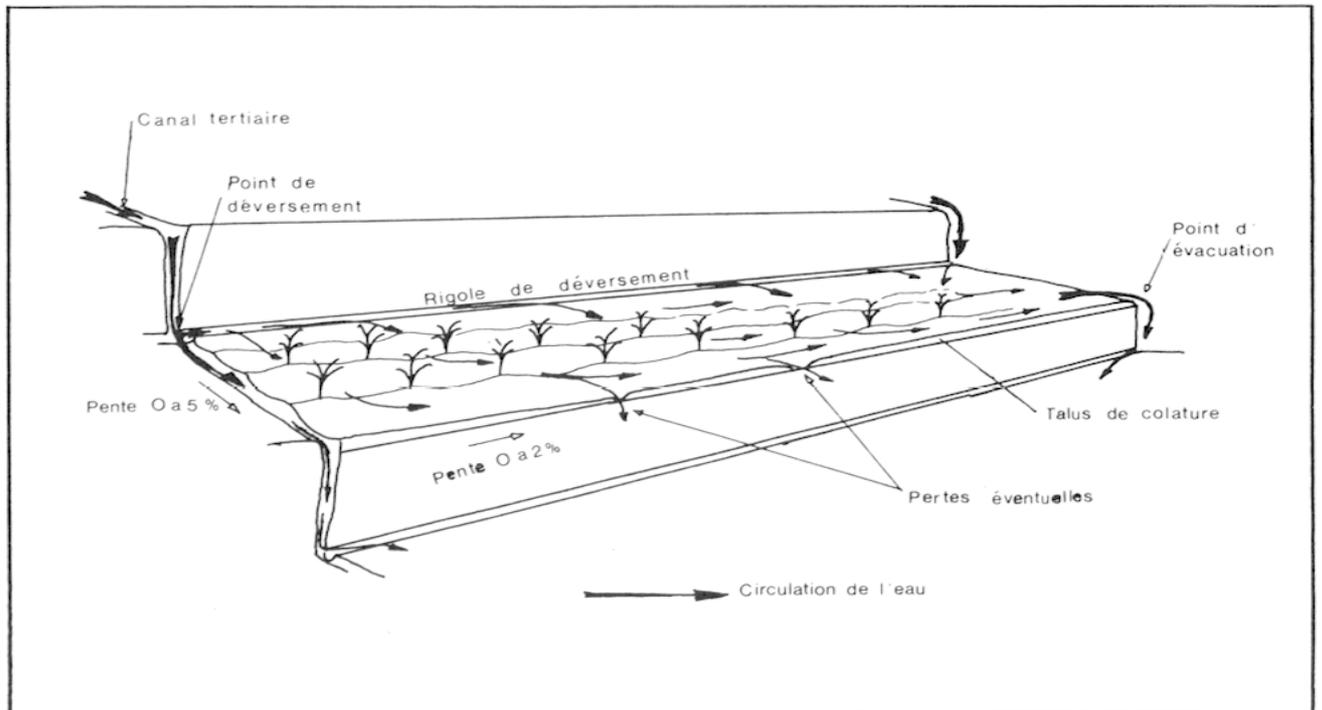


Fig. 3 - Répartition de l'eau sur terrasse.

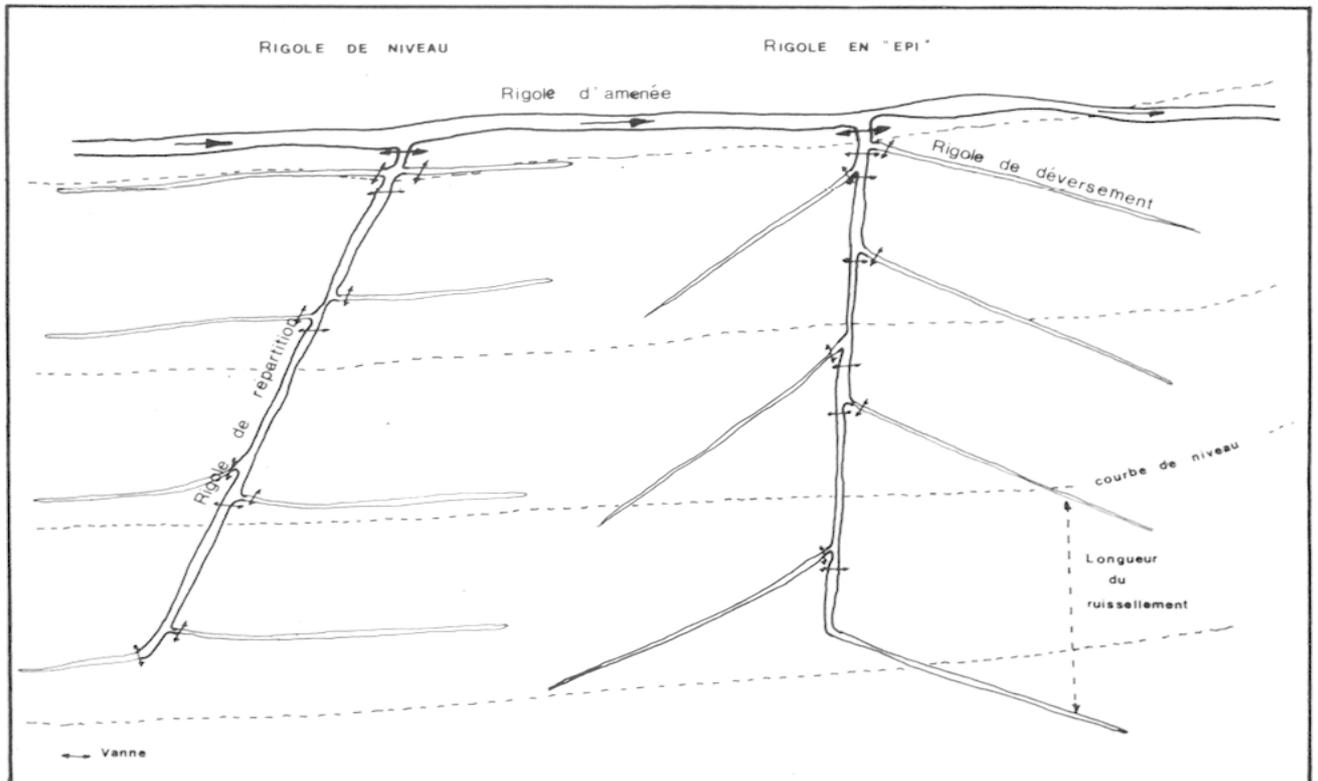


Fig. 4 - Irrigation gravitaire sur parcelle de forte pente.

réseau les 1150 m³ d'eau déversés durant les 8 heures, en utilisant tout le débit imparti, sont nécessaires pour irriguer correctement un hectare, on comprend que les 3020 m³ d'eau disponibles en haut du réseau soient largement excédentaires. Le paysan aura donc une marge de liberté plus élevée en haut du réseau qu'en bas pour adapter une conduite de l'irrigation comme bon lui semble. Généralement, désireux d'être délivré rapidement de ce travail, il utilisera le débit maximum disponible jusqu'à ce qu'il juge sa parcelle totalement irriguée. Ainsi, certains agriculteurs n'utilisent que 3 des 8 heures imparties. D'autres, plus sensibles aux problèmes d'érosion, déverseront l'eau sur leur parcelle avec un débit plus faible que celui du canal, pendant une durée avoisinant les 8 heures. Dans tous les cas, l'eau restante, gaspillée comme le dénoncent les irrigants d'"en bas", est en partie récupérée par les canaux en aval.

Pratiques de l'irrigation et effet érosif au niveau de la parcelle

La conduite de l'eau sur terrasse diffère totalement de celle sur pente. Sur les terrasses, le maïs est semé en poquets généralement alignés. Les légers sillons qui résultent du désherbage, orientés suivant la plus grande longueur de la terrasse, facilitent la distribution de l'eau. Elle ruisselle lentement sans se charger de terre, et submerge la terrasse avant de s'y infiltrer (cf. fig. 3). Les pertes de terre par cycle cultural sont faibles : elles ont pu être évaluées à 0,15 kg/m² en moyenne⁵ pour une nappe d'eau en bout de terrasse de 18 mm. Au cours de l'irrigation le paysan intervient peu sur la parcelle.

Sur les enclos, le maïs est semé en poquets non alignés, distants d'un pas. Lors du premier désherbage, avant irrigation, le paysan forme des cuvettes (*posada*) autour de chaque poquet. Il distribue ensuite l'eau d'une cuvette à l'autre en descendant (cf. fig. 4). Lorsque le couvert végétal se développe, il devient plus difficile d'intervenir ; l'eau emprunte les mêmes trajets, d'une cuvette à l'autre, en creusant des rigoles dans le sens de la pente. L'effet de la pente est faible en deçà de 20%, mais la charge en terre de l'eau recueillie en bas de parcelle double lorsque la pente est de 40% et quadruple à 60%. Pour un ruissellement en bas de parcelle élevé (290 mm), les pertes en terre sur un cycle cultural atteignent en moyenne 26 kg/m².

La luzerne, une fois installée, assure une couverture du sol qui divise la nappe d'eau en petits canalicules, favorise l'infiltration, ralentit l'écoulement et limite le départ de particules terreuses. Les problèmes d'érosion liés au ruissellement superficiel ne sont pas préoccupants.

5. Ces pertes ont été mesurées pour des débits à l'entrée des parcelles compris entre 10 et 30 l/s.

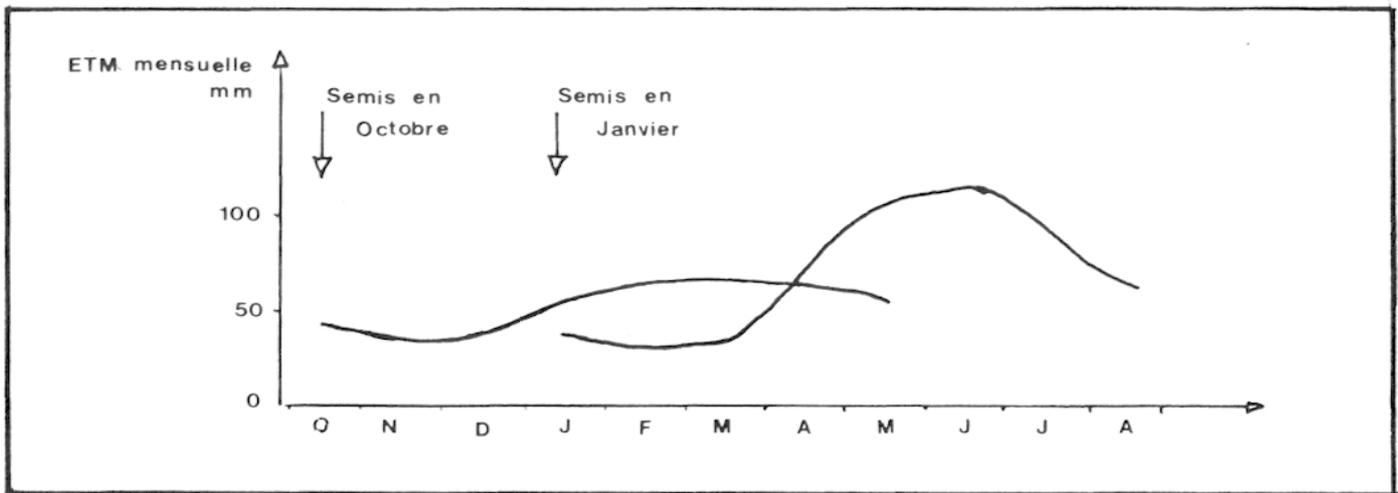


Fig. 5 - Évolution de l'ETM mensuelle du maïs.

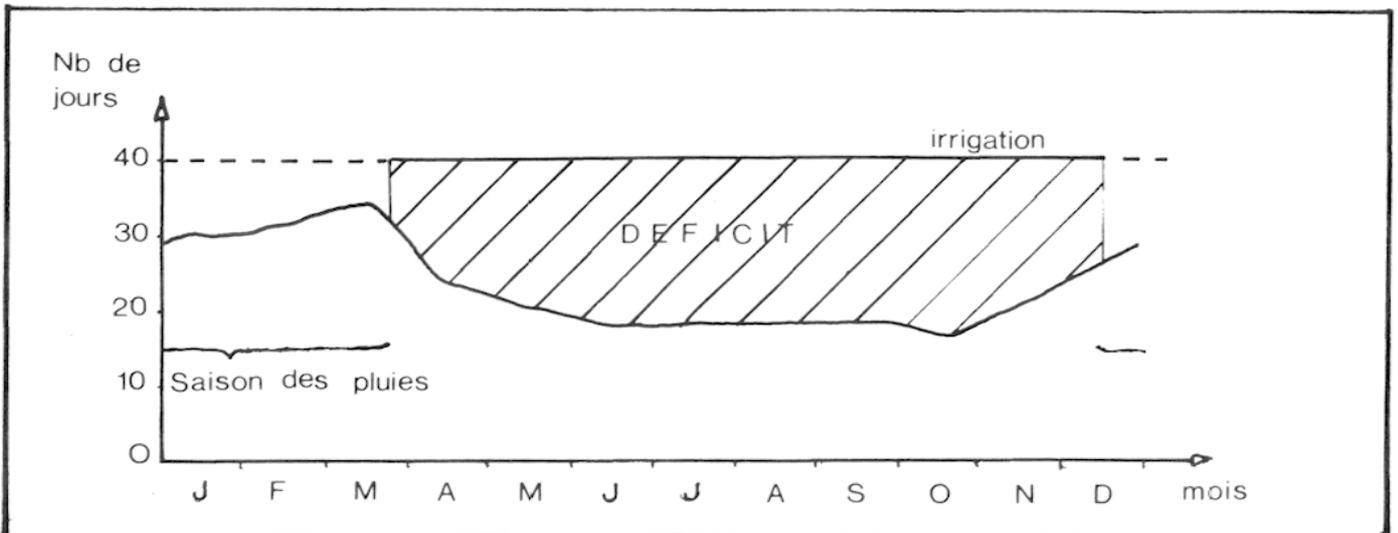
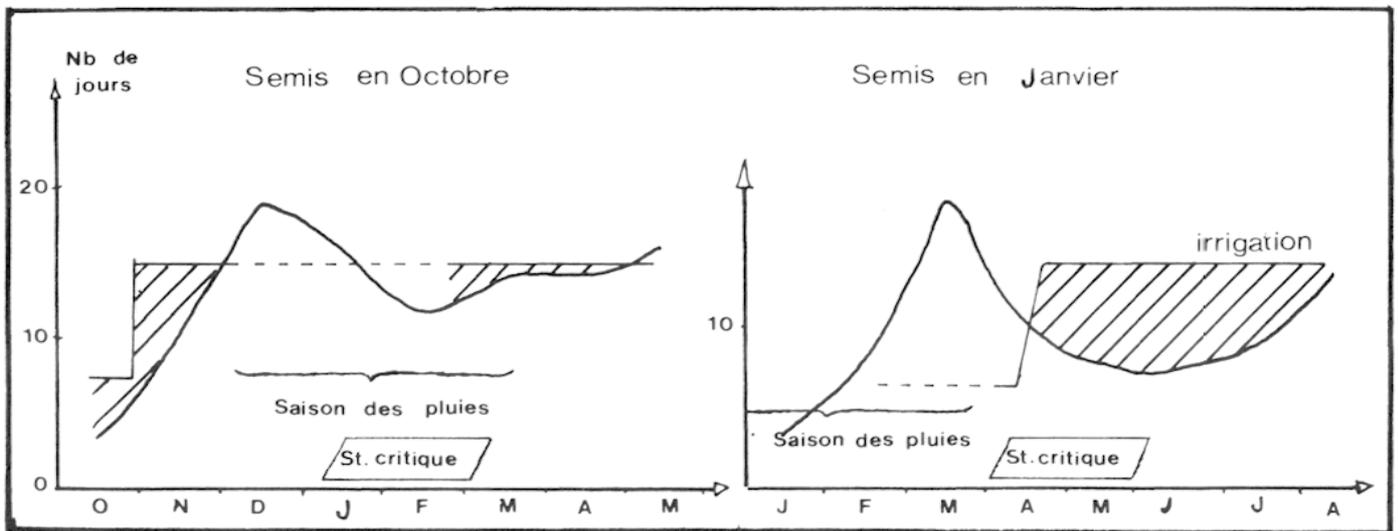


Fig. 6 et 7 - Évolution du nombre de jours durant lesquels l'alimentation hydrique de la culture est réalisée grâce à la seule RFU (6 : maïs ; 7 : luzerne).

En revanche, l'eau s'infiltrant en profondeur s'accumule à l'interface entre l'horizon argileux et la roche mère. Cet horizon argileux devient plastique et une poussée ou, sur pente supérieure à 50%, le simple poids du sol, peut le rendre mobile. Les petites loupes de détachement ainsi créées s'observent dans la quasi-totalité des enclos sur pente. Tout obstacle provoquant une accumulation d'eau localisée devient un facteur fragilisant : talus, rupture de pente, reste de terrasse ou même infrastructure anti-érosive récemment installée.

Indépendamment de ces problèmes d'érosion, et quelle que soit la culture, la pente accentue le gaspillage d'eau inhérent à l'irrigation gravitaire : l'irrigant, en effet, privilégie l'infiltration de l'eau en haut de parcelle, en freinant au maximum le cheminement de l'eau par la création d'obstacles : cuvettes, mottes de terres, amas de paille... Cette pratique, dictée par un souci de limiter le caractère érosif du ruissellement, entraîne un apport excédentaire en haut de parcelle, en partie drainé en sous-sol. Ces pertes sont aggravées par le fait que l'irrigant ne ferme le canal d'arrivée que lorsque la capacité au champ⁶ en bas de parcelle est reconstituée.

Ainsi, plus la longueur de la parcelle augmente, plus le volume d'eau à utiliser sera important (et par là même la quantité de terre détachée). Compte tenu des conditions topographiques, pédologiques, et des débits d'eau, les quantités d'eau consommées par la plante ne représentent jamais plus de 30% de l'eau apportée. On constate donc une déperdition, à l'échelle de la parcelle, plus élevée que celle mesurée sur le réseau de canaux.

Étude agronomique

La question est de savoir si le système est rigide et s'il existe une marge de manœuvre tant à l'échelle de la communauté qu'à celle de la parcelle. Il apparaît que l'eau disponible est presque totalement valorisée au cours de l'année et que la communauté paysanne gère l'espace afin d'adapter au mieux la répartition des cultures à la disponibilité en eau. Toutefois, une appréciation "agronomique" peut être portée sur l'adéquation des volumes d'eau distribués aux besoins des cultures. En rapprochant les réserves hydriques retenues dans les horizons exploités par les racines⁷ à la demande climatique des cultures, évaluée par l'évapotranspiration maximale (ETM), on construit un indicateur pour juger ce niveau d'adéquation : le nombre de jours sans apport d'eau

6. La capacité au champ est la quantité maximale d'eau que le sol peut retenir dans les conditions où son drainage se trouve assuré librement.

7. Constitué par un horizon sablo-limoneux, épais de 40 centimètres, reposant sur un horizon argileux qui procure l'essentiel de la réserve en eau utile d'environ 80 millimètres.

supplémentaire durant lesquels la plante s'alimente à partir de la réserve en eau du sol facilement utilisable par la culture, c'est-à-dire sans déficit hydrique. On compare ensuite l'évolution mensuelle de cet indicateur (cf. fig. 5 et 6) au nombre de jours séparant deux irrigations. Il apparaît, pour le maïs semé en janvier, un excès d'eau en fin de période des pluies (mars-avril), l'irrigation tous les huit jours ne se justifie donc pas. A l'inverse un déficit apparaît fin avril et mai (partie hachurée), à une période de grande sensibilité quant à l'élaboration du rendement. Le léger déficit sur le maïs semé en octobre a moins de répercussion car il est situé en fin de cycle ; l'irrigation tous les quinze jours se justifie ici pleinement. Pour la luzerne, les tours d'eau sont plus espacés. En utilisant le même indicateur, on met en évidence un déficit important, tout au long de l'année (cf. fig. 7).

Les répercussions d'un déficit hydrique sur la production dépendent du stade phénologique au cours duquel la culture subit ce déficit. Les problèmes d'alimentation en eau du maïs sont particulièrement préoccupants lors de l'installation et, dans ces conditions thermiques, durant les deux mois entourant la floraison. La réserve en eau constituée dans les horizons superficiels sablo-limoneux est réduite. La réalisation d'une bonne installation demande alors un apport d'eau faible mais fréquent. Au mois de décembre (10 jours de pluies par mois) et au mois de janvier (12 jours), les précipitations satisfont à ces conditions. La culture prioritaire est d'ailleurs toujours semée sous pluies.

En situant la période de floraison du maïs sur la figure 6, on s'aperçoit que dans les conditions actuelles d'irrigation, la probabilité d'un déficit hydrique, sur le maïs semé en janvier, est de 60% pendant cette période (en année moyenne pour laquelle le déficit apparaît en avril). Toutefois, pour six années sur les vingt-quatre étudiées, le déficit a débuté dès la mi-février et recouvert toute la période critique. A l'opposé, le semis d'octobre déplace cette période critique en janvier et février, mois au cours desquels, hormis quelques années particulières (1979, 1980 et 1987), la probabilité de stress hydrique est très réduite.

A l'échelle de la communauté, un réajustement des cycles agricoles par rapport à la saison des pluies (le semis de janvier-février devrait être avancé au début de décembre, ou du moins dès l'apparition des premières pluies) permettrait de limiter le déficit hydrique à 10% de la période critique en année moyenne. Les paysans pourraient aussi utiliser la possibilité de réguler le débit à la sortie des retenues.

Éléments de comparaison

Les différents systèmes d'irrigation villageois décrits par les études publiées depuis cinq ans sur le versant occidental des Andes présentent de nombreuses similitudes, en ce qui concerne les matériaux de construction

(pierre et terre), l'administration centralisée de la distribution de l'eau par une association d'irrigants et des autorités élues, juges et administrateurs de l'eau, et enfin les principales cultures irriguées, maïs, luzerne et arbres fruitiers. On peut cependant distinguer deux types de réseau, avec ou sans stockage de l'eau en altitude, et deux types de réservoirs : les réservoirs situés en amont et vidés pour l'ensemble du terroir irrigué, pendant un cycle agricole, les réservoirs situés sur le réseau et vidés pour un ensemble de parcelles, au cours d'une journée.

Le principe du premier type de réseau est la constitution en période des pluies d'importantes réserves d'eau en altitude, afin de bénéficier d'un supplément en période sèche. C'est le cas de Pampas, mais aussi de San Marcos [Lynch 1986], et de certains réseaux hydrauliques de la vallée de Chancay [Greslou & Ney 1986 ; Dollfus 1986]. Ce type de réseau permet de contrôler le débit d'écoulement de l'eau disponible tout au long de l'année, à partir d'un volume connu, celui des réservoirs. Il entraîne une organisation villageoise très centralisée de l'irrigation et une réglementation rigoureuse des tours d'eau. L'éloignement des retenues oblige à déléguer la responsabilité du contrôle : l'ouverture et la vidange des retenues sont assurées par un administrateur de l'eau. Les paysans sont sous la dépendance totale de l'association des irrigants.

Dans l'autre cas, il n'y a pas de réservoir en amont ni de vannes ; le volume d'eau varie. Il augmente au cours de la saison sèche à partir de la fonte des glaciers ou diminue lorsque la prise d'eau est une source ou un cours d'eau. La disponibilité en eau est alors une contrainte ; on ne peut la gérer à l'échelle de l'ensemble du terroir irrigué.

Dans les deux cas, les calendriers agricoles et la répartition des cultures sont préétablis lors des assemblées villageoises.

Les réservoirs de faible contenance en amont de la parcelle ou d'un groupe de parcelles ont pour fonction de concentrer un débit de distribution trop faible, par exemple en récupérant l'eau durant la nuit pour la distribuer le jour sur les parcelles. C'est la situation observée à Huarochiri et San Pedro de Casta [Gelles 1986], dans la vallée de Colca [Valderama & Escalant 1986], et à Amabana, dans une vallée sèche du versant oriental [Greslou 1980]. Ce système n'implique aucun contrôle sur le volume d'eau disponible, souvent réduit. La répartition de l'eau entre chaque réservoir est la seule contrainte communautaire que subit le paysan. La répartition de l'eau entre les parcelles est établie par le groupe d'utilisateurs d'un même réservoir. Leur dépendance vis-à-vis de l'administration du village est alors réduite et la capacité des instances villageoises à faire appliquer les règles est faible. Les conflits de distribution de l'eau se résolvent directement, parfois violemment, entre individus ou au niveau du groupe d'irrigants.

Dans ce cas, certains peuvent avoir intérêt à ce qu'il n'existe pas de règlement : c'est le plus riche en terre, et donc en eau, qui aura l'eau au

bon moment [Bunker & Seligmann 1986]. Cette situation est d'autant plus fréquente que l'eau est rare, et les unités de production différenciées.

Aux deux types de réservoirs correspond un risque de perte en eau différent : l'eau provenant de retenues est utilisée simultanément sur plusieurs parties du terroir de jour comme de nuit ; l'eau non utilisée lors du passage du tour d'un paysan à l'autre s'écoule librement en bout de canal. A l'opposé, ces pertes sont moindres lorsque le paysan irrigue à partir de petits réservoirs, plus proches, où il peut garder l'eau en excès, une fois terminée son irrigation.

Sans que l'on puisse l'attribuer à un type de réseau particulier, on trouve des cas où la règle d'attribution de l'eau est égalitaire. Pour les villages de Huarochiri et San Pedro de Casta [Gelles 1986], de San Juan et Huascoy [Greslou & Ney 1986], l'eau est attribuée en parts égales à tous les irrigants, quelle que soit la superficie exploitée. Dans la pratique, le paysan gros propriétaire achète des parts d'eau au petit propriétaire qui n'utilise pas toutes les siennes. Ces achats-ventes entraînent une redistribution monétaire mais chaque parcelle reçoit finalement une quantité d'eau équivalente. Pour les villages de San Marcos [Lynch 1986], Yanaquihua [Benon 1988], comme pour Pampas, les parts d'eau sont attribuées à la parcelle et en fonction de sa superficie : lorsque l'on achète une parcelle, on achète en même temps la part d'eau qui lui correspond.

*

On peut conclure de notre étude que l'eau disponible est actuellement suffisante à Pampas. Les paysans maîtrisent leur système d'irrigation et en perçoivent bien les limites ; en fait, leurs demandes correspondent parfois à ce qu'ils supposent intéresser leurs interlocuteurs.

Cependant, l'irrigation gravitaire sur très forte pente entraîne des gaspillages d'eau et des problèmes d'érosion préoccupants. De nouvelles techniques d'irrigation (aspersion) pourraient les limiter. Il faut diminuer les débits d'écoulement, la longueur et la pente du ruissellement.

Mais face aux fortes migrations vers la plaine côtière observées ces dernières décennies, face à l'ouverture de cette agriculture de montagne aux marchés urbains, la suppression des subventions aux produits de la sierra pose la question de la priorité à accorder aux améliorations de ces réseaux hydrauliques. En effet, les mêmes cultures donnent de bien meilleurs rendements, avec des techniques d'irrigation par aspersion ou goutte à goutte, dans les grands périmètres de la côte péruvienne, alimentés par la même eau des cordillères.

BIBLIOGRAPHIE

- Benon, A.
1988 "La agricultura de Yanaquihua : importancia del problema del agua en el desarrollo", *Ruralter* 2 : 53-73.
- Bey, M.
1988 "Estructura y dinámica de la comunidad campesina. Estudio comparativo de Casinta y Tomas", in *Informe final proyecto PAEC*, anexo 16, Lima, UNALM-ORSTOM : 455-506.
- Bourliaud, J., R. Reau, P. Morlon, D. Hervé
1986 "Chaquitacla, stratégies de labour et intensification de l'agriculture andine", *Techniques et Culture* 7 : 181-225.
- Bunker, S.G. & L.J. Seligmann
1986 "Organización social y visión ecológica de un sistema de riego andino", *Allpanchis* 27 : 137-178.
- Claverias, R., A. Villegas, B. Salas, P. Aguilar
1986 "Sistema de riego y estrategias productivas en las economías campesinas andinas", *Allpanchis* 27 : 203-238.
- Dollfus, O.
1986 "Deux ou trois choses sur l'irrigation dans un village des Andes Sèches", *Techniques et Culture* 7 : 227-235.
- Espinoza Soriano, W.
1971 "Agua y riego en tres Ayllus de Huarochiri : siglo XV y XVI", *Revista del Museo Nacional* 37 (3) : 145-166.
- Fonseca, C.
1983 "El control comunal del agua en la cuenca del Rio Cañete", *Allpanchis* 22 : 61-73.
- Gelles, P.H.
1986 "Sociedades hidraulicas en los Andes : algunas perspectivas desde Huarochiri", *Allpanchis* 27 : 99-136.
- Greslou, F.
1980 "Los sistemas de producción agropecuaria", in *Ambana, tierras y hombres*. Lima, IFEA-MAB.
- Greslou, F. & B. Ney
1986 *Un système agraire andin. Le cas des communautés de San Juan et Huascoy*. Thèse de 3e cycle, Paris, Université de Paris VII.
- Guillet, D.
1987 *Hydraulic Paleo-Technologies in Highland Peru and their Economic Potential*. Kansas City, University of Missouri.
- Hervé, D.
1988 "Zonas de producción y sistemas de cultivo en la cuenca alta del Cañete", in *Sistemas agrarios en el Perú*. Lima, UNALM-ORSTOM : 329-347.

- Lausent, I.
1983 *Pequeña propiedad, poder y economía de mercado. Acos. valle de Chancay*. Lima, Instituto de Estudios Peruanos-IFEA.
- Lynch, B.D., R. Flores & J.L. Villeran
1986 "Irrigación en San Marcos, transición a la tradición burocrática", *Allpanchis* 28 : 9-46.
- Mitchell, W.P.
1978 "La agricultura hidraulica en los Andes : implicaciones evolucionarias", *Historia y Cultura* 11 : 45-78.
- Valderama, R. & C. Escalant
1986 "Sistemas de riego y organización social en el Valle del Colca", *Allpanchis* 27 : 179-202.