

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 118 (1992)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Transfert de technologie et développement: l'exemple du Népal  
**Autor:** Chapallaz, Jean-Marc  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-77739>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 22.05.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Transfert de technologie et développement

Par Jean-Marc Chapallaz, ing. EPFL/SIA, Dryade 2, 1450 Sainte-Croix

## L'exemple du Népal

**L'auteur est spécialisé dans l'étude et la réalisation de micro-centrales hydrauliques, d'adductions d'eau, de stations de pompage ainsi que d'installations de production de biogaz. Son activité inclut le développement et la mise au point de turbines et autres composants adaptés à de telles installations, la coopération au développement, le transfert technologique et la formation dans les domaines mentionnés.**

**C'est ainsi qu'il a collaboré à titre d'expert à divers projets au Népal; le présent article est une synthèse de son expérience liée à ce pays.**

### 1. Historique du développement de la micro-hydraulique au Népal

**P**ays montagneux, le Népal possède une tradition propre en micro-hydraulique: plusieurs milliers de moulins primitifs en bois (ghattas) y existent depuis des siècles, si bien que les conditions pour un développement de la force hydraulique y sont favorables.

Deux organisations (United Mission à Butwal et Helvetas à Katmandou) ont mis sur pied des usines de construction mécanique, Butwal Engineering Works (BEW) et Balaju Yantra Shala (BYS), dans les années soixante. Ces usines sont couplées avec des centres de formation pour mécaniciens et électriciens, soit le Butwal Training Center (BTC) et le Mechanician Training Center (MTC).

Des experts étrangers y ont développé des turbines adaptées à une production locale. La technologie la plus ra-

pidement apprise sur place étant la construction mécano-soudée, la turbine convenant le mieux à une fabrication locale est à flux traversant (ou Cross-Flow).

Parallèlement à la production locale de machines, qui met celles-ci à un prix de vente raisonnable eu égard au revenu des habitants du pays, un programme de financement pour la modernisation du parc de moulins agricoles a été lancé en 1978 par l'ADB/N (la Banque agricole du Népal) avec le soutien d'organismes de financement internationaux.

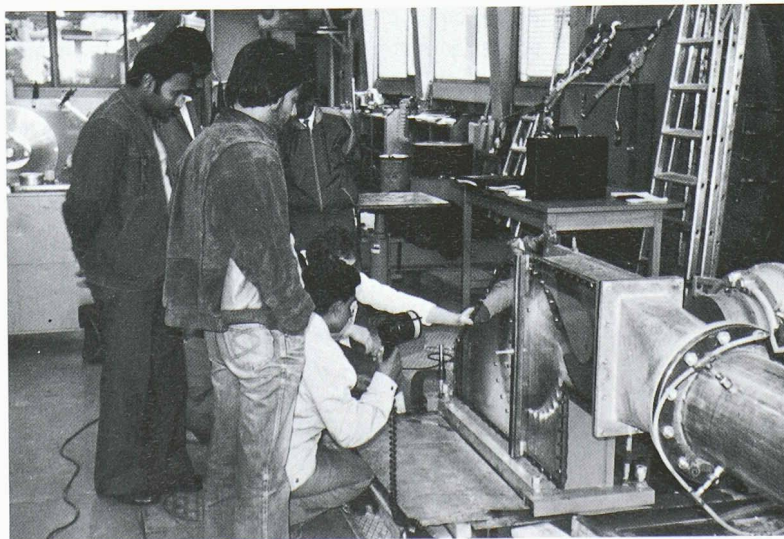
Technologie à prix adapté aux conditions du pays et financement basé sur des critères de rentabilité ont ainsi permis la création d'un marché pour les entreprises locales qui sont aussi à même d'assurer un service après-vente (entretien et réparation), une condition sine qua non pour assurer le succès à long terme d'une technique. Il faut préciser que les moulins n'utili-

sent que la force mécanique (entraînement direct de machines telles que moulins à farine, décortiqueuses de riz, presses à huile), la production électrique ne s'étant développée qu'accessoirement pour l'éclairage. La puissance installée varie en moyenne de 5 à 25 kW.

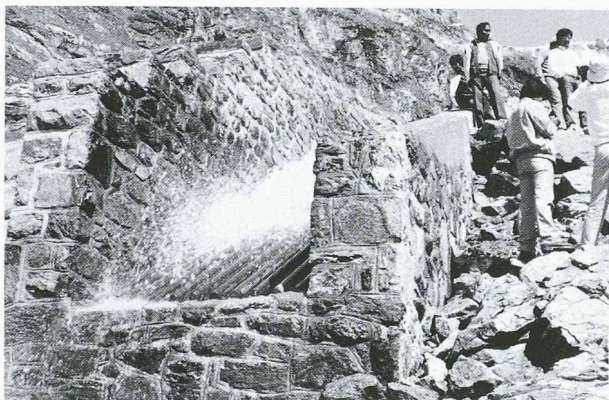
Outre les quelque 700 turbines dont ce programme a permis l'installation en dix ans, six nouvelles petites entreprises sont venues s'adjoindre aux usines initiales. Fondées par du personnel formé chez BEW et BYS, elles se sont spécialisées dans la construction mécanique, les turbines et les équipements de moulins et de micro-centrales hydro-électriques.

Il convient de noter qu'un tel programme ne dépend pas d'une seule organisation, mais résulte de la contribution de plusieurs instances et de l'observation de principes clairement établis:

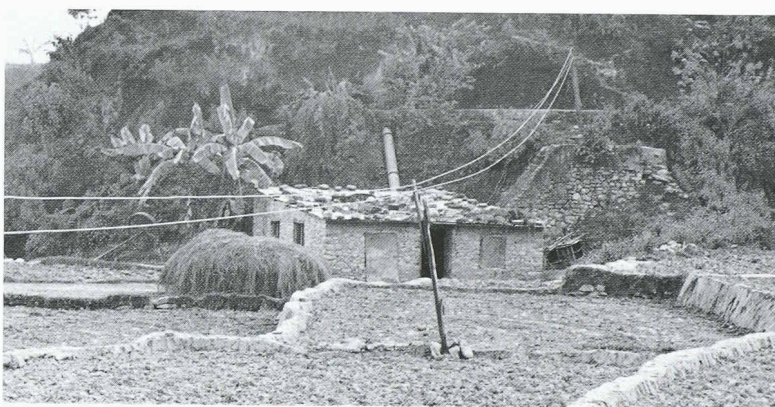
- la création d'unités de fabrication locales appuyées par des écoles ou centres de formation pour apprentis a été financée et mise en place par la coopération technique;
- de même, le développement d'une technologie adaptée à une turbine fabriquée sur place (à un prix permettant d'assurer la rentabilité aux conditions de prêt bancaire usuelles) a été financé et mis en œuvre par la coopération technique;
- quant à la création d'un marché par un programme de financement bancaire, elle s'appuie sur les principes suivants:
  - a) les constructeurs doivent être agréés par la banque après évaluation (contrôle du prix et de la qualité des équipements);
  - b) la banque examine et approuve les projets avant l'octroi du crédit;
  - c) les constructeurs ne sont payés qu'après mise en service et réception des installations;
  - d) la banque limite le nombre de moulins par région afin d'assurer une clientèle;
  - e) une évaluation du programme par des experts neutres a lieu régulièrement (par exemple tous les cinq ans);
  - f) les programmes de financement des banques comportent aussi des



Ingénieurs/techniciens népalais en formation en Suisse. Mesure d'une turbine à flux traversant à l'EPFL.



*Ingénieurs/techniciens népalais en formation en Suisse. Visite d'une prise d'eau en haute montagne.*



*Moulin agricole au Népal produisant de l'électricité pour l'éclairage du hameau voisin.*

crédits pour la formation (ceux-ci ont permis l'envoi en Suisse de techniciens de la banque et de constructeurs de turbines pour suivre le cours décrit plus loin);

- enfin, le revenu des moulins doit assurer le paiement des annuités à la banque. Ce revenu étant directement lié à la production, donc aux heures de fonctionnement des machines, les heures d'immobilisation doivent être minimisées, d'où l'importance d'un service après-vente fiable de la part des fabricants.

Ces principes sont bien appliqués en pratique: sur treize moulins visités au hasard par l'auteur en 1984, douze étaient en fonction, les propriétaires remboursant généralement les prêts en quatre à six ans, cela malgré les imperfections techniques des installations et les frais d'entretien élevés qui en résultent.

## **2. Formation d'ingénieurs et de techniciens du tiers monde en Suisse**

L'auteur a organisé à plusieurs reprises des cours de formation intensifs en micro-hydraulique en Suisse pour des ingénieurs du tiers monde. L'idée et l'impulsion d'un tel projet sont d'ailleurs venues du tiers monde lui-même. C'est en effet au cours d'une mission d'évaluation du programme d'implantation au Népal de micro-centrales hydrauliques (moulins) et d'installations biogaz, demandée par les organismes de financement, que l'auteur a constaté sur pla-

ce les similarités des problèmes techniques et d'exploitation des micro-centrales qui se posent en Suisse et dans les pays en voie de développement.

En particulier, les installations népalaises souffraient des faiblesses suivantes:

- prises d'eau mal adaptées, pas de sédimentation, dégrillage inadéquat conduisant à une usure rapide des turbines;
- défauts de construction des machines (joints d'arbres, paliers, vibrations, etc.) entraînant des frais d'entretien élevés et réduisant leur durée de vie.

L'origine de ces problèmes est à rechercher au niveau du manque d'expérience et de métier des experts étrangers ayant introduit la technologie au Népal. En effet, il n'y a pas eu transfert de l'expérience micro-centrale depuis les pays développés, mais apprentissage sur place, ce qui a allongé la durée nécessaire à la mise au point des machines et installations (il a notamment fallu une douzaine d'années environ pour obtenir une qualité satisfaisante des turbines à flux traversant).

L'idée d'organiser un cours de formation en Suisse est donc née des considérations suivantes:

- similarités géographiques entre ces pays montagneux que sont le Népal et la Suisse;
- longue tradition helvétique en micro-hydraulique (quelque 2000 sites de puissance inférieure à 300 kW exploitent cette technolo-

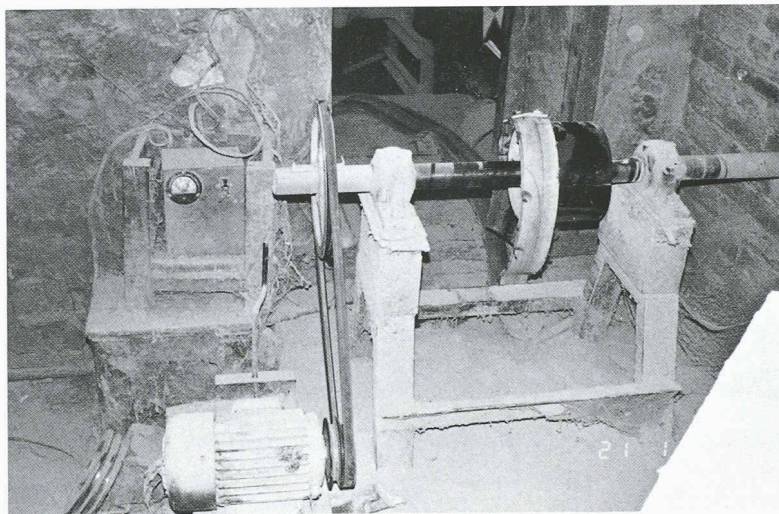
gie avec succès en Suisse);

- structure industrielle comprenant une majorité de PME, en Suisse comme au Népal;
- concentration géographique offerte par la Suisse: écoles techniques, fabricants, micro-centrales hydrauliques de plaine et de montagne sont concentrés dans un rayon de 100 à 150 km, ce qui réduit le temps nécessaire pour les déplacements et permet une formation intensive.

L'auteur a ainsi organisé en 1985, pour le compte du SKAT (Centre suisse pour la technologie appropriée), un premier cours de formation en Suisse destiné à des ingénieurs et techniciens venus du Népal.

A la différence d'une filière d'enseignement traditionnelle, l'objectif du cours était de dispenser une formation intensive, de courte durée (quatre semaines), au contenu spécifiquement adapté aux besoins des petites entreprises et techniciens concernés. Ainsi, le cours a-t-il été conçu de manière à:

- inculquer des connaissances de base;
- offrir une théorie axée sur les applications pratiques et illustrée par le travail de mesure et de démonstration en laboratoire;
- utiliser les micro-centrales suisses à titre d'exemples pratiques, comme objets de calculs et de mesures et pour du travail sur le terrain;
- démontrer que la technologie micro-centrale fonctionne en Suisse en régime isolé comme en parallèle et qu'elle est rentable;



Moteur asynchrone utilisé comme génératrice avec coffret de commande/régulation. En service le soir pour l'éclairage.

- mettre en contact les participants avec des exploitants et autres spécialistes pour une discussion des problèmes communs et des échanges d'expériences.

Réservé à un nombre limité de participants (10 à 12) sélectionnés dans le cadre d'un programme de développement, ce type de cours s'adresse soit à des fabricants de matériel, à des enseignants ou à des ingénieurs techniciens chargés de programmes d'implantation de micro-centrales. Six techniciens de la Banque Agricole du Népal et six constructeurs de turbines et équipements de moulins ont ainsi bénéficié du premier cours organisé sur ces bases.

Les premiers résultats de l'opération furent rapides et encourageants. Par exemple, à la suite de la présentation théorique et de la démonstration en laboratoire, par un enseignant de l'EPFL, du fonctionnement en régime isolé d'un moteur en générateur asynchrone auto-excité par condensateurs, l'un des participants au cours a tiré parti de cette technique pour installer l'éclairage dans des moulins et des villages, sitôt après son retour au Népal et sans aide extérieure au départ. Ce résultat positif a démontré la capacité des techniciens du tiers monde de choisir et d'appliquer eux-mêmes une technologie qui n'était pas préconisée à l'époque par les experts étrangers.

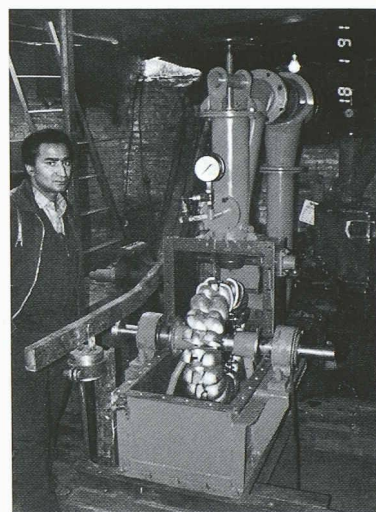
### 3. Impact de la formation sur la technologie au Népal

A deux reprises, soit une année avant la mise sur pied du premier cours de formation SKAT, puis cinq ans plus tard, l'auteur a visité les entreprises dont les propriétaires ou les techniciens ont suivi ledit cours. Ces deux voyages lui ont permis d'observer l'évolution intervenue durant ce laps de temps.

En 1984, les petits fabricants copiaient les turbines à flux traversant développées par BEW et BYS. Des frais d'entretien élevés caractérisent ces installations: par exemple, la durée de vie des paliers à bille n'excède pas deux semaines à deux ans selon les fabricants et les installations. En outre, les experts étrangers ne témoignaient pas d'intérêt pour les turbines Pelton ou les générateurs asynchrones. Quant aux alternateurs automobiles 24 volts utilisés pour l'éclairage des moulins, ils sont d'un prix élevé pour une durée de vie limitée. Enfin, un régulateur de vitesse hydro-mécanique, développé par des experts étrangers, était utilisé avec un succès relatif dans des projets d'électrification rurale.

En 1985, le cours de formation décrit plus haut fut organisé en Suisse pour douze ingénieurs népalais.

En 1991, de nettes améliorations caractérisent le design et la qualité de construction des machines produites par les petits fabricants (robustesse,



Turbine Pelton à deux jets, puissance 100 kW, en cours de montage (KMI, Katmandou).

jointes d'arbres, etc.). La durée de vie des paliers est maintenant généralement supérieure à deux ans.

Par ailleurs, la construction de turbines Pelton a démarré dans plusieurs ateliers (puissances installées: entre 15 et 100 kW) grâce à un cours de formation/fabrication donné par une organisation anglaise.

Dans le but de montrer leur fonctionnement aux clients lors de foires et d'expositions, plusieurs entreprises ont même réalisé des modèles de turbines de démonstration transparents, similaires à ceux utilisés dans nos écoles techniques en Suisse pour l'enseignement!

Les alternateurs automobiles ont pour leur part complètement disparu des moulins visités. Ils ont été exclusivement remplacés par des génératrices asynchrones, construites sur place à partir de moteurs du commerce couplés à des condensateurs d'excitation (puissance: entre 1 et 10 kW). Plusieurs moulins vendent l'électricité au hameau ou au village voisin (tarif: environ un franc suisse par mois pour une lampe de 40 W).

La Banque Agricole du Népal accorde maintenant des prêts aux meuniers pour les équipements de production d'électricité: depuis 1985, 200 moulins (sur 700) ont ainsi été dotés de génératrices électriques, asynchrones pour la plupart, qui assurent l'éclairage de hameaux ou de villages. Enfin, le transfert de la technologie de la ré-

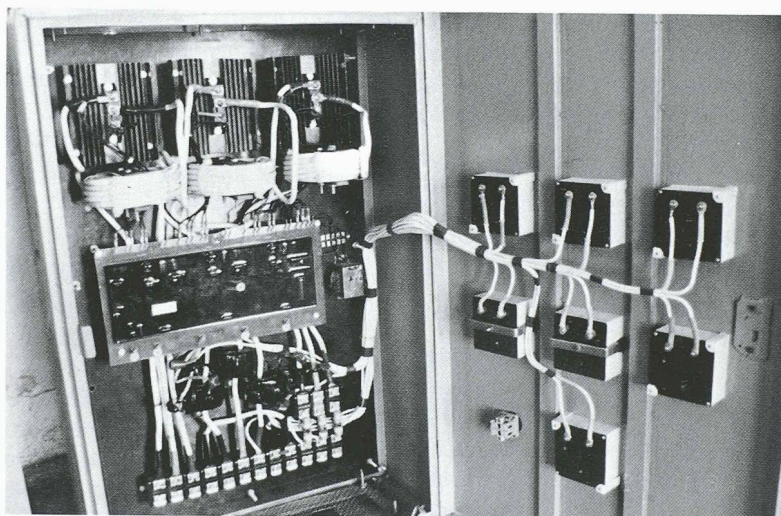
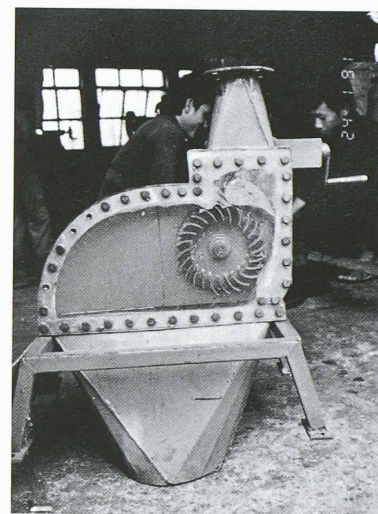


Tableau électrique de micro-centrale avec régulateur électronique charge/fréquence. Le module électronique et les thyristors sont importés (NHE, Butwal).



Turbine à flux traversant de démonstration (Thapa Eng. Works, Butwal).

gulation électronique de tension et de fréquence est en cours par l'intermédiaire d'une institution anglaise. Des tableaux électriques sont réalisés entièrement sur place à l'aide de composants partiellement importés. Si elle n'a pas encore été acceptée par bien des experts étrangers, cette «haute» technologie est en revanche demandée par les autochtones à cause de son prix intéressant (de moitié moindre que celui de régulateurs mécaniques) et de ses besoins d'entretien réduits.

#### 4. Réflexions finales

La réussite du programme moulins, sur le plan technologique, est due principalement à un travail de longue haleine qui a permis le transfert de la fabrication et de la commercialisation des composants micro-centrales en mains locales. Le départ a été donné par la création d'unités de production et de centres d'apprentissage.

De l'apprentissage aux cours très spécialisés, les programmes de formation jouent un rôle clé dans le développement. Une technologie ne pourra s'imposer que si elle est complètement maîtrisée par les autochtones, de la fabrication au service après-vente. L'auteur ne prétend pas que le cours de formation dispensé en Suisse soit la cause de l'évolution technologique en cours; il est cependant indéniable qu'il a agi comme catalyseur, en proposant aux techniciens et entre-

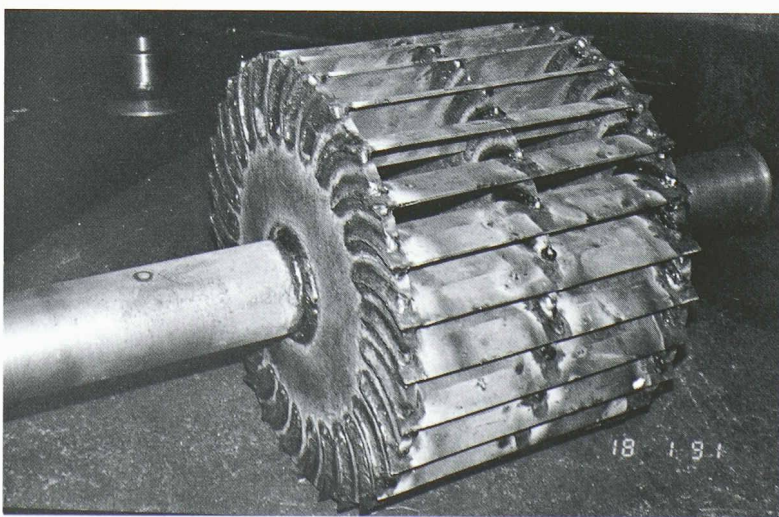
preneurs du Népal des options techniques ignorées par les experts étrangers et qu'ils ont su assimiler rapidement.

Les entreprises locales, et notamment les plus petites, font preuve d'un dynamisme particulier face aux innovations. Leur principale demande sur le plan de l'aide technique concerne la formation et l'appui d'experts pour l'introduction de nouvelles technologies et la fabrication de nouveaux produits (électronique, fonderie pour augets Pelton). Ce point a été compris par certaines organisations de coopération.

La formation donnée doit permettre aux entrepreneurs, ingénieurs et techniciens du tiers monde de décider

eux-mêmes des solutions à appliquer. D'où l'importance de pouvoir montrer que les technologies dites appropriées sont utilisées avec succès dans les pays développés, car ceux-ci représentent, de par leur prospérité, l'exemple à suivre.

Dans ce contexte, il est donc primordial de favoriser l'application, dans les pays développés, de technologies transférables dans les pays en voie de développement en menant, par exemple, une politique sérieuse en faveur des énergies renouvelables. Ne serait-ce que pour éviter l'expérimentation dans le tiers monde et dans le but de former des experts professionnellement compétents et expérimentés.



Roue de turbine à flux traversant après soudage, prête pour l'usinage final (BYS, Katmandou).