

**Zeitschrift:** Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES

**Band:** 101 (2010)

**Heft:** 3

**Artikel:** Identifier des sites pour de petits aménagements hydroélectriques

**Autor:** Félix, Joanne

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-856057>

### **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:** 22.11.2024

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

# Identifier des sites pour de petits aménagements hydroélectriques

## Développement d'un outil SIG

L'intérêt pour le développement de petits aménagements hydroélectriques a pris de plus en plus d'ampleur ces dernières années. A cause de la taille réduite et de la faible production de ces aménagements, la recherche de sites présentant un potentiel hydroélectrique exploitable peut se révéler longue et fastidieuse. L'utilisation de données numériques intégrées à un système d'information géographique (SIG) permet de faciliter l'évaluation du potentiel hydroélectrique des cours d'eau.

Joanne Félix

Comment évaluer rapidement le potentiel hydroélectrique des cours d'eau pour des petits aménagements hydroélectriques au fil de l'eau ? L'utilisation des systèmes d'information géographique permet de faciliter l'identification et la comparaison de sites potentiels à grande échelle. Le bureau d'ingénieur Stucky SA, qui est actif depuis longtemps dans le développement de petits aménagements hydroélectriques, a récemment développé un outil SIG permettant d'automatiser les différentes étapes de traitements ainsi que les calculs nécessaires.

L'outil a été développé dans le logiciel ArcGIS 9.2 et son extension Spatial Analyst. La méthode élaborée est fondée sur un nombre limité de données de base : un modèle numérique de terrain (MNT) et une lame ruisselée sous forme numérique. Elle a été paramétrée à partir de l'analyse d'études de faisabilités internes au bureau Stucky SA pour des projets de petits aménagements.

### Données de base

Le MNT permet de délimiter des bassins versants et de déterminer leur réseau hydrographique théorique par des mé-

thodes informatisées, reproductibles et automatisables. La précision des limites des bassins versants et du tracé des cours d'eau générés dépend de la résolution du MNT ; moins la résolution est bonne, plus ils peuvent être décalés par rapport à la réalité. Le **tableau** présente trois MNT disponibles pour la Suisse.

La lame ruisselée correspond à la pluie nette, c'est-à-dire à la part de la pluie totale qui ruisselle jusque dans le réseau hydrographique. Elle tient compte des pertes, telles que l'évaporation ou l'infiltration. Elle est exprimée en millimètres d'eau par unité de temps et par unité de surface.

Pour la Suisse, une lame ruisselée annuelle moyenne a été développée par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et de l'Institut fédéral de recherche sur la forêt, la neige et le paysage (WSL). Elle a été produite à partir du modèle de simulation Prevah (Precipitation-Runoff-Evapotranspiration Hydrotopo Model) et des données de l'atlas hydrologique de la Suisse [1]. Elle couvre toute la Suisse d'un maillage de 500 m de côté. Le modèle Prevah permet de tenir compte de nombreux paramètres, tels que la fonte de la neige et des glaciers, de l'interception, de l'évapotranspiration,

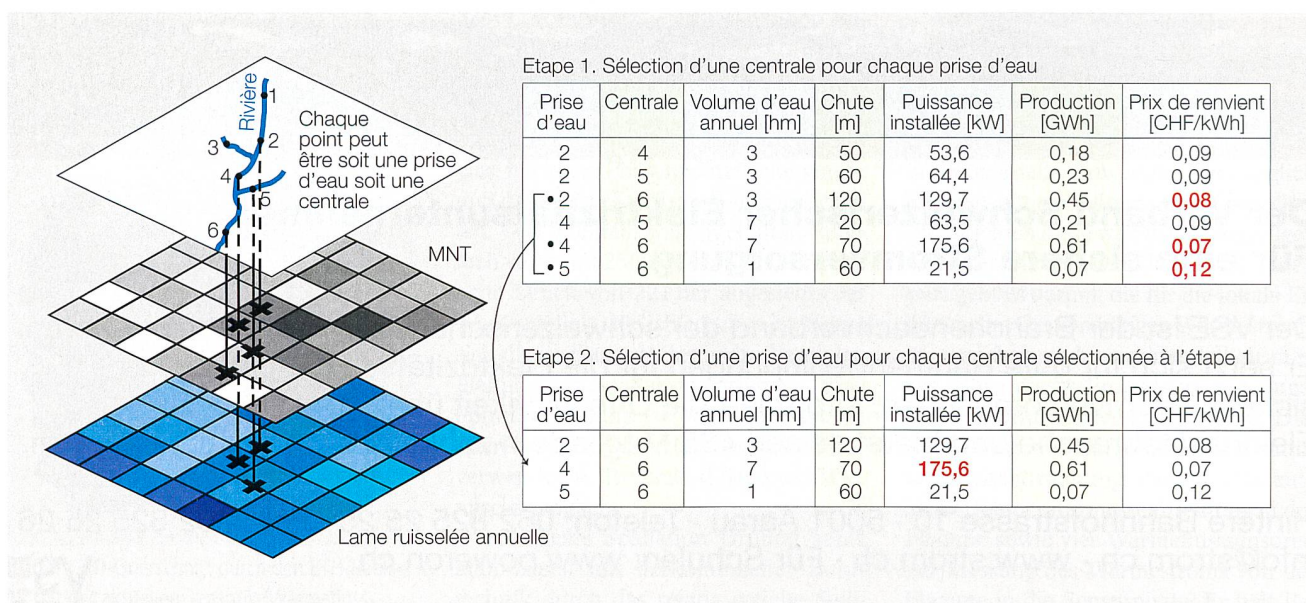


Figure 1 Fonctionnement de l'outil SIG.

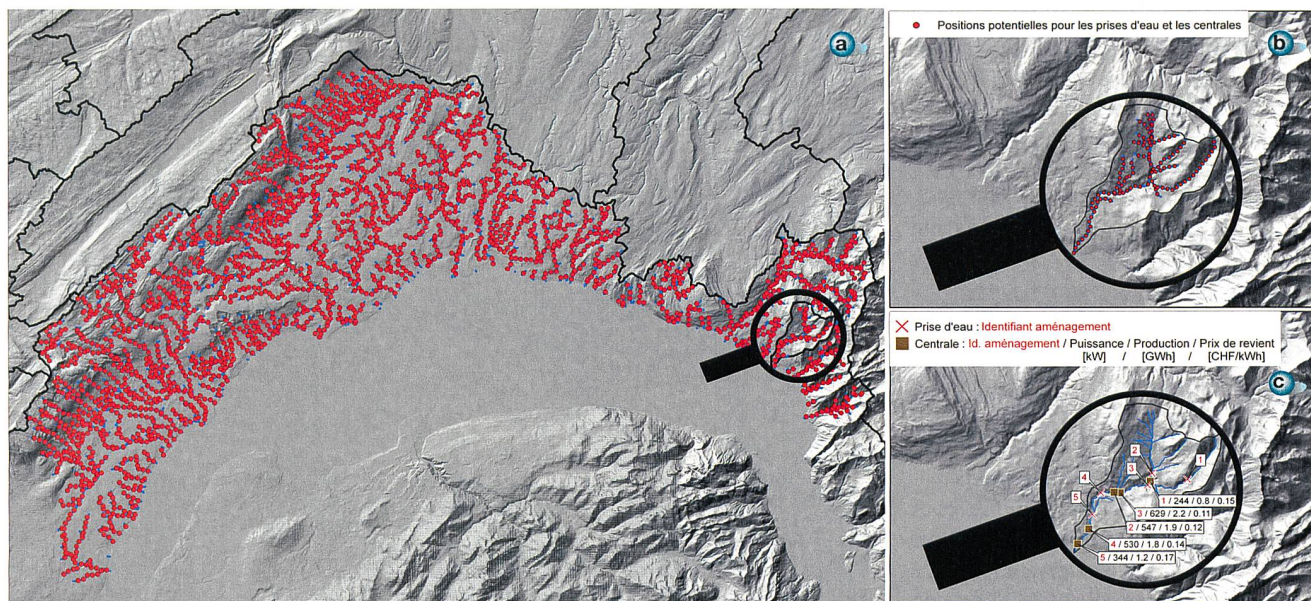


Figure 2 Exemple d'application de l'outil à un bassin versant.

du stockage et des échanges avec la nappe phréatique.

Pour d'autres pays, cette donnée n'existe pas toujours. Il est alors possible de reconstituer une lame ruisselée de moindre qualité à partir de données de précipitation et d'évaporation. Si les données d'évaporation ne sont pas disponibles, il est également possible de travailler à partir de la pluviométrie brute, car l'outil développé permet avant tout de comparer des zones entre elles et de mettre en évidence les meilleures. Mais il est évident que la qualité des résultats est fortement liée à la qualité des données.

### Description de la méthode

17 études de faisabilité ont été utilisées. Elles ont permis d'établir des équations simples afin d'estimer les paramètres inconnus à partir des données de base (MNT et lame ruisselée).

Afin d'analyser le potentiel linéaire théorique des cours d'eau, un réseau hydrographique est généré à partir du MNT. Puis, des aménagements hypothétiques, symbolisés par des points, sont placés à intervalles réguliers le long des cours d'eau. Chacun de ces points peut représenter alternativement une position de prise d'eau ou de centrale. Le fonctionnement de l'outil SIG comporte deux étapes, schématisées à la figure 1. Lors de la première étape, chaque point est assimilé à tour de rôle à une prise d'eau. Pour une prise d'eau donnée, tous les autres points dont l'altitude est inférieure à celle de la prise d'eau sont des positions potentielles pour la centrale. L'outil développé com-

mence par évaluer le volume d'eau moyen qui pourrait être capté annuellement au niveau de la prise d'eau sur la base de la lame ruisselée (ou la pluie brute le cas échéant) et de la surface du bassin versant. Puis, il calcule la chute, la puissance installée, l'énergie produite annuellement et un prix de revient des aménagements qui seraient construits avec chacune des centrales. Il convient de souligner que ce prix de revient ne dit rien sur la rentabilité car il n'est pas comparé au prix de rachat, qui ne peut pas être connu à ce stade. Il s'agit simplement d'une évaluation du coût de production du kWh. L'outil SIG compare les résultats obtenus et sélectionne la centrale qui engendre le plus petit prix de revient pour cette prise d'eau. Il procède de même pour toutes les prises d'eau potentielles.

Lorsque l'outil a admis une centrale pour chaque prise d'eau, la deuxième étape commence; il compare les puissances installées théoriques de toutes les prises d'eau associées à une même centrale et sélectionne celle dont la puissance est la plus importante. Les positions potentielles retenues automatiquement pour des petits aménagements

doivent ensuite être vérifiées manuellement au moyen d'une carte topographique. L'examen de la chute brute et de l'étendue du bassin versant permet de distinguer rapidement les éventuelles aberrations dues à la qualité du MNT utilisé.

### Validation

L'outil a été testé sur différentes zones bien connues, incluant des aménagements existants, afin de vérifier son fonctionnement; il a effectivement permis de mettre en évidence les zones dans lesquelles ces aménagements sont installés. Il ne permet pas, par contre, de retrouver les emplacements exacts des ouvrages. Ce résultat n'est pas surprenant car l'outil SIG n'intègre pas tous les paramètres nécessaires pour choisir un emplacement. Il n'a d'ailleurs pas été élaboré dans ce sens, mais dans le but d'aiguiller l'ingénieur vers des sites potentiels. Une visite sur le terrain et l'examen d'une carte topographique sont des étapes ultérieures nécessaires qui permettent de positionner plus précisément l'aménagement.

L'outil permet également de traiter de grandes surfaces. Il a par exemple été

Nom	Résolution	Acquisition de données	Prix
SRTM	3" d'arc	Radar (navette spatiale)	Gratuit
MNT25	25 m	Numérisation de la carte topographique 1:25 000	0,52 CHF/km <sup>2</sup> + frais de commande
MNT MO	1 m	Laser aéroporté	80.- CHF/km <sup>2</sup> +frais de commande

Tableau Exemples de MNT disponibles pour la Suisse.

testé sur un bassin versant de 1000 km<sup>2</sup>. Le nombre de points au départ était de plus de 25 000, soit environ 625 mio. de combinaisons à tester. La présélection automatique des aménagements potentiels est efficace puisqu'elle a permis, dans cet exemple, de ne retenir que 380 aménagements potentiels environ (figure 2).

L'outil développé correspond donc à l'objectif fixé. Toutefois, l'analyse des sites identifiés a mis en évidence un certain nombre d'incohérences pouvant se produire. Elles sont décrites ci-dessous.

### Présence d'aménagements en dehors des cours d'eau réels

Ce problème peut se produire pour différentes raisons; premièrement, lors de la procédure de génération du réseau hydrographique à partir du MNT, la surface de ruissellement à partir de laquelle un cours d'eau se forme doit être précisée. Cependant, il n'est pas possible de choisir une surface qui soit valable partout; la nature du sol, de la végétation ou la présence d'un sous-sol karstique différent et influencent inégalement le ruissellement. Par exemple, la surface nécessaire pour qu'un cours d'eau se crée dans le Jura est beaucoup plus grande que dans les Alpes (figure 3a).

Deuxièmement, lorsqu'une zone est plane, la dépression topographique du lit du cours d'eau n'est pas toujours suffisante pour qu'elle soit détectable sur le MNT. Le logiciel n'arrive donc pas à déterminer le chemin d'écoulement de l'eau. Il crée alors des cours d'eau traversant ces zones de façon rectilignes depuis le dernier endroit où la topographie est claire jusqu'au prochain point bas (figure 3b). Un examen préliminaire des points créés automatiquement permet de détecter facilement les zones problématiques et d'effacer les points avant de lancer les calculs.

### Mauvaise estimation de la chute brute

Ce problème est directement lié à la taille de la cellule, et donc à la résolution du MNT. En effet, plus la cellule est grande, plus l'altitude attribuée à un point peut être éloignée de son altitude réelle. Ces incohérences sont généralement peu gênantes dans les régions montagneuses, car l'erreur est alors faible comparée à la chute totale de l'aménagement. Par contre, dans les zones plus planes, cette erreur a un impact important sur l'évaluation de la production. Il est donc préférable d'utiliser un MNT de

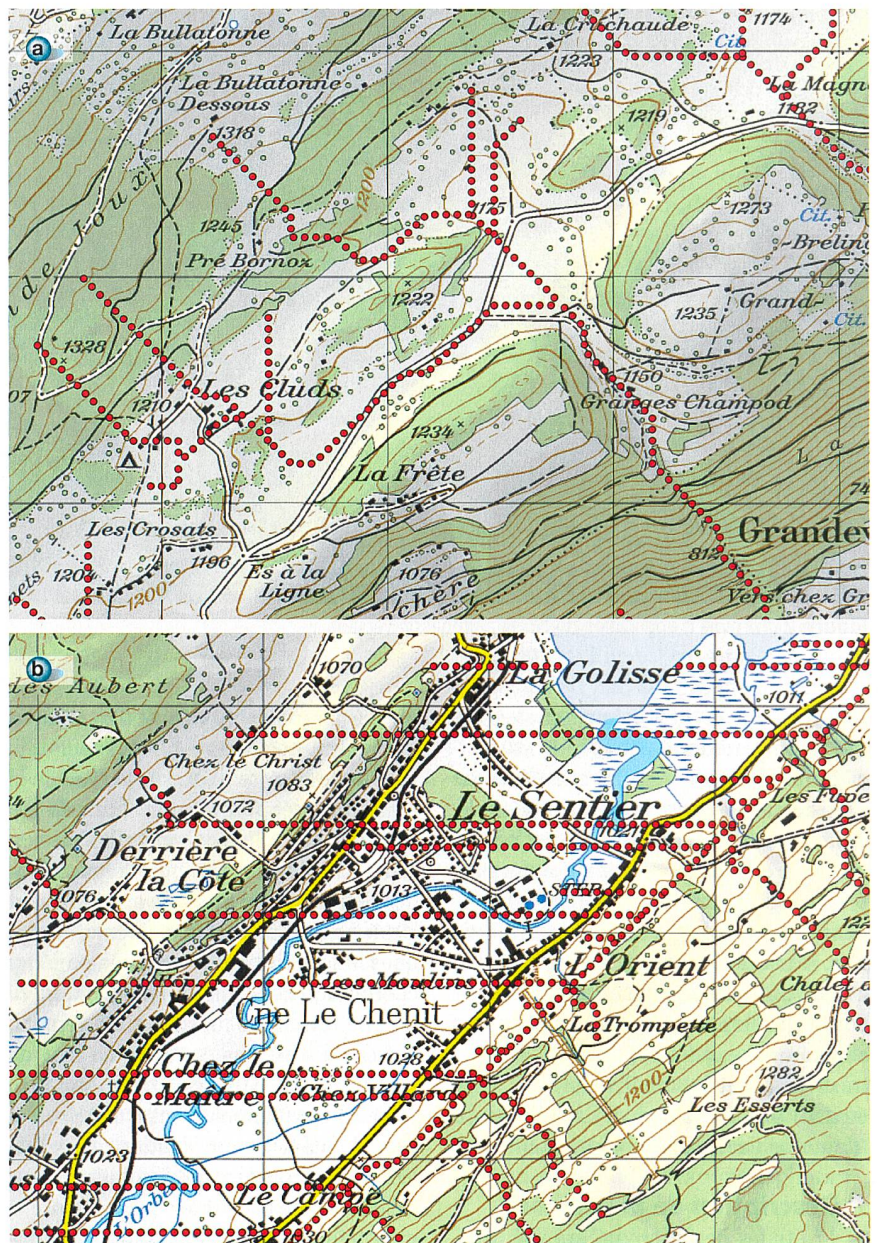


Figure 3 Présence d'aménagements en dehors des cours d'eau réels.

meilleure qualité si la topographie de la zone d'intérêt a une faible déclivité.

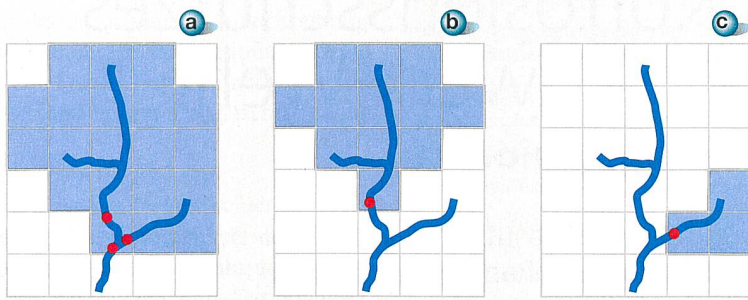
### Mauvaise estimation du bassin versant et de l'hydrologie

Selon la méthode développée, l'hydrologie est calculée en fonction des bassins versants des prises d'eau. Si des prises d'eau se situent dans la même cellule du MNT, leurs bassins versants seront donc identiques (figure 4a), bien qu'elles puissent se situer sur des tronçons de cours d'eau différents (figure 4b et 4c). Lorsque la différence de taille entre les bassins versants estimés et réels est importante, les estimations de puissance et de production sont anormalement hautes, ce qui permet de repérer

facilement ces erreurs. Ce problème est lui aussi lié à la qualité du MNT. Il est donc possible de diminuer son occurrence en utilisant un MNT de meilleure résolution.

### Décalage entre l'hydrologie considérée et l'hydrologie réelle

La méthodologie utilisée ne tient pas compte de l'utilisation actuelle de l'eau. L'hydrologie de certains sites est donc surestimée. C'est le cas, par exemple, à l'aval des lacs dont l'eau est déviée pour être turbinée. Comme ces lacs sont connus et qu'ils ne laissent en général que le débit résiduel dans le cours d'eau, il est possible de corriger la lame ruisselée de façon à lui donner une valeur de zéro pour



**Figure 4** Bassins versants déterminés sur la base du MNT (grille en arrière-plan) pour différentes prises d'eau (points rouges).

toute l'étendue des bassins qui les alimentent. Par contre, il est parfois difficile d'obtenir des informations sur les prélèvements en rivière (positions et volumes déviés). Lorsqu'elles sont disponibles, ces informations sont utilisées dans la phase finale de tri des sites identifiés.

### Conclusion et perspectives

D'après les résultats obtenus par les essais de validation, l'outil correspond bien à l'objectif pour lequel il a été créé; il permet de repérer les zones présentant les meilleurs potentiels dans une région donnée et qui mériteraient d'être analysées plus en détail à l'occasion d'une étude de faisabilité. Toutefois, il faut préciser que les positions exactes des prises d'eau et des centrales ne sont pas forcément détectées. Une visite sur le terrain et l'examen d'une carte topographique sont des étapes qu'il n'est pas possible d'éviter. De même, les valeurs estimées de production et de coûts ne sont pas in-

téressantes en tant que telles, mais servent à différencier les aménagements entre eux.

L'étape de validation démontre l'importance de la qualité du MNT, en particulier dans les zones à faible dénivellation. Une étape de vérification des sites identifiés est indispensable pour éliminer les résultats incohérents.

Il faut également garder à l'esprit que les résultats ne tiennent pas compte de l'utilisation existante de l'eau. Il est donc

nécessaire d'avoir une certaine connaissance de la région étudiée afin de pouvoir éliminer les zones qui sont déjà équipées.

Pour finir, il est prévu de poursuivre le développement de l'outil pour inclure, notamment, un coût lié à la distance de raccordement au réseau à haute tension. A terme, l'outil pourra également combiner plusieurs prises d'eau par aménagement.

### Référence

[1] M. Plaundler, M. Zappa, 2006. Die mittleren Abflüsse über die ganze Schweiz. Ein optimierter Datensatz im 500x500-m-Raster. Eau énergie air. Cahier 5/2006.

### Informations sur l'auteure

**Joanne Félix** obtient son diplôme en Sciences naturelles de l'environnement en 2006 à l'université de Lausanne. Après un CAS en géomatique à l'université Genève en 2007, elle entame un MAS en aménagements hydrauliques à l'EPF Lausanne. Parallèlement à ses études (2007–2009), elle effectue un stage dans le bureau Stucky SA à Renens et développe, dans le cadre de son travail de MAS, l'outil SIG présenté ici. Depuis son master en 2009, elle occupe un poste d'ingénieure d'étude dans ce même bureau. Stucky SA, 1020 Renens, jfelix@stucky.ch

### Zusammenfassung **Technologie Geographical Information System**

#### Orte für Kleinwasserkraftwerke identifizieren

Kleinwasserkraftanlagen stellen ein nennenswertes Entwicklungspotenzial in der Schweiz und in den benachbarten Ländern dar. Die Suche möglicher neuer Standorte erfordert jedoch einen raschen Vergleich zwischen Energieproduktion und anfallender Kosten. Die Verwendung von Geoinformationssystemen (GIS) erlaubt dies dank automatischer Analyse auch für grosse Gebiete. Im Artikel werden die verwendeten Methoden sowie das Vorgehen detailliert diskutiert.

Gn

Anzeige

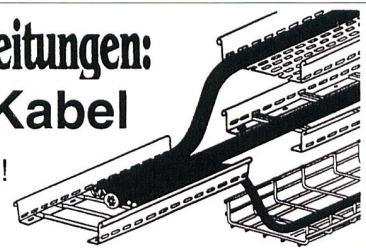
## Statt Gitterbahnen und Kabelpitschen und Kabelbahnen und Steigleitungen: **Lanz Multibahn – eine Bahn für alle Kabel**

- Lanz Multibahnen vereinfachen Planung, Ausmass und Abrechnung!
- Sie verringern den Dispositions-, Lager- und Montageaufwand!
- Sie schaffen Kundennutzen: Beste Kabelbelüftung.
- Jederzeitige Umnutzung. Kostengünstig. CE- und SN SEV 1000/3-konform.

Verlangen Sie Beratung, Offerte und preisgünstige Lieferung vom Elektro-Grossisten und



**lanz oensingen ag**  
 CH-4702 Oensingen • Tel. ++41 062 388 21 21



KT 01