

**INFORMATIONS CONCERNANT
LA PROTECTION DES EAUX**

N° 24

Débits résiduels dans les cours d'eau

**Prélèvements d'eau
destinés en particulier
à l'irrigation**

Stratégie du Canton de Berne pour le maintien de débits résiduels convenables à la suite prélèvements d'eau d'usage (irrigation, industrie, etc.)

Editeur

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP)

L'OFEFP est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC)

Auteur

BALSARI&SCHUDEL AG

Ingenieure und Planer

Muristrasse 60

3006 Berne

P.G. Dandtiker, dipl. ing. ETHZ

Mandant

Office de l'économie hydraulique et énergétique du Canton de Berne (OEHE)

Reiterstrasse 11

3011 Berne

F. Berdat, dipl. ing. ETHZ

Accompagnement OEEFP

Division protection des eaux et pêche:

P. Michel, dipl. ing. ETHZ

R. Estoppey, ing. dipl. EPFL

Service hydrologique et géologique national:

H. Aschwanden, Dr. phil. nat.

Division droit:

S. Lager, lic. iur.

Téléchargement du fichier PDF

www.environnement-suisse.ch/publications

(il n'existe pas de version imprimée)

Référence: MGS-24-F

Table des matières

AVANT-PROPOS	5
1 RESUME	7
2 BASES LEGALES	9
2.1 LEGISLATION FEDERALE.....	9
2.2 LEGISLATION DU CANTON DE BERNE.....	9
2.3 DEBITS RESIDUELS CONVENABLES	9
A) Débit résiduel minimal	9
B) Augmentation du débit résiduel minimal.....	10
2.4 RAPPORT SELON L'ARTICLE 33, ALINEA 4 LEAUX	10
2.5 PROCEDURE.....	11
A) Principe	11
B) Concessions du canton	11
C) Autorisations des communes	11
3 DEFINITIONS	13
4 MISE EN APPLICATION	15
4.1 PRELEVEMENTS FIXES ET PRELEVEMENTS MOBILES	15
4.2 UTILISATION	15
A) Installations fixes.....	16
B) Installations mobiles.....	16
4.3 DETERMINATION DES DEBITS SUR LA BASE DE MESURES SUR LE TERRAIN.....	17
A) Indications pratiques.....	17
B) Evaluation des mesures	17
4.4 DETERMINATION DES DEBITS AU MOYEN DE MODELES MATHEMATIQUES	18
5 STRATEGIE POUR LE MAINTIEN DE DEBITS RESIDUELS CONVENABLES A LA SUITE DE PRELEVEMENTS D'EAU D'USAGE	19
5.1 EXIGENCES	19
5.2 OCTROI DES AUTORISATIONS: DELEGATION AUX COMMUNES.....	19
5.3 REPARTITION DES COURS D'EAU EN CATEGORIES	20
5.4 MATERIEL CARTOGRAPHIQUE	20
5.5 FIXATION DES DEBITS DE DOTATION SUR TOUTE LA LONGUEUR DU COURS D'EAU	21
6 MISE EN OEUVRE.....	23
6.1 TRAVAUX PREPARATOIRES	23
6.2 PROJET PILOTE LANGETEN	23
A) Description du bassin versant	23
B) Utilisation	23
C) Problématique	24
D) Répartition de la quantité d'eau utilisable	24
E) Emplacement des limnimètres	24
F) Configuration des limnimètres	25
6.3 CONCLUSIONS TIREES DU PROJET PILOTE	25
7 COUTS.....	27
7.1 COUTS DES ETUDES.....	27
7.2 COUTS DE CONSTRUCTION (NIVEAU DES PRIX: 1996).....	27
7.3 EQUIPEMENT.....	28
7.4 CÔUT TOTAL	28
8 EXPERIENCES	29
9. LE DETAIL DES TRAVAUX SUR UN COURS D'EAU.....	31

9.1 TRAVAUX PREPARATOIRES (JANVIER - MAI).....	31
A) Repérage sur le plan 1:10'000	31
B) Indication sur le plan 1:10'000 des emplacements possibles des limnimètres	31
C) Rassembler les données supplémentaires.....	31
D) Inspecter le réseau hydrographique.....	32
E) Préparer la première mesure.....	32
F) Accomplir les travaux administratifs.....	32
9.2 PREMIERE MESURE DES DEBITS (JUN - SEPTEMBRE)	34
B) Procédé de mesure	34
9.3 FIXATION DES DEBITS DE DOTATION (OCTOBRE - NOVEMBRE)	37
9.4 RAPPORT (OCTOBRE - NOVEMBRE)	42
9.5 INFORMATION DES COMMUNES (DECEMBRE - FEVRIER).....	43
9.6 POSE DES LIMNIMETRES (MARS - MAI)	43
A) Choix du type des limnimètres.....	43
B) Travaux administratifs.....	44
C) Conseils pour l'adjudication	44
D) Conseils pour la direction des travaux	44
9.7 MESURE DES DEBITS POUR L'ETALONNAGE DES LIMNIMETRES ET POSE DES MARQUES DE CONTROLE DES DEBITS DE DOTATION (JUN - NOVEMBRE).....	44
9.8 FICHES DEFINITIVES DES LIMNIMETRES ET INFORMATION DES INTERESSES (DECEMBRE - FEVRIER).....	45
BIBLIOGRAPHIE.....	47
ANNEXES I - V	49

Avant-propos

Il n'est pas rare que pendant les périodes de sécheresse les prélèvements d'eau dans les cours d'eau, à des fins agricoles en particulier, se traduisent par des débits résiduels trop faibles. Dans la présente publication - conçue comme un manuel - nous souhaitons montrer comment il est possible, avec des investissements moindres en temps et en argent, de respecter les prescriptions sur les débits résiduels dans l'ensemble du Canton de Berne.

La stratégie pour garantir des débits résiduels convenables à la suite de prélèvements d'eau d'usage (prélèvements opérés avec des installations fixes ou mobiles ne servant ni à l'utilisation de la force hydraulique ni à l'approvisionnement en eau potable) a été élaborée en 1991, sur mandat de l'Office de l'économie hydraulique et énergétique du Canton de Berne, pour assurer la gestion des réseaux hydrographiques présentant des débits critiques. Testées en 1992 dans le projet pilote Langeten, ces mesures ont été progressivement introduites depuis 1993 pour les prélèvements d'eau.

Depuis l'introduction de cette nouvelle gestion des cours d'eau, les autorités compétentes en matière de pêche n'ont plus signalé de situations critiques. A noter en particulier que le pompage intégral des eaux de certains ruisseaux à des fins d'irrigation a cessé, sans qu'il ait pour autant fallu renoncer à une irrigation parfois intensive.

Le procédé choisi en l'occurrence pour évaluer les débits Q_{347} est une méthode parmi d'autres. Nous sommes parfaitement conscients que l'extrapolation, à partir des résultats de mesures ponctuelles, pour l'ensemble d'un cours d'eau, voire pour d'autres ruisseaux ou rivières, peut constituer une source d'erreur considérable. Il convient toutefois de relativiser les répercussions de ces erreurs dans le domaine qui nous intéresse ici; en effet, il n'y a aucune commune mesure avec les prélèvements d'eau pour la production d'énergie dans les Alpes, où une augmentation du débit de dotation de quelques litres par seconde peut se traduire par une réduction annuelle de la production d'énergie de l'ordre du GWh. L'utilisation dont il est question dans la présente brochure concerne le plus souvent de nombreux petits prélèvements dans le même cours d'eau, à des fins agricoles. La méthode choisie pour déterminer le débit Q_{347} doit offrir une précision suffisante tout en représentant une charge de travail acceptable. Cette méthode doit permettre de se placer du côté de la sécurité lors de l'estimation des débits résiduels et ainsi tenir compte des exigences écologiques du cours d'eau. Il est recommandé d'exploiter la marge de manoeuvre qui résulte de cette méthode simplifiée en faveur des précieux petits cours d'eau qui sont généralement touchés par les prélèvements pour l'irrigation.

1 Résumé

Depuis l'entrée en vigueur de la loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux) [1], il est impératif lors de tout prélèvement dans un cours d'eau à débit permanent de respecter des débits résiduels (→ chap. 3 "Définitions") convenables.

Les eaux publiques relèvent de la souveraineté des cantons. Sont considérées comme eaux publiques toutes les eaux souterraines et les eaux de surface, indépendamment de la propriété des biens-fonds. Quiconque veut prélever de l'eau d'usage (→ chap. 3 "Définitions") dans de telles eaux doit en principe obtenir une concession cantonale.

La révision du 13 septembre 1989 de la loi cantonale sur l'utilisation des eaux (LUE), entrée en vigueur le 1er janvier 1990, a conféré aux communes bernoises la compétence pour l'autorisation de prélèvements d'eau d'usage effectués dans des eaux de surface de manière temporaire et sans installations fixes. Ce transfert de compétence revêt surtout une grande importance en rapport avec l'irrigation dans le secteur agricole. Lors de cette utilisation de l'eau notamment, il convient de veiller à ne pas descendre en dessous des débits résiduels selon les articles 31 à 33 LEaux et à parvenir à une pratique uniforme des communes en matière d'autorisation.

Pour éviter des prélèvements illicites, excessifs, voire dommageables, dans les eaux de surface, des limnimètres sont installés le long des cours d'eau présentant un débit critique afin de visualiser les débits résiduels et de permettre le contrôle du respect des débits de dotation (→ chap. 3 "Définitions"). Parallèlement, les communes reçoivent des documents sur lesquels fonder leurs décisions pour les autorisations en vertu de l'article 91, alinéa 3 LUE, à savoir cartes, photos et listes.

Un réseau dense de limnimètres installés aux frontières entre les communes permet de répartir l'eau entre celles-ci. Une commune a le droit de prélever une quantité d'eau correspondant à la différence entre le niveau du cours d'eau à l'entrée sur son territoire et le débit de dotation qui a été fixé pour la sortie (quantité à laquelle s'ajoutent les apports d'éventuels affluents sur le tronçon en question). Le débit de dotation est indiqué par une marque sur le limnimètre et correspond au débit minimal qui doit subsister en période de sécheresse; la quantité dépassant ce débit peut être librement utilisée. Le débit de dotation est fixé de manière que les débits résiduels selon les articles 31 à 33 LEaux soient respectés en tout point en aval du limnimètre en question, et que les droits existants tout comme les besoins en eau des riverains en aval soient pris en compte (→ chap. 5.5 "Fixation des débits de dotation sur toute la longueur du cours d'eau", fig. 4).

2 Bases légales

2.1 Législation fédérale

Art. 29 - 33, 59 LEaux La loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux) comprend les bases légales pour la détermination des débits résiduels (→ chap. 3 "Définitions"):

- article 29: autorisation pour un prélèvement d'eau
- article 30: conditions à remplir pour l'octroi de l'autorisation
- article 31: débit résiduel minimal (→ chap. 3 "Définitions")
- article 32: dérogations
- article 33: augmentation du débit résiduel minimal
- article 59: calcul du débit Q_{347} (→ chap. 3 "Définitions").

2.2 Législation du Canton de Berne

Art. 48 et 91 LUE En vertu de la loi cantonale du 3 décembre 1950 sur l'utilisation des eaux (LUE), révisée le 13 septembre 1989, la compétence de délivrer les autorisations pour les prélèvements d'eau d'usage dans les eaux de surface est déléguée dans certains cas aux communes.

L'article 91, alinéa 3 LUE a la teneur suivante: "Le prélèvement d'eau opéré dans des eaux superficielles à des fins industrielles, artisanales, agricoles ou publiques requiert une autorisation de la commune lorsqu'il ne l'est que temporairement et sans installation fixe [...]". L'autorisation devrait en règle générale être octroyée pour un an, pour trois ans au plus.

Cette procédure suppose l'attribution à chaque commune d'une partie de l'eau utilisable, ce qui requiert un dense réseau de contrôle.

Art. 6 - 8 OPES L'ordonnance cantonale du 20 mars 1991 sur les prélèvements d'eau dans des eaux de surface (OPES) régit toutes les mesures nécessaires à la mise en oeuvre de la stratégie décrite au chapitre 5.

2.3 Débits résiduels convenables

A) Débit résiduel minimal

L'article 31, alinéa 2 LEaux exige que les débits minimaux (art. 31 al. 1 LEaux; → chap. 3 "Définitions") soient augmentés lorsque les exigences selon les lettres a à e ne sont pas satisfaites et qu'elles ne peuvent l'être par d'autres mesures. Le respect de ces exigences est documenté dans les rapports techniques établis pour les différents réseaux hydrographiques. De manière générale, on remarque:

- lettre a: les prélèvements effectués sur une assez longue durée pendant les périodes sèches et chaudes peuvent créer des problèmes en aval des emplacements où des STEP déversent leurs eaux traitées.
- lettre d: lorsque la configuration du lit est défavorable, à savoir lorsqu'il est relativement large par rapport au débit d'étiage et plat, le débit minimal doit souvent être augmenté pour permettre la libre migration des poissons.

B) Augmentation du débit résiduel minimal

En vertu de l'article 33, alinéas 1 à 3 LEaux, l'autorité fixe un débit résiduel supérieur aussi élevé que possible après avoir pesé les intérêts en présence. De manière générale, on remarque:

- al. 2: **intérêts qui plaident en faveur du prélèvement d'eau:** les intérêts économiques revêtent une grande importance particulièrement dans la perspective de nouvelles cultures pour lesquelles l'eau constitue un facteur de production. Il faut toutefois noter que l'irrigation doit s'opérer selon les règles de l'art et en fonction des plantes cultivées.
- al. 3: **intérêts qui s'opposent au prélèvement d'eau:** les débits résiduels (→ chap. 3 "Définitions") effectifs sont en règle générale supérieurs aux débits résiduels selon les articles 31 à 33 LEaux. Il n'y a guère que pendant les périodes de sécheresse - lorsque les débits des cours d'eau diminuent et que simultanément les besoins en eau pour l'irrigation augmentent - que les débits sur le cours inférieur d'une rivière peuvent baisser consécutivement à une série de prélèvements pour ne plus atteindre que les quantités selon les articles 31 à 33 LEaux. D'autre part, les débits de dotation (→ chap. 3 "Définitions") fixés dépassent souvent les débits résiduels selon les articles 31 à 33 LEaux pour le cours supérieur de la rivière, parce qu'ils englobent également la quantité d'eau réservée aux riverains en aval (→ chap. 5.5 "Fixation des débits de dotation sur toute la longueur du cours d'eau" fig. 4).
- al. 1: **pesée des intérêts:** la pesée des intérêts en présence ne conduit donc, pour les prélèvements qui font l'objet de cette publication, que très rarement à une augmentation additionnelle du débit résiduel minimal.

2.4 Rapport selon l'article 33, alinéa 4 LEaux

La rédaction d'un rapport au sens de l'article 33, alinéa 4 LEaux pour chaque prélèvement d'eau à des fins d'irrigation agricole représenterait une énorme charge de travail. C'est pourquoi un tel rapport n'est pas présenté pour chaque prélèvement, mais globalement pour un cours d'eau tout entier voire pour un réseau hydrographique, puis intégré dans le rapport technique établi par les autorités elles-mêmes. Pour les questions qui dépassent les compétences de l'autorité concédante, celle-ci réalise une procédure de co-rapport, en premier lieu avec les services spécialisés en matière de pêche.

2.5 Procédure

A) Principe

Dans le Canton de Berne, l'utilisation des eaux publiques, dont font partie tous les cours d'eau, est soumise en principe à l'obligation d'obtenir une concession de la Direction des travaux publics, des transports et de l'énergie (DTTE). Il existe cependant une règle de délégation aux communes, lesquelles sont habilitées à autoriser des prélèvements d'eau dans les eaux de surface à des fins industrielles, artisanales, **agricoles** ou publiques, pour autant qu'ils s'effectuent de manière temporaire et sans installation fixe.

B) Concessions du canton

Dans les régions du canton pratiquant une irrigation intensive (vallée de la Sarine, Seeland, Fraubrunnenamt, Emmental inférieur), les concessions pour l'irrigation agricole sont octroyées par district. Les concessionnaires y sont les associations agricoles. Dans les autres régions, les concessions sont octroyées individuellement.

Les demandes de concession sont publiées et mises à l'enquête pendant 30 jours. Des oppositions peuvent être déposées pour violation de dispositions de droit public ou d'intérêts de droit privé. La décision est prise à la suite d'une procédure de conciliation. Les concessions sont en règle générale accordées pour 40 ans; les taxes annuelles perçues actuellement s'élèvent à 20.- Fr. par hectare irrigué. Pour éviter les abus, toutes les installations de prélèvement doivent être munies d'une vignette.

À ce jour il existe 70 concessions d'irrigation, comportant un total de 700 emplacements de prélèvement autorisés.

C) Autorisations des communes

Les communes peuvent disposer de la quantité d'eau dépassant les débits de dotation fixés par le Canton. Elles réglementent les prélèvements d'eau temporaires effectués au moyen d'installations mobiles, y compris les exigences en matière de pêche. Les droits d'utilisation découlant de concessions existantes de force hydraulique ou d'eau d'usage ne doivent pas être restreints. Ces droits sont dans tous les cas prioritaires. Les autorisations sont délivrées sans procédure de mise à l'enquête publique, et cela pour une durée maximale de trois ans. Pour s'assurer de leur tenue à jour, les communes exécutent chaque année une procédure selon laquelle les requérants de nouvelles autorisations ou de prolongation des anciennes doivent s'annoncer à l'autorité communale.

3 Définitions

Nous reprenons les termes définis à l'article 4 LEaux, en les complétant si nécessaire dans la perspective des prélèvements d'eau d'usage:

- Débit Q_{347} :** Le débit d'un cours d'eau atteint ou dépassé pendant 347 jours par année, dont la moyenne est calculée sur une période de dix ans et qui n'est pas influencé sensiblement par des retenues, des prélèvements ou des apports d'eau. (→ art. 4 lettre h LEaux).
- Débit minimal $Q_{\text{Min Abs 1}}$ ⁷⁾:** Dans le présent rapport, ce terme désigne le débit selon l'article 31, alinéa 1 LEaux, calculé en fonction du débit Q_{347} . Il doit atteindre dans tous les cas au moins 50 l/s.
- Débit résiduel minimal Q_{Min} :** Débit qui satisfait aux exigences énoncées à l'article 31, alinéas 1 et 2 LEaux.
- Débit résiduel Q_{Rest} ⁷⁾:** Le débit d'un cours d'eau qui subsiste après un ou plusieurs prélèvements (→ art. 4 lettre k LEaux). Dans le contexte des prélèvements d'eau d'usage, le débit résiduel, à savoir la quantité d'eau s'écoulant dans le cours d'eau, est généralement supérieur au débit résiduel selon les articles 31 à 33 LEaux (→ chap. 5.5, fig. 4).
- Débit de dotation Q_{Dot} :** La quantité d'eau nécessaire au maintien d'un débit résiduel déterminé après un prélèvement (→ art. 4 lettre l LEaux). Dans la perspective des prélèvements d'eau d'usage, le débit de dotation à un endroit donné est fixé de manière que les débits résiduels selon les articles 31 à 33 LEaux soient respectés en tout point en aval, et que les droits existants tout comme les besoins en eau des riverains en aval soient pris en compte (→ chap. 5.5, fig. 4).
- Eau d'usage:** Eau ne servant ni à l'utilisation de la force hydraulique ni à l'approvisionnement en eau potable (irrigation, eau de chantier, essais et contrôles dans les entreprises industrielles ou artisanales, etc.).

⁷⁾ Nous avons repris les abréviations allemandes pour faciliter la compréhension entre communes, en particulier dans les régions bilingues (Abs = Absatz = alinéa; Rest = Restwasser = débit résiduel).

4 Mise en application

4.1 Prélèvements fixes et prélèvements mobiles

Dans le cas d'une installation fixe, il est relativement aisé de déterminer le débit résiduel prescrit par la LEaux, en procédant aux études nécessaires le long du tronçon à débit résiduel (\rightarrow fig. 1).

Il en va tout autrement pour les cours d'eau du Plateau, qui sont utilisés pour l'irrigation agricole. Les prélèvements s'opèrent en été, pendant la période de sécheresse, à savoir lorsque les débits sont d'ores et déjà faibles; de plus, l'eau n'est pas restituée, elle est donc perdue pour tout le cours d'eau en aval du prélèvement. Ce dernier pouvant s'effectuer n'importe où, le débit résiduel prescrit par la LEaux doit être déterminé pour chaque point du cours d'eau (\rightarrow fig. 2).

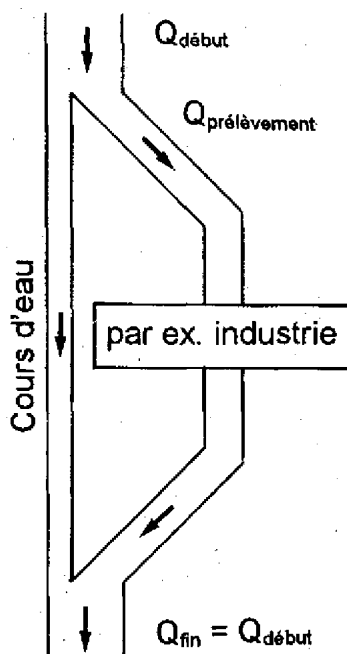


Figure 1
Bilan des débits pour une installation fixe, par exemple pour une utilisation industrielle d'eau de refroidissement

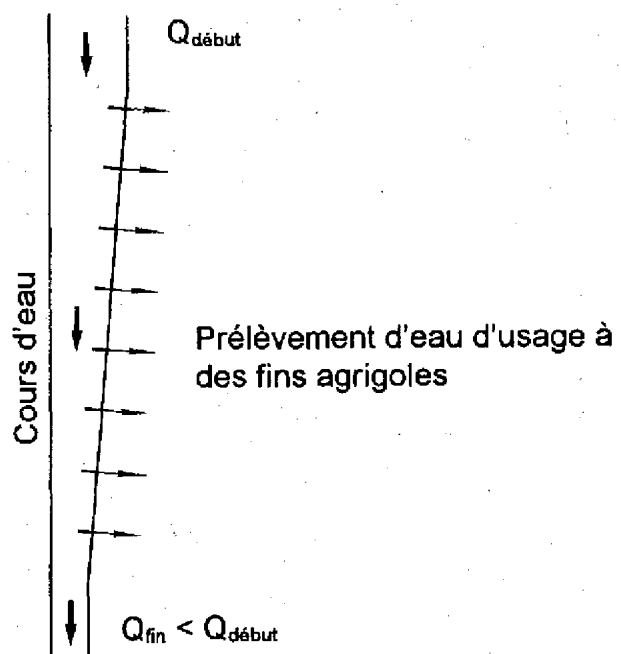


Figure 2
Bilan des débits pour des prélèvements mobiles, par exemple pour l'irrigation agricole

Ce problème n'est pas nouveau en soi, étant donné qu'il s'est déjà posé pendant les sécheresses de 1976 et de 1983. Ces dernières années, il s'est toutefois encore aggravé, car un nombre croissant d'installations improvisées sont remplacées par des dispositifs d'irrigation professionnels et performants; en outre, des cultures spéciales requérant une irrigation intensive font aujourd'hui partie du paysage agricole.

4.2 Utilisation

Il ressort des demandes déposées que les besoins en eau d'usage se concentrent pour l'essentiel sur le Plateau pendant les périodes de sécheresse prolongée. Dans les régions des Préalpes et des Alpes, ces besoins sont négligeables par comparai-

son. Dès lors, on s'est surtout employé - également pour des raisons économiques - à faire des relevés complets pour l'ensemble du Plateau et du Jura; dans les Préalpes et les Alpes en effet, les prélèvements d'eau d'usage sont rares et peuvent en conséquence être aisément réglés de cas en cas, pour les canons à neige par exemple.

Les prélèvements d'eau peuvent être répartis en deux catégories:

- prélèvements effectués au moyen d'installations fixes
- prélèvements effectués au moyen d'installations mobiles.

Ces deux catégories se distinguent non seulement par la différence dans le type d'installation, mais aussi par leur utilisation.

A) Installations fixes

Elles servent au prélèvement continu d'eau pendant de longues périodes. Il s'agit notamment de:

- installations destinées à des entreprises industrielles ou artisanales
- installations d'irrigation destinées à des prélèvements réguliers (notamment pour les cultures intensives, les pépinières, la protection contre le gel).

Etant donné que le prélèvement s'effectue à un emplacement fixe, il est possible de fixer le débit de dotation à l'endroit du prélèvement.

Ces prélèvements requièrent une concession cantonale, qui est octroyée pour plusieurs décennies et qui ne peut pas, en règle générale, être retirée ou restreinte avant son expiration.

B) Installations mobiles

Elles servent au prélèvement d'eau durant des périodes déterminées de courte durée. Cette eau est en particulier destinée:

- à l'irrigation de terres agricoles pendant les périodes de sécheresse (à l'exception des cultures fruitières et maraîchères, des pépinières et des établissements d'horticulture, où l'eau doit être considérée comme un facteur de production)
- à des essais et contrôles dans des entreprises industrielles ou artisanales
- à l'utilisation sur des chantiers
- aux services du feu ou de la protection civile.

Ces installations sont retirées du cours d'eau après chaque utilisation. Vu que ces prélèvements ne nécessitent aucune construction sur les rives ni dans le lit du cours d'eau, ils peuvent être opérés à un endroit quelconque. Il est par conséquent impossible, ou du moins difficile, de prescrire un débit de dotation à l'endroit du prélèvement.

Les autorisations sont délivrées par les communes et devraient en règle générale être octroyées pour un an, pour trois ans au plus. Cette procédure suppose une répartition préalable, par le canton, entre les différentes communes, de la quantité d'eau utilisable et la mise en place d'un dense réseau de contrôle.

4.3 Détermination des débits sur la base de mesures sur le terrain

Le débit minimal selon l'article 31, alinéa 1 LEaux est déterminé sur la base du débit Q_{347} , à savoir le débit atteint ou dépassé pendant 347 jours par année, dont la moyenne est calculée sur une période de dix ans et qui n'est pas influencé sensiblement par des retenues, des prélèvements ou des apports d'eau.

A) Indications pratiques

Pour déterminer le débit Q_{347} , il est recommandé de procéder de la manière suivante:

- Un réseau assez dense de stations de mesure constitue une bonne base pour l'étude des différents réseaux hydrographiques. Selon l'emplacement de la station, les informations fournies par celle-ci peuvent donner une impression générale du comportement à long terme des débits pour tout le système étudié. En présence d'un écoulement influencé, il est important de tenir compte du fait que les débits mesurés ne correspondent pas aux débits non sensiblement influencés tels que définis dans la LEaux.
- Le régime d'écoulement selon l'Atlas hydrologique de la Suisse (→ [4], feuille 5.2) donne un aperçu du comportement à long terme des débits. Le type de régime indique à quelle période de l'année le débit d'étiage peut normalement être observé. L'Atlas permet également de vérifier si le régime du cours d'eau étudié est le même que celui d'un cours d'eau voisin, sur lequel on dispose d'une station de mesure.
- Les débits sont mesurés tous les 1 à 2 km, sur toute la longueur du ou des cours d'eau étudiés. En outre, il convient de mesurer les débits des affluents et des prélèvements existants. Ces mesures permettent d'effectuer un bilan des débits et de calculer ceux-ci pour l'ensemble du réseau hydrographique étudié.

Sur la base du régime d'écoulement, il est possible d'estimer la période d'étiage. Le moment idéal pour la mesure du débit dépend toutefois des conditions météorologiques (par ex. après 10 journées sans précipitations). Les données des stations de mesure permettent d'obtenir le débit Q_{347} par extrapolation. S'il n'y a aucune station de mesure sur le cours d'eau étudié, il faut se baser provisoirement sur les mesures d'une station située sur une rivière voisine. Dans ce cas, il convient de s'assurer que cette rivière présente des caractéristiques semblables au cours d'eau étudié; on se posera notamment les questions suivantes:

- les régimes d'écoulement sont-ils les mêmes?
- des eaux souterraines ont-elles une incidence sur les débits?
- les conditions géologiques sont-elles comparables?
- la nature du terrain est-elle comparable dans les deux bassins versants?

B) Evaluation des mesures

Les mesures effectuées dans la rivière permettent de déterminer les débits le long de son cours. Lors de la représentation graphique de ceux-ci, il faut tenir compte du fait que les valeurs obtenues sont entachées d'une certaine inexactitude. Les séries de mesure tirées des annuaires hydrologiques montrent clairement les fluctuations du débit Q_{347} et du débit minimal (art. 31 al. 1 LEaux; $Q_{\text{Min Abs } 1}$) au fil des années.

Plus la période des relevés est longue, plus les variations sont faibles. L'exemple de la Suze à Péry illustre cette affirmation:

Période	Nombre d'années	Q_{347}	$Q_{\text{Min Abs 1}}$
1977-1982	6	2,11 m ³ /s	807 l/s
1977-1986	10	1,37 m ³ /s	559 l/s
1977-1991	15	1,15 m ³ /s	497 l/s
1982-1991	10	1,00 m ³ /s	435 l/s
1976-1994	19	1,20 m ³ /s	497 l/s

Si l'on compare les chiffres pour la première période de mesures de 10 ans (1977-1986) avec ceux d'une décennie comprenant plusieurs années sèches (par ex. la période 1982-1991), les débits Q_{347} et les débits minimaux varient considérablement. En revanche, si l'on compare ces valeurs avec celles relatives à une période plus longue (1976-1994), on constate des écarts moins importants:

Période	Nombre d'années	Q_{347}	$Q_{\text{Min Abs 1}}$	$Q_{\text{Min Abs 1}} [\%]$
1977-1986	10	1,37 m ³ /s	559 l/s	112,5
1982-1991	10	1,00 m ³ /s	435 l/s	87,5
1976-1994	19	1,20 m ³ /s	497 l/s	100,0

Pour estimer le débit minimal, il est important de déterminer aussi précisément que possible le débit Q_{347} , en choisissant cependant une méthode représentant une charge de travail acceptable; il faut en effet se rendre à l'évidence que les valeurs absolues n'existent pas dans un système naturel.

Lors de l'estimation du débit Q_{347} , il ne faut jamais perdre de vue l'objectif poursuivi: fixer des débits de dotation qui respectent les exigences écologiques du cours d'eau (→ art. 31 al. 2 et art. 33 LEaux).

4.4 Détermination des débits au moyen de modèles mathématiques

Ces dernières années, divers modèles mathématiques ont été élaborés pour l'évaluation des débits. Un modèle valable pour le domaine des moyennes eaux émane de l'Institut de Géographie de l'Université de Berne "Zur Abschätzung der Abflüsse in ungemessenen schweizerischen Einzugsgebieten" (Estimation des débits dans des bassins versants suisses en l'absence de mesures) [5]. Ce modèle permet d'estimer le régime saisonnier des débits pour un bassin versant naturel. L'exactitude des résultats dépend fortement de la qualité des données climatiques influant les débits et de la disponibilité de stations de mesure représentatives. Sur la base de ce modèle, le Service hydrologique et géographique national a réalisé un programme pour la détermination du débit Q_{347} (→ [6]). Ce modèle n'est valable que pour la région alpine; pour les bassins versants situés à des altitudes plus basses, Plateau, Jura et Tessin, il n'a pas encore été possible d'élaborer une méthode d'estimation satisfaisante.

5 Stratégie pour le maintien de débits résiduels convenables à la suite de prélèvements d'eau d'usage

L'idée qui sous-tend cette stratégie s'articule en quatre volets:

- La compétence pour l'octroi d'autorisations en matière de prélèvements d'eau d'usage effectués à l'aide d'installations mobiles est transférée du canton aux communes (le canton reste compétent pour les prélèvements d'eau d'usage effectués à l'aide d'installations fixes).
- Les cours d'eau sont répartis en trois catégories selon leur débit:
 - Q_{347} supérieur à 1'000 l/s
 - Q_{347} entre 50 et 1'000 l/s
 - Q_{347} inférieur à 50 l/s.
- Une carte et une liste indiquant la catégorie des cours d'eau sont remises aux communes.
- Les débits de dotation sont déterminés par le canton pour toute la longueur du cours d'eau. Des limnimètres sont installés aux frontières communales afin de visualiser les débits résiduel et de permettre le contrôle du respect des débits de dotation.

5.1 Exigences

Cette stratégie doit permettre le contrôle de tous les prélèvements d'eau d'usage pouvant être opérés dans les eaux superficielles (au moyen d'installations fixes ou mobiles).

Les instruments de contrôle (limnimètres) doivent être robustes, leur montage et leur entretien faciles. La lecture des valeurs ne doit requérir aucune formation poussée, elle doit être simple et rapide, et l'interprétation des résultats ne doit nécessiter aucun moyen auxiliaire.

5.2 Octroi des autorisations: délégation aux communes

Pour un territoire aussi étendu que celui du Canton de Berne, l'octroi centralisé de toutes les autorisations de prélèvement d'eau s'est révélé impossible. Les tâches administratives seraient immenses; quant aux contrôles nécessaires pendant la période d'étiage, ils dépasseraient les limites du possible, autrement dit la volonté de faire respecter les exigences sur les débits résiduels paraîtrait peu crédible. C'est pourquoi la compétence pour l'octroi d'autorisations en matière de prélèvements temporaires d'eau d'usage effectués sans installation fixe et les tâches de contrôle y relatives a été transférée aux communes.

Cette solution suppose une répartition préalable, par le canton, entre les différentes communes, de la quantité d'eau utilisable, ce qui à son tour requiert la mise en place d'un dense réseau de contrôle.

5.3 Répartition des cours d'eau en catégories

Pour faciliter la prise de décision aux communes, les cours d'eau ont été répartis en trois catégories:

- A) **Cours d'eau dont le débit Q_{347} dépasse 1'000 l/s** (longueur totale des cours d'eau = 450 km): cette catégorie comprend les grands cours d'eau (par ex. Aare, Sarine). Vu leurs forts débits, ces cours d'eau ne présentent pas de problèmes. En effet, par rapport aux oscillations naturelles que connaît leur débit, les fluctuations dues aux prélèvements d'eau d'usage sont faibles. Il n'est donc pas nécessaire d'adopter une réglementation particulière pour ces cours d'eau.
- B) **Cours d'eau dont le débit Q_{347} se situe entre 50 et 1'000 l/s** (longueur totale des cours d'eau = 750 km): on trouve dans cette catégorie les cours d'eau de taille moyenne (par ex. Langeten, Emme). Le débit résiduel selon les articles 31 à 33 LEaux varie le long du cours d'eau, ce qui signifie qu'il faut redéfinir ce débit en chaque point. Si un cours d'eau de ce type revêt une certaine importance pour l'irrigation agricole, il doit être muni de limnimètres.
- C) **Cours d'eau dont le débit Q_{347} est inférieur à 50 l/s** (longueur totale des cours d'eau = 8800 km): il s'agit de petits cours d'eau (par ex. Trümmelbach à Lauterbrunnen) ou des cours supérieurs de rivières de taille moyenne (par ex. Lyssbach). Les communes n'ont pas le droit d'autoriser des prélèvements d'eau d'usage dans ces cours d'eau, car leur débit est trop faible pendant l'étiage.

Une première répartition approximative a été accomplie sur la base des données contenues dans les annuaires hydrologiques et de l'expérience des gardes-pêche. Cette répartition provisoire est mise à jour au fur et à mesure de l'étude des différents cours d'eau.

5.4 Matériel cartographique

Tous les cours d'eau sont marqués selon les critères susmentionnés sur deux cartes au 1:100'000. Grâce à ce support visuel, les communes voient d'un coup d'oeil si des prélèvements peuvent être autorisés dans un cours d'eau et le cas échéant s'ils doivent être limités (→ fig. 3).

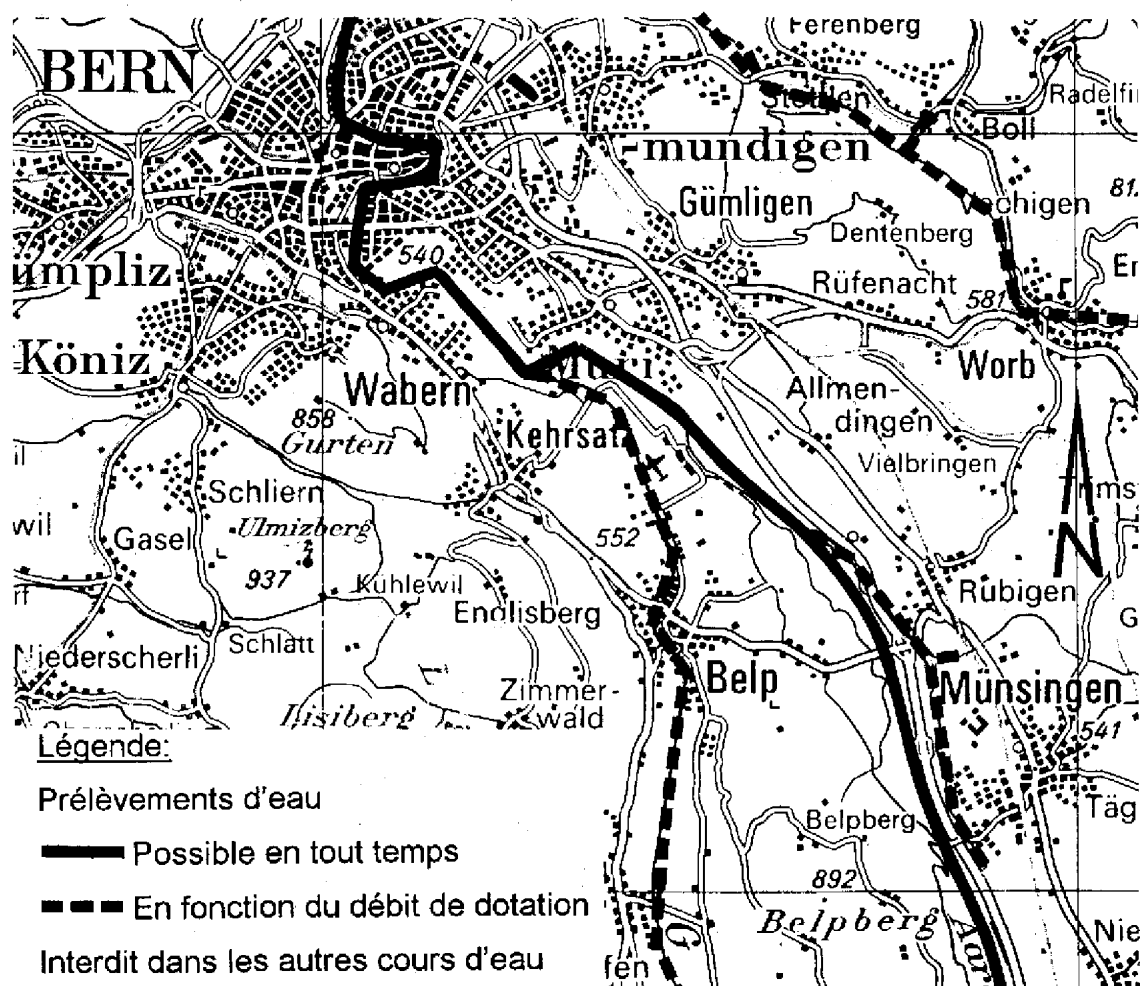


Figure 3
Extrait de la carte d'ensemble au 1:100'000, feuille Nord

5.5 Fixation des débits de dotation sur toute la longueur du cours d'eau

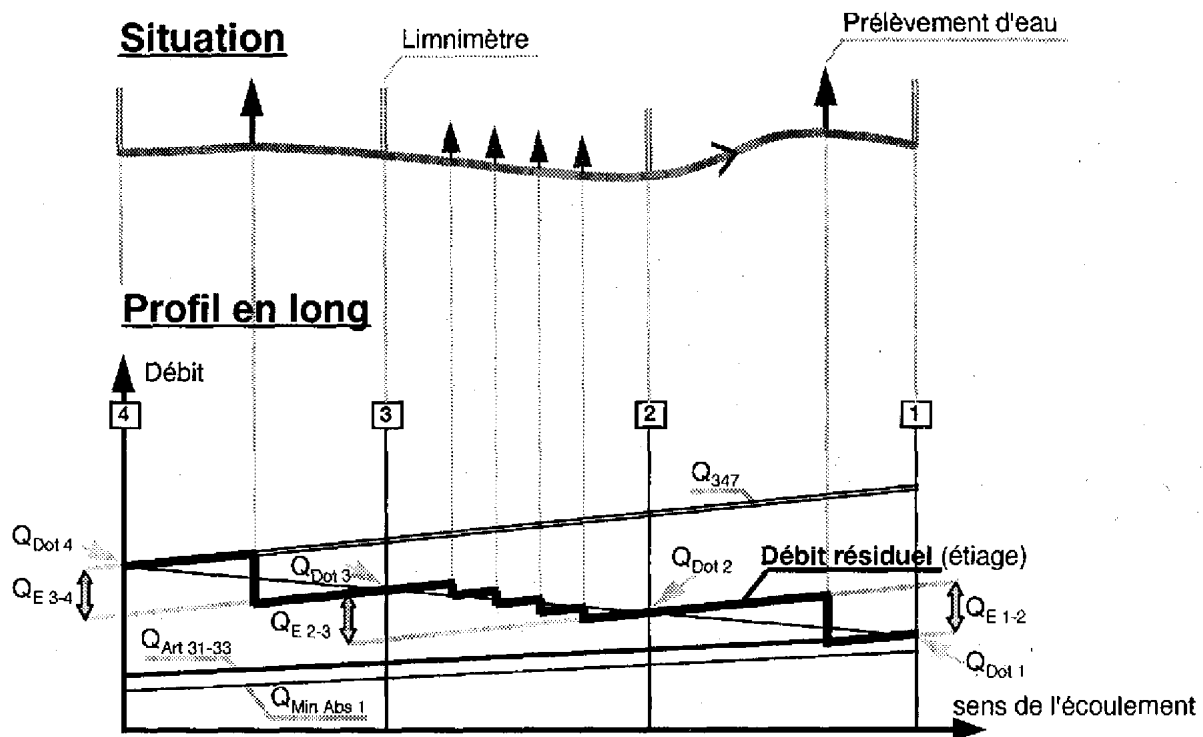
La quantité d'eau utilisable le long du cours d'eau doit être répartie entre les différentes communes.

Selon le cours d'eau, l'augmentation du débit peut se produire de différentes manières. Dans certains cas, d'importants apports ont lieu sur le cours supérieur (par ex. apports d'eau souterraine, source, introduction d'eau traitée par une STEP, autres introductions fixes, etc.), alors que les apports sur le cours inférieur sont minimes; il se peut donc que les utilisateurs en aval ne puissent plus opérer de prélèvements si la quantité d'eau utilisable a été entièrement épuisée par les riverains en amont. Pour éviter de telles situations, le débit de dotation fixé par le canton aux frontières communales tient compte des besoins des riverains en aval. Lors de la fixation du débit de dotation, il convient de prendre en considération les éléments suivants:

- débit minimal selon l'article 31, alinéa 1 LEaux (en tenant compte des éventuelles infiltrations)

- augmentations du débit minimal prescrites par la loi (art. 31 al. 2 et art. 33 LEaux) pour:
 - la garantie d'une dilution adéquate en relation avec l'introduction d'eau traitée par une STEP
 - les aspects écologiques
 - les intérêts piscicoles
 La pratique a montré qu'en tenant compte des intérêts piscicoles, les autres besoins étaient dans bien des cas également satisfaits.
- autres augmentations:
 - concessions existantes
 - quantités d'eau d'usage pour les prélèvements de riverains en aval.

La répartition de la quantité d'eau utilisable peut se faire sur la base de divers critères: elle peut être proportionnelle à la longueur du cours d'eau sur le territoire d'une commune ou aux surfaces devant être irriguées, etc. Ce qui est essentiel, c'est que chaque commune ait droit à une certaine quantité d'eau. La répartition se fonde sur l'étude détaillée de chaque cours d'eau. Le graphique ci-après montre, sous une forme schématique, quelles répercussions les débits de dotation au droit des limnimètres ont sur l'ensemble du cours d'eau:



- $Q_{\text{Min Abs 1}}$ Débit minimal selon art. 31 al. 1 LEaux
 $Q_{\text{Art 31-33}}$ Débit résiduel selon les art. 31-33 LEaux
 $Q_{E\ x-y}$ Débit pouvant être prélevé entre le limnimètre x et le limnimètre y en étiage
 $= Q_{\text{Dot x}} - Q_{\text{Dot y}} + \text{apports du bassin versant intermédiaire}$
 $Q_{\text{Dot x}}$ Débit de dotation fixé au limnimètre x de manière que les débits résiduels selon les articles 31 à 33 LEaux soient respectés en tout point en aval, et que les droits existants tout comme les besoins en eau des riverains en aval soient pris en compte

Figure 4
Fixation des débits de dotation

6 Mise en oeuvre

6.1 Travaux préparatoires

Les cours d'eau bernois ont été représentés selon leur appartenance à l'une des trois catégories décrites plus haut sur une carte générale au 1:100'000 en deux feuilles. Ce document est complété par un fichier de toutes les communes avec leurs cours d'eau. Cette première répartition permet d'avoir un aperçu général de l'ampleur des travaux à effectuer.

Par ailleurs, une liste des priorités a été dressée pour les cours d'eau devant être étudiés. Les cours d'eau qui connaissent des problèmes depuis quelque temps et pour lesquels il faut trouver rapidement une solution sont traités en premier lieu. En l'occurrence, la principale source d'information a été l'Inspectorat cantonal de la pêche. Tous les autres cours d'eau seront traités lors d'une deuxième ou troisième étape.

Un projet pilote a été réalisé pour vérifier la faisabilité de la stratégie.

6.2 Projet pilote Langeten

A) Description du bassin versant

La partie étudiée du réseau hydrographique de la Langeten s'étend de la commune d'Eriswil, jusqu'à l'endroit où ce cours d'eau se jette dans la Murg, près de Murgenthal, et englobe aussi ses affluents que sont le Rohrbachgraben, le Dorfbach Leimiswil, le Dorfbach Madiswil et le Gutenburgbächli.

B) Utilisation

La Langeten est beaucoup utilisée pour l'irrigation agricole. Il existe de nombreux droits d'eau, dont certains ne sont pas utilisés pleinement. Ici, une forme d'utilisation traditionnelle, les "Wässermatten" (prés irrigués), revêt une grande importance. De grandes installations de prélèvement pour l'irrigation se trouvent:

- sur le tronçon Lotzwil - Langenthal (Hambuel)
- dans la région de Kaltenherberge, Gruenholzmatte Roggwil.

L'irrigation se concentre surtout sur les périodes suivantes:

- printemps et automne, lors des semis et des repiquages
- pendant les périodes de sécheresse (une pratique qui se répand de plus en plus depuis quelque temps), à savoir en période d'étiage, afin de garantir les récoltes.

Sur le cours de la Langeten, diverses petites entreprises sont titulaires de droits d'eau (installations hydrauliques), notamment:

- Kleindietwil, moulin
- Rohrbach, canal de dérivation pour une petite usine hydroélectrique
- Roggwil, petite usine hydroélectrique sur la Langeten

C) Problématique

Les problèmes ont été les suivants:

- les tronçons à débit résiduel des prés irrigués (Gruenholz)
- les tronçons à débit résiduel des régions à production agricole intensive
- les infiltrations
- l'insuffisance des débits résiduels sur le cours inférieur de la rivière.

D) Répartition de la quantité d'eau utilisable

L'addition des prélèvements souhaités dans la Langeten a révélé que la quantité d'eau utilisable était nettement inférieure aux besoins exprimés. Les prélèvements souhaités ont par conséquent été réduits au strict nécessaire, ce qui a permis d'atteindre un bilan plus ou moins équilibré sur l'ensemble du cours d'eau en période d'étiage.

E) Emplacement des limnimètres

Le choix des tronçons à surveiller en priorité (et en fonction desquels il faut choisir l'emplacement des limnimètres) découle des principaux problèmes à résoudre, à savoir:

- gestion des installations mobiles dans les régions agricoles (fixation des débits de dotation en tenant compte des riverains en aval)
- gestion des tronçons à débit résiduel (déterminer les prélèvements possibles en garantissant le respect des dispositions sur les débits résiduels).

En premier lieu, il s'est agi de poser des limnimètres à tous les emplacements critiques du point de vue des débits résiduels afin que le respect des débits de dotation puisse être contrôlé à tout moment et qu'il soit possible de réduire les prélèvements en cas de nécessité.

D'autres limnimètres ont été installés à proximité des frontières entre les communes, de sorte que celles-ci, en leur qualité d'autorités concédantes, puissent contrôler les prélèvements conformément à leur mandat.

L'Inspectorat de la pêche a exigé que les interventions techniques nécessaires pour la pose des limnimètres ne portent pas sensiblement atteinte aux cours d'eau. La configuration des limnimètres devait donc être choisie de manière que la migration des poissons soit garantie même en période d'étiage.

Il n'est possible d'établir une relation claire entre la hauteur d'eau et le débit (condition sine qua non pour la fixation du niveau d'eau correspondant au débit de dotation) que pour les tronçons de cours d'eau clairement définis du point de vue hydraulique. C'est pourquoi il a fallu commencer par vérifier quels tronçons stables ou endigués se prêtaient comme emplacements pour les limnimètres. Il s'agissait en particulier de seuils, de déversoirs, de seuils noyés, etc.

F) Configuration des limnimètres

Deux systèmes ont été utilisés:

- 1) échelle limnimétrique de construction légère; latte en acier émaillé pourvue d'une graduation bien lisible en centimètres. Ces limnimètres sont fixés verticalement au moyen de vis et tampons dans des berges consolidées ou des constructions appropriées. Le niveau d'eau correspondant au débit de dotation fixé pour l'endroit en question est indiqué au moyen d'une marque (marque de contrôle; → annexes I, III et IV).
- 2) rétrécissement artificiel de la section transversale au moyen d'un déversoir à échancrure pour augmenter la profondeur d'eau. La taille de l'échancrure est choisie de façon à ce que le débit qui s'y écoule corresponde au débit de dotation fixé pour l'endroit en question. Ce type de limnimètre se prête avant tout pour les cours d'eau dont la section est relativement large par rapport au débit de dotation et plane. Selon le débit, l'échancrure est en forme de V ou rectangulaire (→ annexes III et IV).

Ces deux systèmes peuvent être aménagés à peu de frais et sont faciles à utiliser.

6.3 Conclusions tirées du projet pilote

Après deux années d'expérience sur le terrain, aucune modification de la stratégie en soi ne s'impose. L'étude d'autres cours d'eau a cependant révélé des possibilités d'amélioration:

- Il s'est avéré utile de regrouper plusieurs cours d'eau en un réseau hydrographique, même si ces rivières ne présentent pas le même degré d'urgence. Cette façon de procéder permet de traiter un plus grand nombre de rivières dans le même laps de temps, ce qui réduit les coûts par cours d'eau.
- Il s'est révélé que les travaux pour un réseau hydrographique s'étendent sur deux ans. Le calendrier est donné par les conditions météorologiques, certains travaux devant être effectués pendant les brèves périodes d'étiage. Ainsi, le déroulement de l'étude d'un réseau hydrographique se présente de la façon suivante:

Période		Activité
1e année	janv. - mai juin - sept. oct. - nov. déc. - fév.	Travaux préparatoires Première mesure des débits* Fixation des débits de dotation et rapport Information des communes
2e année	mars - mai juin - sept. oct. - nov. déc. - fév.	Pose des limnimètres* Mesure des débits pour l'étalonnage des limnimètres* Pose des marques de contrôle des débits de dotation Fiche définitive des limnimètres et information des intéressés

* Travaux dépendant des conditions météorologiques

Tableau 1
Calendrier des travaux

Si les périodes prévues pour les différents travaux sont assez longues, c'est surtout en raison du fait que ces travaux dépendent des débits effectifs dans les cours d'eau. Surtout les tâches marquées d'un astérisque ne peuvent être accomplies qu'en période d'étiage, ce qui rend impossible toute planification précise.

7 Coûts

7.1 Coûts des études

Le volume de travail dépend largement des dimensions du réseau hydrographique étudié; les coûts sont proportionnellement plus élevés pour les petits cours d'eau que pour des réseaux entiers (→ tab. 2). Le nombre d'heures indiquées donnent un ordre de grandeur qui doit permettre d'estimer le temps nécessaire pour l'accomplissement des différentes tâches. Les cours d'eau aménagés techniquement (stabilisation du lit, seuils, culées de ponts, etc.) engendrent généralement des coûts inférieurs à ceux qui ne le sont pas.

Activité	Volume de travail					
	Cours d'eau < 7 km (heures)		Cours d'eau > 7 km (heures)		réseau entier (heures)	
	Ing.	Dessin	Ing.	Dessin	Ing.	Dessin
Travaux préparatoires	20	10	30	15	40	20
Première mesure des débits	10	10	15	15	25	25
Rapport	25	15	35	25	45	35
1e information des communes	5	5	10	5	10	5
Pose des limnimètres	20	10	30	20	40	25
Etalonnage	10	10	15	15	25	25
Pose des marques de contrôle	5		10		15	
2e information des communes	5		10		15	
Fiche définitive des limnimètres	10	20	10	30	10	40
Total (heures)	110	80	165	125	225	175

Tableau 2:
Aperçu du volume de travail

7.2 Coûts de construction (niveau des prix: 1996)

Les coûts des travaux de construction varient fortement en fonction du degré d'aménagement du cours d'eau. Les limnimètres qui peuvent être fixés à des digues ou autres ouvrages existants coûtent environ 1'100.- francs. S'il faut aménager un dispositif de montage sur le radier d'un seuil existant, il faut compter 2'200.- francs. Dès qu'il devient nécessaire de construire des seuils pour stabiliser le lit du cours d'eau ou d'aménager les rives pour faciliter les mesures, les frais peuvent atteindre dans certains cas 20'000.- à 25'000.- francs par limnimètre.

Aux coûts engendrés par l'installation des limnimètres peuvent venir s'ajouter des dépenses pour l'extension du réseau de stations de mesure des débits. Le nombre de stations de mesure supplémentaires requises dépend de la densité du réseau existant. Il est impossible de donner une estimation globale de ces coûts, car ils dépendent étroitement des conditions locales.

Les coûts annuels des travaux de construction dépendent du nombre de réseaux hydrographiques traités. L'expérience montre qu'en moyenne il faut aménager un limnimètre onéreux par année, les autres limnimètres pouvant être exécutés pour un prix se situant entre 1'100.- et 2'200.- francs/pièce.

7.3 Equipement

L'équipement des limnimètres comprend la livraison du matériel, des plaques d'inscription et des marques de contrôle du débit de dotation. Les coûts dépendent du choix des matériaux. Il est possible d'estimer les coûts avec une assez grande précision sur la base de devis des fournisseurs.

Le coût de la pose des limnimètres est compris dans celui des travaux de construction.

7.4 Coût total

Dans le Canton de Berne, les travaux préparatoires et l'aménagement des cours d'eau présentant un débit critique avec des limnimètres (env. 100 pièces) ont coûté environ 700'000.- francs. Les coûts pour l'ensemble des cours d'eau qu'il est prévu d'aménager dans le canton (cours d'eau de la catégorie B → chap. 5.3 "Répartition des cours d'eau en catégories") sont estimés à 1'800'000.- francs au total.

8 Expériences

Au départ, les personnes prélevant de l'eau d'usage se montraient très sceptiques face à ce projet. Ils craignaient surtout de se voir interdire tout prélèvement pendant les périodes d'irrigation. Deux années d'observation ont permis de constater que ces craintes étaient infondées. L'exploitation des prés d'irrigation a pu se poursuivre et le débit des cours d'eau restait suffisant pour permettre d'autres prélèvements. L'heure, la durée et le volume des prélèvements sont désormais mieux répartis sur la journée; on évite ainsi les pointes de pompage qui mettaient auparavant les cours d'eau (par ex. Langeten) presque à sec, ce qui permet de respecter les débits résiduels prescrits. Depuis la mise en oeuvre de ce projet, les autorités compétentes en matière de pêche n'ont plus signalé de situations critiques.

9. Le détail des travaux sur un cours d'eau

En prenant l'exemple de l'Ösch, nous souhaitons montrer comment pourraient se présenter dans le détail les travaux requis sur un cours d'eau. La procédure décrite ci-après peut être transférée à d'autres rivières. Cette procédure a été mise au point à partir des travaux effectués sur plus de 70 cours d'eau; ses étapes ont été sommairement énumérées au chapitre 6.3 (→ tab. 1).

9.1 Travaux préparatoires (janvier - mai)

Pour commencer, il faut apprendre à connaître le réseau hydrographique en question. Les plans de l'Office cantonal du cadastre au 1:10'000 et les cartes nationales au 1:25'000 se sont révélées utiles; pour les grands réseaux, il est judicieux d'y ajouter une carte nationale au 1:50'000.

A) Repérage sur le plan 1:10'000

- Il faut d'abord colorier (bleu) le cours d'eau et ses affluents; on a ainsi une vue d'ensemble du réseau hydrographique à traiter. Sur une carte, il est en particulier plus facile de repérer les introductions d'eau et les prélèvements fixes canalisés.
- Ensuite, les frontières communales et les éventuelles frontières cantonales sont coloriées (vert/orange). Cette opération facilite la recherche d'emplacements possibles pour les limnimètres (frontières communales).
- Enfin, les stations de mesure des débits sont reportées sur la carte (source: annuaires hydrologiques des cantons et de la Confédération).

B) Indication sur le plan 1:10'000 des emplacements possibles des limnimètres

Des emplacements judicieux pour des limnimètres peuvent être:

- frontières communales
- frontières cantonales
- prélèvements fixes, par exemple canaux d'irrigation ou partage des eaux
- affluents importants.

Il s'avère pratique de numéroter les emplacements des limnimètres en commençant à l'embouchure des cours d'eau (par ex. P1, P2⁷⁾, ... → fig. 5), vu qu'il n'est pas toujours évident de savoir où le débit Q_{347} descend au-dessous de 50 l/s sur le cours supérieur (limite entre les cours d'eau des catégories B et C → chap. 5.3 "Répartition des cours d'eau en catégories").

C) Rassembler les données supplémentaires

- Feuilles de données des annuaires hydrologiques
- Régime d'écoulement, à déterminer (par ex. à partir de l'Atlas hydrologique de la Suisse)
- Concessions cantonales de force hydraulique

⁷⁾ Nous avons repris les abréviations allemandes pour faciliter la compréhension entre communes, en particulier dans les régions bilingues (P = Pegel = limnimètre)

- Concessions cantonales d'eau d'usage
- Emplacement des prélèvements (légaux et illégaux), à demander au garde-pêche.

D) Inspecter le réseau hydrographique

- Vérifier que les emplacements choisis se prêtent au jaugeage:
 - Le lit du cours d'eau est-il stable (consolidation avec des rondins, pavage, seuils, cunettes en béton, barrages de sapeurs pompiers, etc.)?
 - Le profil se prête-t-il, du point de vue hydraulique, à la mesure du débit (courant régulier)?
 - Un limnimètre peut-il être monté sur une construction existante ou la section du cours d'eau peut-elle être localement rétrécie de manière simple, par exemple en fixant des poutres en bois ou des profils métalliques sur les bords de seuils existants?
 - Si l'emplacement apparaît peu propice, chercher un autre endroit à proximité qui remplisse les conditions ci-dessus.
 - Photographier les emplacements choisis (le Polaroid s'est révélé utile) et les reporter très exactement sur le plan au 1:10'000 (par ex. F1, F2¹⁾, ... → fig. 5), afin de les retrouver facilement par la suite.
- Répertorier les introductions d'eau et les prélèvements fixes qui ne figurent pas sur les cartes. Ce travail requiert une grande mobilité; en effet, il vaut la peine de parcourir les rives des cours d'eau pour s'assurer que tout a bien été relevé. Les introductions et les prélèvements non repérés peuvent fausser par la suite le bilan des débits.

E) Préparer la première mesure

Les informations réunies lors de l'inspection sur le terrain permettent de préparer les travaux pour une première mesure des débits. Il s'agit de déterminer les endroits où les débits seront mesurés (par ex. en les numérotant M1, M2¹⁾, ... → fig. 5), à savoir:

- tous les emplacements choisis pour les limnimètres
- toutes les introductions d'eau
- tous les prélèvements
- tronçons entre les limnimètres:
 - en aval des introductions et des prélèvements
 - tronçons présentant des infiltrations ou des exfiltrations
 - si deux limnimètres sont distants de plus de 5 km.

F) Accomplir les travaux administratifs

- Demander les autorisations pour la reproduction des extraits de cartes nationales auprès de l'Office fédéral de topographie, à Wabern, pour la documentation du rapport technique (plan 1:50'000).
- Demander à l'ingénieur compétent en matière d'aménagement des cours d'eau les renseignements concernant les travaux de construction prévus.

¹⁾ F = Foto = photo; M = Messstelle = endroit de la mesure

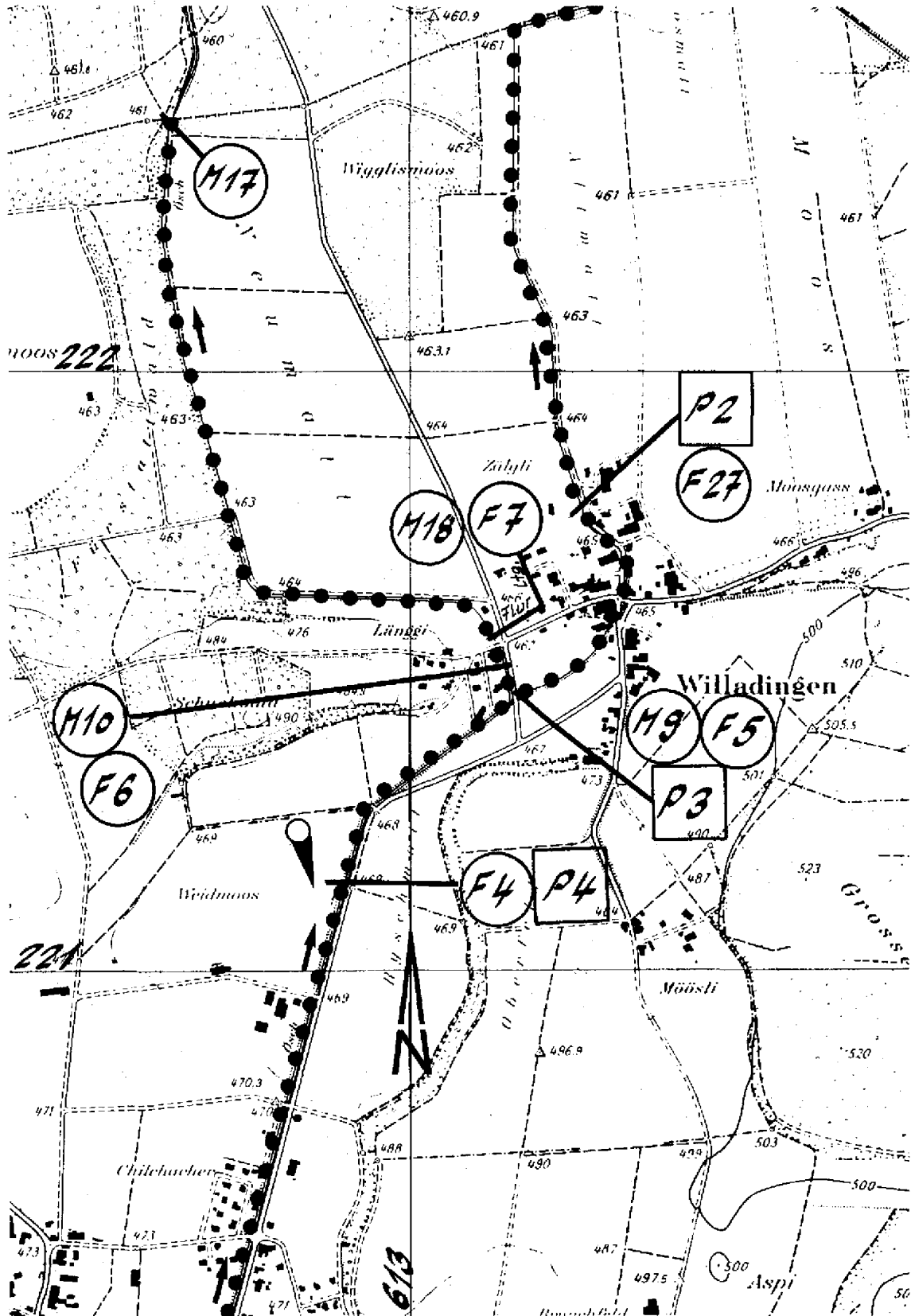


Figure 5
Extrait de la carte au 1:10'000

9.2 Première mesure des débits (juin - septembre)

Le meilleur moment pour ce travail dépend du régime d'écoulement du réseau étudié. Les mesures ne sont possibles qu'après une période sèche assez longue (après env. une semaine sans précipitations); en moyenne, il y a environ 14 jours par année qui satisfont à ce critère.

A) Procédure à suivre sur le terrain:

- Commencer les mesures à l'endroit du limnimètre le plus en amont
- Le débit mesuré permet d'évaluer si le débit Q_{347} descend au-dessous de 50 l/s à cet endroit. Le bilan des débits établi sur la base d'une série de mesures effectuées dans le sens de l'écoulement permet de constater si toutes les introductions d'eau ont été recensées.
 - Indiquer les endroits de mesure sur le plan: M1, M2, etc. (→ fig. 5)
 - Numéroté les photos: F1, F2, etc. (→ fig. 5)
- Il est judicieux de mesurer l'ensemble du réseau hydrographique en un seul jour. Cela permet de réduire les influences des fluctuations journalières des débits.
- Calculer le débit immédiatement après la mesure (par ex. avec un notebook) et comparer le résultat avec celui de la mesure précédente (bilan des débits). Cette vérification permet de contrôler si toutes les introductions d'eau ont bien été recensées.

B) Procédé de mesure

Les mesures des débits ont été effectuées avec un moulinet (→ [7]):

Section de mesure: Elle sera choisie sur un tronçon droit, où l'eau s'écoule tranquillement et avec un minimum de turbulences. Les berges devraient autant que possible être lisses et raides. Autant que faire se peut, on préférera les profils rectangulaires artificiels. On enlèvera de la section de mesure et du tronçon qui la précède les pierres, morceaux de bois, etc. qui perturbent l'écoulement.

Profil de mesure: Pour la subdivision et la mesure de la section, on s'aidera d'une latte graduée ou d'un autre instrument analogue qui sera posé en travers du cours d'eau. Le point zéro se situe toujours au bord du plan d'eau sur la rive droite (dans le sens de l'écoulement). Selon la largeur du cours d'eau, on fixera un profil de mesure tous les 0,2 à 0,5 m, mais ils seront au moins au nombre de cinq. Le deuxième et l'avant-dernier profil ne devraient pas se situer à plus de 0,1 à 0,2 m du bord. La répartition de ces profils ne devrait pas être uniforme, mais elle devrait tenir compte des caractéristiques du débit et de la configuration du lit (→ fig. 6 et tab. 3).

Jaugeage au moulinet: Les appareils de mesure modernes permettent de relever la vitesse moyenne d'écoulement dans le profil de mesure en une seule fois. On mesure debout dans l'eau ou depuis une passerelle, toujours le regard vers l'amont. Pour chaque profil, hormis le premier et le dernier, on note dans un procès-verbal de mesure la distance jusqu'à la rive droite (c'est-à-dire le bord gauche dans la perspective de la

personne qui fait les mesures), la profondeur d'eau et la vitesse d'écoulement moyenne (→ tab. 4). Pour le premier et le dernier profil (bord du plan d'eau), on ne mesure pas la vitesse d'écoulement. Pour chaque profil, la vitesse d'écoulement est mesurée trois fois. Pour chaque section, le jaugeage est effectué cinq fois.

Coefficient de berge: Pour le deuxième et l'avant-dernier profil, il faut estimer un coefficient de berge (C_b); celui-ci détermine dans quelle mesure les vitesses d'écoulement mesurées dans ces deux profils proches des berges sont valables pour les sections partielles situées entre ces profils et le bord du plan d'eau. Un coefficient de 0,9 pour une berge lisse (0,5 pour une berge accidentée, graveleuse) signifie que la vitesse d'écoulement moyenne dans la section partielle vaut 90% (50%) de la vitesse mesurée dans le profil.

Calcul: Sur la base des mesures, le calcul des débits peut être effectué avec une calculatrice de poche, un notebook ou un P.C. (avec les logiciels appropriés).

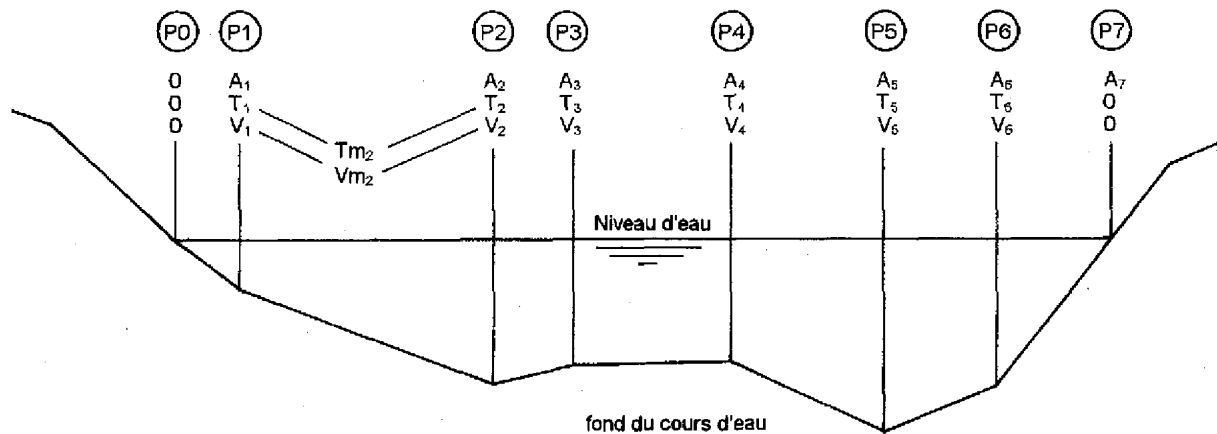


Figure 6
Exemple pour la répartition des profils de mesure sur la section de mesure

Profil	Distance de la rive	Profondeur	Vitesse d'écoulement	Vitesse d'écoul. moyenne	Profondeur moyenne	Largeur	Surface	Débit partiel
	y (m)	z (m)	u (m/s)	u_m (m/s)	h_m (m)	b (m)	S (m ²)	q (m ³ /s)
Profil 0	-	-	-	-	-	-	-	-
Profil 1	y_1	z_1	u_1	$=C_{b0} \cdot u_1$	$=z_1/2$	$=y_1$	$=h_{m1} \cdot b_1$	$=u_{m1} \cdot S_1$
Profil 2	y_2	z_2	u_2	$=(u_1+u_2)/2$	$=(z_1+z_2)/2$	$=y_2-y_1$	$=h_{m2} \cdot b_2$	$=u_{m2} \cdot S_2$
Profil 3	y_3	z_3	u_3	$=(u_2+u_3)/2$	$=(z_2+z_3)/2$	$=y_3-y_2$	$=h_{m3} \cdot b_3$	$=u_{m3} \cdot S_3$
Profil 4	y_4	z_4	u_4	$=(u_3+u_4)/2$	$=(z_3+z_4)/2$	$=y_4-y_3$	$=h_{m4} \cdot b_4$	$=u_{m4} \cdot S_4$
Profil 5	y_5	z_5	u_5	$=(u_4+u_5)/2$	$=(z_4+z_5)/2$	$=y_5-y_4$	$=h_{m5} \cdot b_5$	$=u_{m5} \cdot S_5$
Profil 6	y_6	z_6	u_6	$=(u_5+u_6)/2$	$=(z_5+z_6)/2$	$=y_6-y_5$	$=h_{m6} \cdot b_6$	$=u_{m6} \cdot S_6$
Profil 7	y_7	-	-	$=C_{b7} \cdot u_7$	$=z_7/2$	$=y_7-y_6$	$=h_{m7} \cdot b_7$	$=u_{m7} \cdot S_7$

Tableau 3
Calcul des débits (section de mesure selon fig. 6)

Maintenance de débits résiduels convenables

Première mesure (mesure des débits)

Date: 21.08.94 Heure: de 14h50 à 15h30 Mesures: Bul/Dân

Cours d'eau: Prélèvement Dorfbach Commune: Willadingen

Point de mesure N°: M9 Coordonnées: 631'170 / 211'450

Photo N° F5

Débit: 170 l / s ou 10200 l/min.Section: 0.75 m² Vitesse d'écoulement moyenne: 0.23 m / s

Coeff. brg 0 0.5 (0 à 1) Température de l'eau: 17.5 °C

Coeff. brg X 0.5 (0 à 1)

	Dist. de la rive (m)	Prof. d'eau (m)	1e mesure (m/s)	2e mesure (m/s)	3e mesure (m/s)	Vitesse mesurée	Vitesse moyenne	Prof. moy. (m)	Larg. (m)	Surf. (m ²)	Débit (m ³ /s)
Rive 0	0.40	0.00									
Profil 1	0.65	0.23	0.18	0.21	0.20	0.19	0.1425	0.115	0.25	0.029	0.0041
Profil 2	0.90	0.29	0.24	0.23	0.24	0.24	0.2150	0.260	0.25	0.065	0.0140
Profil 3	1.20	0.32	0.25	0.26	0.25	0.25	0.2450	0.305	0.30	0.092	0.0224
Profil 4	1.50	0.35	0.28	0.29	0.28	0.28	0.2650	0.335	0.30	0.101	0.0266
Profil 5	1.80	0.36	0.29	0.29	0.30	0.30	0.2875	0.355	0.30	0.107	0.0306
Profil 6	2.10	0.37	0.26	0.26	0.26	0.26	0.2775	0.365	0.30	0.110	0.0304
Profil 7	2.40	0.35	0.22	0.21	0.19	0.21	0.2325	0.360	0.30	0.108	0.0251
Profil 8	2.60	0.34	0.19	0.17	0.18	0.19	0.1950	0.345	0.20	0.069	0.0135
Profil 9	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0925	0.170	0.40	0.068	0.0063
Profil 10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000
Profil 18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.000	0.0000

Remarques:

Section fortement envahie par des algues

B+S Ingenieur AG

24.8.94/BERIS38.XLS

87.012 Dân

Tableau 4
Exemple d'un procès-verbal de mesure

Evaluer les résultats obtenus et les comparer, respectivement les étalonner, quand cela est possible, avec les débits mesurés le même jour par une station de mesure appropriée. Cette tâche peut être accomplie en dressant un tableau par exemple (→ tab. 5).

D'un point de vue strictement scientifique, il faudrait faire plusieurs mesures. Mais dans la pratique, on a constaté qu'une seule mesure suffit à déterminer approximativement les caractéristiques des débits et d'avoir ainsi une base de départ en vue de fixer les débits de dotation.

9.3 Fixation des débits de dotation (octobre - novembre)

L'estimation des débits d'un cours d'eau est très imprécise: un écart de 100 % n'est pas impossible lorsque les débits sont faibles. Il est difficile de visualiser un débit de dotation (quantité) dans le cours d'eau (sur le terrain) et par conséquent aussi de fixer ce débit. Quel est l'aspect du cours d'eau lorsque le débit atteint 50 l/s, 80 l/s, 150 l/s, etc.? Quel doit être le débit pour que les besoins de la nature soient satisfaits? Certes, le débit est une grandeur parfaitement quantifiable au moyen de mesures (les résultats peuvent même être assez précis pour un canal de mesure ou dans une section bien définie), mais dans la nature, la configuration du lit du cours d'eau change sans cesse, qu'il s'agisse de la largeur, de la pente ou de la rugosité.

Les constatations faites sur les cours d'eau étudiés permettent de dire que dans la plupart des cas, ce n'est pas le débit minimal selon l'article 31, alinéa 1 LEaux qui est déterminant pour fixer le débit de dotation, mais la profondeur d'eau requise pour la migration des poissons (art. 31 al. 2 lettre d LEaux).

L'impression visuelle qu'on a eue lors de la première mesure peut être utile comme base de départ pour la fixation d'un débit de dotation approprié. En partant de la situation observée lors de la première mesure, on peut par exemple se poser les questions suivantes:

- Les débits observés lors de la première mesure suffisent-ils à répondre aux exigences de l'article 31, alinéa 2 LEaux?
- Faut-il davantage d'eau dans le cours d'eau pour que les besoins écologiques soient satisfaits?
- De combien le niveau d'eau doit-il être augmenté pour que les besoins écologiques soient satisfaits?
- Quel débit correspond à cette plus grande profondeur d'eau?

Ou:

- Les besoins écologiques peuvent-ils aussi être satisfaits avec un débit inférieur?
- De combien peut-on diminuer le niveau d'eau sans porter atteinte aux besoins écologiques?
- Quel débit correspond à cette profondeur d'eau réduite?
- Le débit minimal selon l'article 31, alinéa 1 LEaux est-il encore respecté?

Ces réflexions permettent d'estimer quantitativement le débit de dotation. Cependant, il n'est possible de fixer le débit de dotation de façon plus précise qu'après la

pose des limnimètres, lors de la mesure d'étalonnage. Ces remarques valent également en cas de partage des eaux.

Le tableau suivant donne un aperçu des débits mesurés dans l'Ösch, du calcul des débits Q_{347} et des débits minimaux ainsi que de la fixation des débits de dotation.

Endroit de mesure	M	km cours d'eau	Q_{Erst} (l/s)	Q_{Sum} (l/s)	Q_{Sum} égalisé (l/s)	Facteur de réd.	Q_{347} (85-93) calculé (l/s)	Q_{347} égalisé (l/s)	Q_{Min} Abs 1 (l/s)	Q_{Dot} (l/s)
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
Bütikofen	M1	9.8	70	70	75	0,72	54	55	50	60
Ersigen	M2	6.5	77	77	75	0,72	54	55	50	55
Niederösch	M4	6.2	72	72	75	0,72	54	55	50	50
Affluent Chänerechbach	M5	5.5	105	177	180	0,72	130	130	106	110
Affluent Wyrnigenbach	M7	4.2	125	302	305	0,72	220	220	156	180
Station de mesure Ösch*	A031	1.9	-	305*	305*	0,72	220**	220**	156	170
Prélèvement Dorfbach	M9	1.5	170	135	135	0,72	97	100	82	85
Ösch après prélèvement	M10	1.5	136	136	135	0,72	97	100	82	85
Introduction (drainage)	M18	1.5	240	376	375	0,72	271	275	180	260
Frontière cantonale SO	M17	0	380	380	375	0,72	271	275	180	240

* Débit de la station de mesure le jour de la mesure

** tiré de l'annuaire hydrologique 1993

Remarque: nous avons gardé les abréviations allemandes pour faciliter la compréhension entre communes.

Tableau 5

Débits de l'Ösch (profil en long des débits et plan de situation → fig. 7 et 8)

- ① Endroit de mesure selon le plan 1:10'000.
- ② Kilométrage du cours d'eau, mesuré à partir de la frontière cantonale (ou depuis l'endroit où le cours d'eau étudié se jette dans une rivière plus importante).
- ③ Première mesure des débits (Erst = Erste Abflussmessung).
- ④ Somme des débits (bilan des débits; Sum = Summe).
- ⑤ Débit de la colonne ③ égalisé sur la longueur du cours d'eau sur la base du débit de la (des) station(s) de mesure et des débits mesurés (par ex. M1-M4, M9-M17; compensation des imprécisions inhérentes aux mesures).
- ⑥ Le facteur de réduction permet de calculer le débit Q_{347} sur la base du débit mesuré Q_{Erst} . Sa valeur (0,72) a été calculée de la manière suivante: le débit Q_{347} de la station de mesure pour la période 1985-1993 (220 l/s) divisé par le débit de la station de mesure le jour de la mesure (305 l/s). Le rapport entre le débit mesuré et le débit Q_{347} n'est pas forcément constant sur toute la longueur du cours d'eau. Lors du calcul du débit Q_{347} , il faut tenir compte de l'assèchement de petits affluents et des fluctuations du niveau de l'eau souterraine; ces influences sont toutefois difficiles à évaluer et le calcul avec un coefficient de réduction constant donne en général de bons résultats.
- ⑦ Débit Q_{347} , calculé sur la base des débits mesurés (produit de la colonne ④ par la colonne ⑥).
- ⑧ Débit Q_{347} égalisé, calculé sur la base des débits égalisés (produit de la colonne ⑤ par la colonne ⑥). La comparaison des colonnes ⑦ et ⑧ montre que, dans ce cas, la différence entre le débit avant l'égalisation et après celle-ci est considérablement réduite par la réduction, en d'autres termes que l'égalisation n'a que très peu d'influence.

- ⑨ Débit minimal selon l'article 31, alinéa 1 LEaux.
- ⑩ Il n'a pas été possible de trouver une formule généralement valable pour la fixation du débit de dotation. En effet, les besoins de chaque cours d'eau sont différents; des solutions appropriées doivent par conséquent être trouvées individuellement pour chaque cas. Il faut être conscient que les besoins en eau ne constituent qu'un aspect du débit de dotation, car il existe d'autres "besoins" dont il convient de tenir compte, tels que les tronçons qui présentent des infiltrations, les intérêts de la pêche, la dilution des eaux usées.

Il est de bon conseil de représenter les données obtenues sous forme d'un profil en long des débits, ce qui en facilite la compréhension. Ce profil montre les différents débits du cours d'eau par rapport à l'emplacement sur le plan de situation. Il est ainsi possible de voir d'un coup d'oeil l'ordre de grandeur des différents débits et de les comparer entre eux.

Ces indications permettent notamment de voir la quantité d'eau utilisable sur un tronçon donné. En outre, elles montrent à partir de quel emplacement le débit Q_{347} atteint 50 l/s, à savoir à quel endroit on passe d'un cours d'eau de la catégorie B à une rivière de la catégorie C (→ chap. 5.3 "Répartition des cours d'eau en catégories").

Lors de l'établissement du profil en long des débits, on peut être confronté à certaines incertitudes, en relation surtout avec les eaux souterraines (infiltrations et exfiltrations). Dans ce cas, des mesures supplémentaires peuvent aider à préciser la situation. En outre, des publications hydrogéologiques (par ex. les cahiers « Données pour la protection et la gestion de l'eau souterraine du Canton de Berne ») peuvent venir confirmer la qualité des mesures.

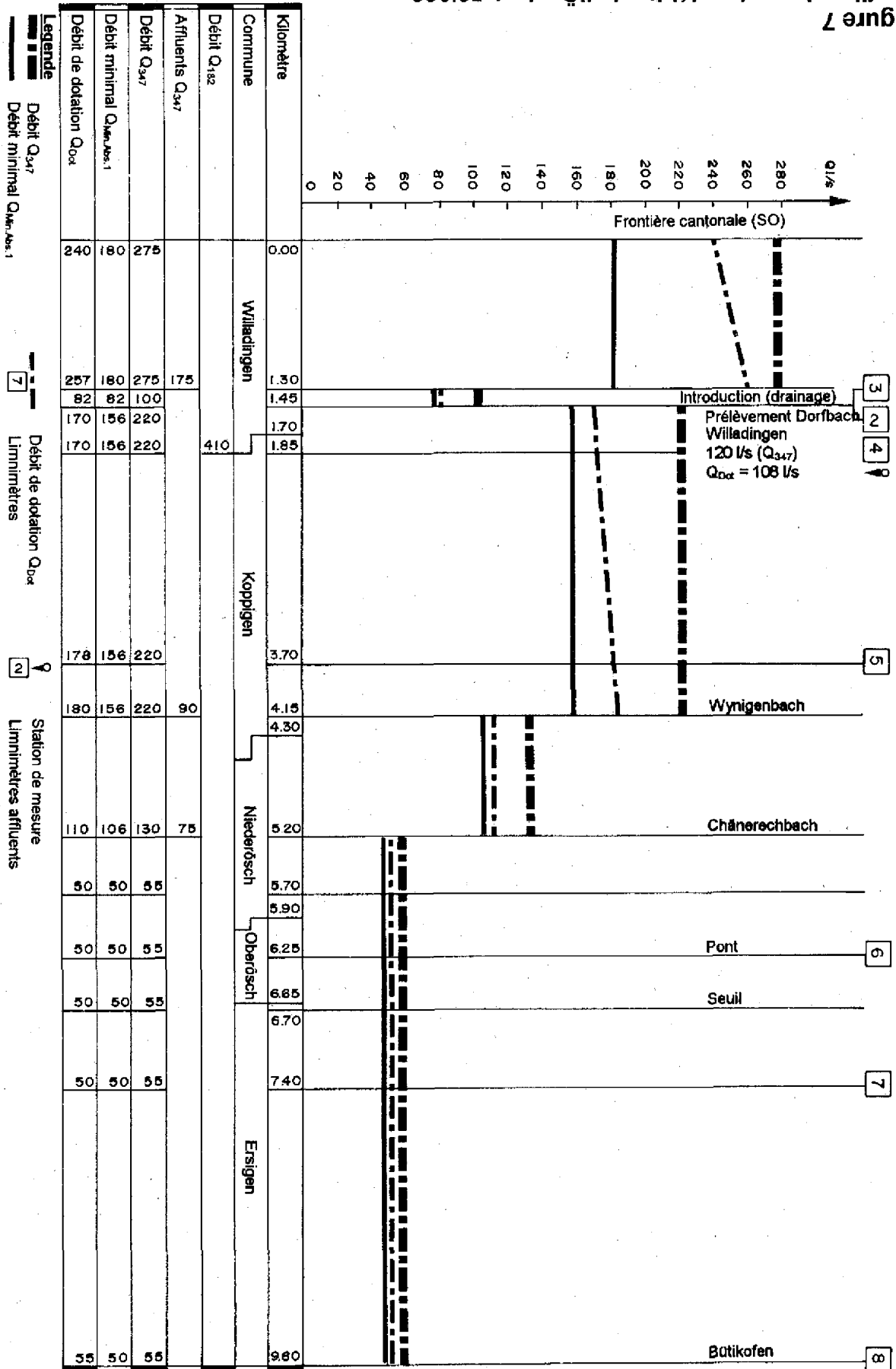
Dans l'exemple de l'Ösch, le profil en long montre qu'en période d'étiage des prélèvements d'eau d'usage peuvent être autorisés en aval de la localité de Bütikofen (débit Q_{347} supérieur au débit de dotation; → fig. 7 et 8).

Jusqu'au Chänerechbach, il n'y a aucune augmentation mesurable des débits; des prélèvements d'eau sont par conséquent problématiques sur ce tronçon en période d'étiage. En aval de cet affluent, grâce à l'apport de celui-ci, une petite quantité d'eau peut être utilisée.

Entre l'embouchure du Wynigenbach et le prélèvement pour le Dorfbach Willadingen, le débit de l'Ösch dépend du niveau des eaux souterraines. Si ce dernier est haut (exfiltration des eaux souterraines dans le cours d'eau), des prélèvements d'eau d'usage ne posent pas de problème, alors qu'ils pourraient être problématiques lorsque le niveau de l'eau souterraine est bas (infiltration du cours d'eau dans les eaux souterraines); ce deuxième cas de figure peut se présenter surtout à la fin de l'été.

A partir de Willadingen, on peut tabler surtout sur une exfiltration des eaux souterraines dans le cours d'eau. Des prélèvements devraient en conséquence être possibles également pendant les périodes sans précipitations.

Figure 7
 Profil en long des débits de l'Ösch, 1:50'000



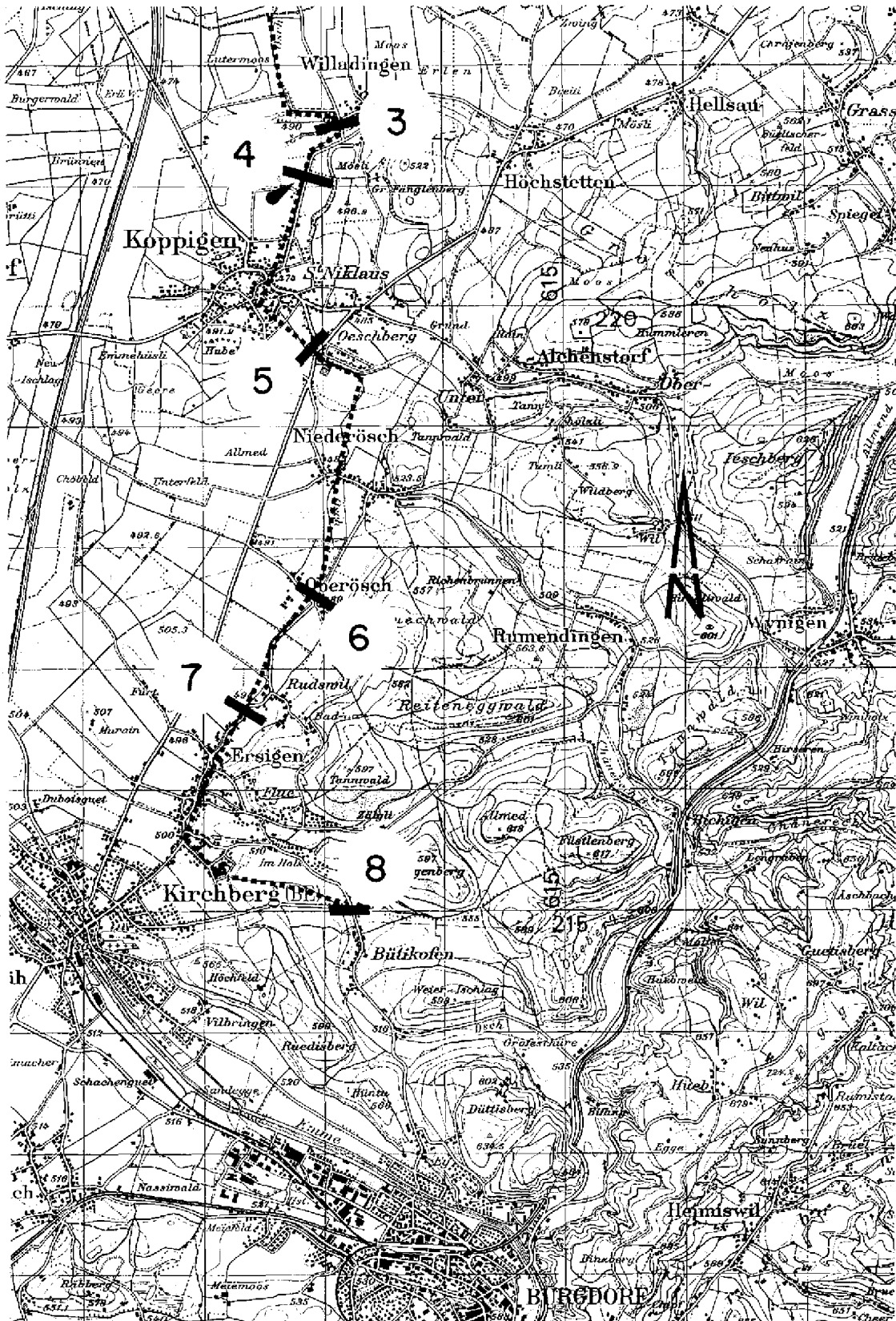


Figure 8
Plan de situation de l'Ösch, 1:50'000

9.4 Rapport (octobre - novembre)

Il existe d'innombrables façons de structurer un rapport. A titre d'exemple, nous reproduisons ci-dessous la table des matières du rapport consacré à l'Ösch

TABLE DES MATIERES

1. Etat initial

- 1.1 Motif de l'étude
- 1.2 Définitions
- 1.3 Mesures

2. Régime hydrologique

- 2.1 Caractéristiques du bassin versant
- 2.2 Régime d'écoulement

3. Procédure choisie pour la détermination des débits

4. Ösch

- 4.1 Réseau hydrographique
- 4.2 Stations de mesure, mesure des débits
- 4.3 Aspects écologiques
- 4.4 Profil en long des débits
- 4.5 Limnimètres prévus

5. Wynigenbach

- 5.1 Réseau hydrographique
- 5.2 Stations de mesure, mesure des débits
- 5.3 Aspects écologiques
- 5.4 Profil en long des débits
- 5.5 Limnimètres prévus

6. Chänerechbach

- 6.1 Réseau hydrographique
- 6.2 Stations de mesure, mesure des débits
- 6.3 Aspects écologiques
- 6.4 Profil en long des débits
- 6.5 Limnimètres prévus

Annexes

- Plan de situation 1:50'000
- Profil en long des débits 1:10'000 Ösch
- Profil en long des débits 1:10'000 Wynigenbach
- Profil en long des débits 1:10'000 Chänerechbach
- Fiches des limnimètres (→ annexe II)
- Courbe des débits classés de l'Ösch
- Exemple d'un limnimètre

Il est recommandé de soumettre le rapport à l'état de projet aux services cantonaux concernés (Inspectorat de la pêche, ingénieur compétent en matière d'aménagement des cours d'eau, etc.).

9.5 Information des communes (décembre - février)

Pour l'information de tous les intéressés, une démarche en deux étapes a fait ses preuves. Dans un premier temps, les communes, les associations agricoles et les associations d'irrigation sont informées du projet. Ensuite seulement, après la pose des limnimètres, toutes les personnes concernées par le projet, en particulier celles qui prélèvent de l'eau, sont mises au courant (→ chap. 9.8 "Fiche définitive des limnimètres et information des intéressés").

Toutes les communes riveraines, etc. sont conviées à une réunion (45 - 60 minutes), pendant laquelle elles sont briefées sur les bases légales, la conception générale et le projet en particulier. A la suite de quoi, on fait une tournée des emplacements des différents limnimètres avec les représentants des communes concernées. A cette occasion, il est possible de discuter des endroits choisis avec ces représentants et, au besoin, d'ajouter des limnimètres.

9.6 Pose des limnimètres (mars - mai)

A) Choix du type des limnimètres

Les emplacements des limnimètres ayant été déterminés, il s'agit de choisir pour chacun d'entre eux le type de limnimètre approprié. L'échelle limnimétrique munie d'une marque de contrôle présente le meilleur rapport utilité - coût: il faut donc s'efforcer d'utiliser ce modèle aussi souvent que possible. Si le lit du cours d'eau est relativement large par rapport au débit de dotation, autrement dit si la profondeur d'eau correspondant au débit de dotation n'atteint que quelques centimètres, il est plus judicieux de recourir à un déversoir avec échancrure.

Outre son prix modique, l'échelle limnimétrique a l'avantage de garantir une grande souplesse dans la fixation de la marque de contrôle correspondant au débit de dotation. Pour les cours d'eau à faible débit, la mesure d'étalonnage révèle parfois que le débit de dotation fixé auparavant (qui se fonde notamment sur le débit minimal selon l'art. 31 al. 1 LEaux, autrement dit une valeur calculée) est trop faible; c'est le cas par exemple lorsque pour un débit de dotation de 60 l/s la profondeur de l'eau n'atteint que 15 cm, alors qu'il en faut 20 pour assurer la migration des poissons; la marque de contrôle peut alors être facilement déplacée. Si l'échelle limnimétrique ne sert pas à mesurer des débits (station de mesure des débits), il n'est pas impératif qu'elle soit montée verticalement; il existe en effet des échelles graduées spécialement pour tenir compte de l'inclinaison. Lors de l'étalonnage, il faudra bien sûr prendre en considération l'angle d'inclinaison.

Quand il s'agit de choisir les dimensions de l'échancrure d'un déversoir, ce n'est généralement pas le débit qui est déterminant, mais bien plus souvent la profondeur d'eau nécessaire à la migration des poissons. Des formules permettent certes de déterminer approximativement la taille de l'échancrure, mais il faut ensuite discuter de la forme de celle-ci avec le spécialiste en matière de pêche.

Pour les débits minimaux faibles, soit entre 50 et 200 l/s, ce ne sont souvent pas les valeurs calculées qui sont déterminantes pour la fixation du débit de dotation, mais

bien plus les conditions locales (largeur du cours d'eau, vitesse d'écoulement, espèces de poissons, etc.).

B) Travaux administratifs

- Etablir la soumission pour les travaux de construction, procéder à l'appel d'offre, etc.
- Demander une autorisation en matière de pêche
- Demander une autorisation en matière de police des eaux.

C) Conseils pour l'adjudication

Procéder à l'appel d'offre pour la livraison des échelles limnimétriques, des marques de contrôle et des plaques d'inscription. Certains fabricants d'échelles limnimétriques livrent en plusieurs longueurs; un stock de base comprenant les longueurs 50 cm, 70 cm et 100 cm permet de couvrir la majeure partie des besoins.

D) Conseils pour la direction des travaux

Bien que la pose des limnimètres ne requière pas de qualifications particulières en matière d'aménagement des cours d'eau, la plupart des entreprises ne sont pas habituées à ce type de tâches. Avant d'entamer les travaux, il s'avère donc utile d'examiner soigneusement les emplacements des limnimètres avec l'entrepreneur afin d'arrêter les détails pour la pose de ces derniers (endroit, hauteur, type de fixation, type de support). Les remarques éventuelles peuvent, par exemple, être notées sur un ruban adhésif collé directement sur l'échelle limnimétrique.

→ Avant la mesure d'étalonnage, vérifier que tous les limnimètres ont été posés correctement!

Pour l'entretien des limnimètres, il est judicieux de niveler la hauteur du point zéro de l'échelle limnimétrique: le remplacement de limnimètres endommagées s'en trouvera considérablement facilité.

9.7 Mesure des débits pour l'étalonnage des limnimètres et pose des marques de contrôle des débits de dotation (juin - novembre)

Une fois les échelles limnimétriques posées, il s'agit de mesurer les débits afin de fixer la hauteur des marques de contrôle (→ chap. 9.2 B "Procédé de mesure"). Le moment idéal serait celui où le débit du cours d'eau équivaut exactement au débit de dotation, situation qui ne se présente toutefois que très rarement. C'est pourquoi, préalablement aux mesures, il faut déterminer les formules permettant de convertir les débits mesurés en débits de dotation. Dans bien des cas, il suffit d'appliquer pour ce faire la formule de Strickler. En présence de déversoirs, ou lorsque l'échelle limnimétrique se situe dans une retenue, il faut cependant recourir à d'autres formules (→ [8], [9], [10], [11], etc.).

La mesure des débits pour les déversoirs à échancrure sert de contrôle. Selon le type de déversoir (bois, métal), l'échancrure pourra parfois être encore adaptée.

Avant que les résultats ne soient remis à l'entrepreneur pour qu'il puisse terminer les travaux relatifs aux limnimètres, il est de bon conseil de vérifier les résultats sur le terrain avec les organes spécialisés concernés, à savoir en général le garde-pêche.

Ensuite seulement, les résultats seront transmis à l'entrepreneur, qui fixera les marques de contrôle. Une copie des fiches provisoires des limnimètres s'est révélée des plus utiles dans ce contexte.

9.8 Fiches définitives des limnimètres et information des intéressés (décembre - février)

Avant de clore les travaux, il est judicieux d'établir une documentation finale, comprenant une vue d'ensemble du cours d'eau, sur laquelle figurent tous les limnimètres posés, et une fiche définitive de chacun d'eux. Cette documentation comprendra en outre un plan de situation indiquant les tronçons du cours d'eau touchés par une restriction en matière de prélèvement d'eau ainsi que les emplacements où ont été posés les limnimètres. Pour chacun de ces derniers, on établira une fiche comprenant les informations essentielles et on joindra un "mode d'emploi" (→ annexes III-V).

La documentation finale permettra aux autorités cantonales d'avoir une vue d'ensemble du cours d'eau. En outre, elle informe les communes sur les conditions locales par rapport au cours d'eau tout entier.

La deuxième visite des lieux a pour objet l'information de toutes les personnes concernées par le projet, en particulier celles qui prélèvent de l'eau. A l'occasion de cette tournée de tous les emplacements où ont été posés des limnimètres, on expliquera l'utilisation de ces derniers.

Bibliographie

- [1] *Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux*
(LEaux)
- [2] *Commentaire sur la révision de la loi fédérale sur la protection des eaux*
Département fédéral de l'intérieur, novembre 1984
- [3] *Message du 29 avril 1987 concernant l'initiative populaire «pour la sauvegarde de nos eaux» et la révision de la loi fédérale sur la protection des eaux*
- [4] *Atlas hydrologique de la Suisse*
M. Spreafico, R. Weingartner, C. Leibundgut; 1992, 1995
- [5] *Zur Abschätzung der Abflüsse in ungemessenen schweizerischen Einzugsgebieten*
Hugo Aschwanden; Geographisches Institut der Universität Bern, Abteilung Physikalische Geographie-Gewässerkunde, Publikation Gewässerkunde Nr 65, 1985
- [6] *Le débit d'étiage Q_{347} - Détermination et estimation pour les bassins versants alpins de Suisse*
H. Aschwanden; Service hydrologique et géologique national, Communication No 18a, 1993
- [7] *Abflussmessung mit Kleinmessflügel*
Fischereiinspektorat des Kantons Bern
- [8] *Abflussmengen an kleinen Fliessgewässern; Neue Mess- und Auswertmethoden im Kanton Zürich*
H. Kaspar; SIA Nr. 38, 14. September 1995
- [9] *Abluss über Wehre und Überfälle*
Abriss der Hydraulik Band 4, Prof. Dr.-Ing. P.G. Franke, Bauverlag Wiesbaden und Berlin
- [10] *Breikroniger Überfall*
W. Hager; Wasser, Energie, Luft, Jahrgang 1994, Heft 11/12
- [11] *Überfallstrahl*
W. Hager; SIA Nr. 19, 4. Mai 1995

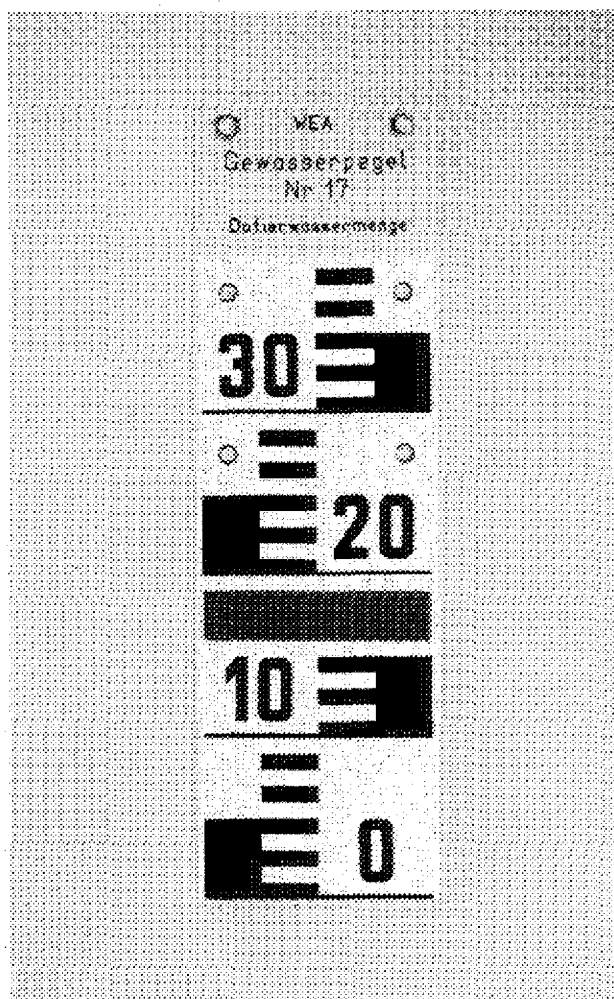
Autres ouvrages

- [12] *Die Abflussmenge Q_{347} als Grundlage zur Bestimmung der Restwassermenge*
H. Aschwanden, B. Schädler; Gas - Wasser - Abwasser, Jahrgang 1988, Nr. 9
- [13] *Einsatz von Kurzzeitmessungen zur Bestimmung der Abflussmenge Q_{347}*
H. Aschwanden; Gas - Wasser - Abwasser, Jahrgang 1990, Nr. 1
- [14] *Abflussmessung in Mittellandbächen - mit Messflügel oder Salzverdünnungsverfahren*
R. Bänziger; Wasser, Energie, Luft, Jahrgang 1994, Heft 10
- [15] *Guide pour les jaugeages des cours d'eau*
Service hydrologique et géologique national, Communication No 4a; 1982
- [16] *BGE Auszug aus dem Urteil der I. Öffentlichen Abteilung vom 24. August*
i.S. Rheinaubund und Mitbeteiligte gegen Bewässerungsgenossenschaft Schlattingen, Sasadingen, Willisdorf und Umgebung und Regierungsrat des Kt. Thurgau (Verwaltungsgerichtbeschwerde)
BGE 120 I 233
- [17] *Wasserressourcen schonend nutzen*
M. Baumann; VGL Information Heft Nr. 2, 1996

Annexes I - V

Exemple d'une échelle limnimétrique

Echelle limnimétrique



Limnimètre N°

Marke de contrôle

La marque de contrôle indique le niveau d'eau correspondant au débit de dotation.
Dès que le niveau se situe en dessous de cette marque, les prélèvements d'eau d'usage
sur le tronçon concerné doivent être réduits ou interrompus.

Cours d'eau:	Ösch	Limnimètre N°	5	Coordonnées
Commune:	Koppigen	Lieu-dit:		612'895/219'620
Système de mesure:	Échelle limnimétrique			
Débit de dotation:	178 l/s			
Niveau de dotation:				
Extrait du plan au 1:10'000				
Photo d'ensemble				

Quelques remarques concernant les limnimètres

Avant le contrôle

La lecture sur le limnimètre peut être rendue difficile par des algues, des matériaux solides transportés par le cours d'eau, des débris flottants, etc. C'est pourquoi il convient de nettoyer le limnimètre avant chaque contrôle du débit. La base du limnimètre doit être libérée des éventuelles grosses pierres, branches et autres objets encombrants.

Interprétation de la lecture pour les marques de contrôle des échelles limnimétriques

Niveau d'eau au-dessus de la marque de contrôle	Prélèvements d'eau possibles jusqu'à la marque de contrôle.
Niveau d'eau se situant à l'intérieur de la marque de contrôle	Le débit du cours d'eau est proche du débit d'étiage, c'est-à-dire que le niveau d'eau au droit du limnimètre doit être vérifié régulièrement.
Niveau d'eau situé en dessous de la ligne inférieure de la marque de contrôle	Le débit du cours d'eau est insuffisant, c'est-à-dire que les prélèvements doivent être réduits ou interrompus.

Interprétation de la lecture pour les échancrures des déversoirs

L'eau déborde de l'échancrure	Prélèvements d'eau possibles jusqu'à l'arrête supérieure de l'échancrure.
L'eau ne s'écoule que par l'échancrure	Le débit du cours d'eau est insuffisant, c'est-à-dire que les prélèvements doivent être réduits ou interrompus.

Entretien

L'entretien des limnimètres, sans les travaux de nettoyage nécessaires pour une lecture exacte du niveau, relève de l'Office cantonal de l'économie hydraulique et énergétique, Reiterstrasse 11, 3011 Berne.

Veuillez nous signaler les éventuels dégâts aux limnimètres ou dans les stations de mesure, ☎ 031/633 38 33.

Cours d'eau: **Ösch**
 Commune: **Koppigen**

Limnimètre **N° 5** Débit de dotation: 178 l/s
 Système de mesure: échelle limnimétrique Coordonnées: 612'895/219'620
 Plan N°: 1127.4

Extrait du plan au 1:10'000

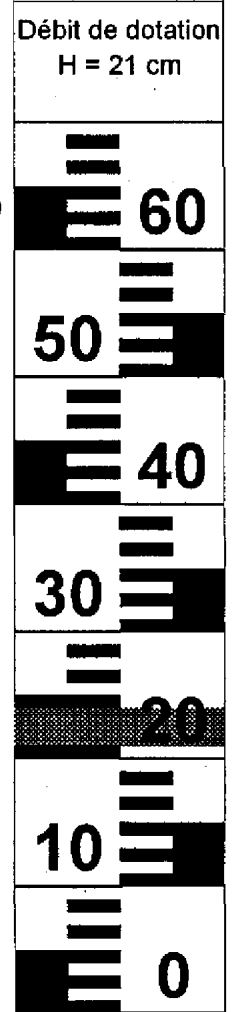
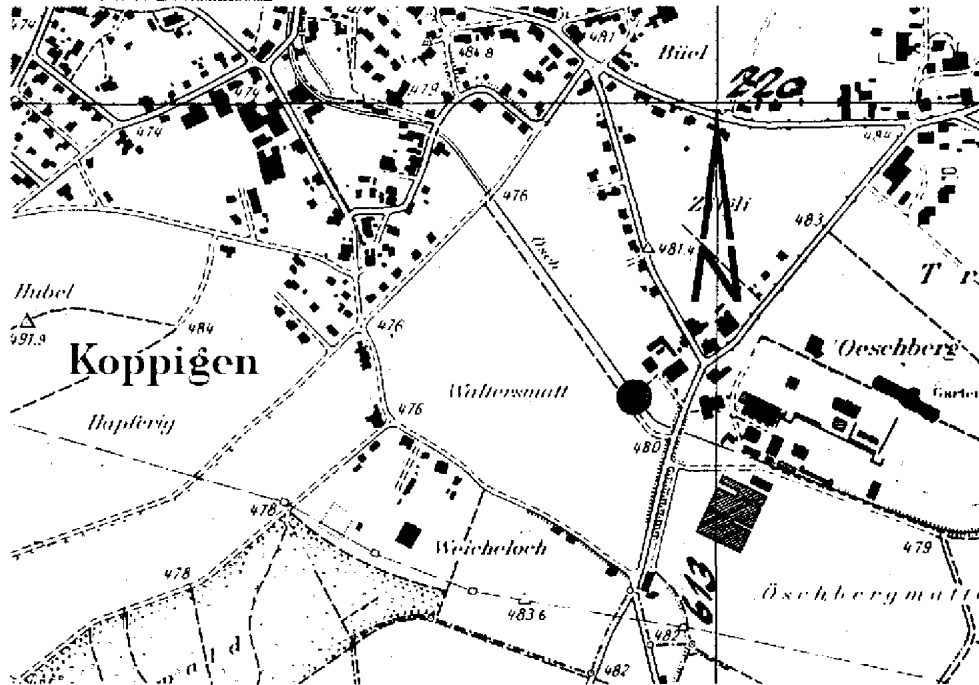


Photo d'ensemble



Cours d'eau: **Langeten**
Commune: **Rohrbach**

Limnimètre **N° 10**

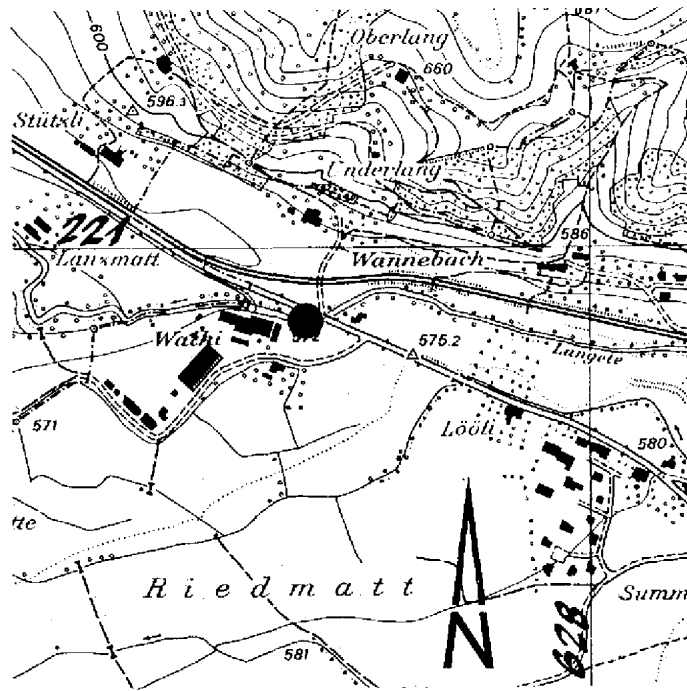
Débit de dotation: 830 l/s

Système de mesure: Déversoir

Coordonnées: 627'500/220'950

Plan N°: 1128.3

Extrait du plan au 1:10'000



Echancrure corresp. au débit de dotation:

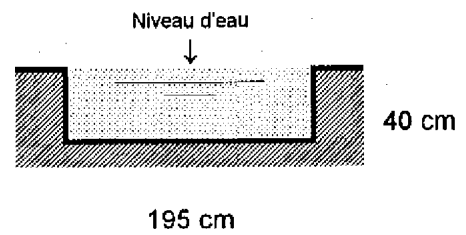


Photo d'ensemble

