



Gérer les pénuries locales d'eau en Suisse
Rapport d'experts

Identifier les régions où des actions
s'imposent en cas de sécheresse

Rapport n° 7023.13-BP012i
Berne, le 22 avril 2016

Élaboré sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV)

HUNZIKER **BETATECH**

integralia
l'eau · les projets · l'humain

Impressum

Donneur d'ordre : Office fédéral de l'environnement (OFEV), division Eaux, CH-3003 Berne
L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Mandataires : Hunziker Betatech AG Bern (en collaboration avec INTEGRALIA SA ; Satigny)

Auteurs : Olivier Chaix, INTEGRALIA SA (olivier.chaix@integralia.ch)
Heiko Wehse, Hunziker Betatech AG (bern@hunziker-betatech.ch)
Yvonne Gander, Hunziker Betatech AG (bern@hunziker-betatech.ch)
Samuel Zahner, OFEV (wasser@bafu.admin.ch)

Participation : Agroscope, centre de compétences de la Confédération pour la recherche agricole
Office fédéral de l'environnement (OFEV), division Eaux
Société suisse d'hydrogéologie (SSH)

Groupe d'accompagnement : H. Aschwanden (OFEV), A. Auckenthaler (canton de Bâle-Campagne), M. Barben (OFEV), R. Battaglia (VSA), M. Baumann (canton de Thurgovie), J. Béguin (OFAG), M. Biner (SSIGE), M. Bonotto (canton des Grisons), Ch. Bonzi (WWF), A. Bukowiecki (Union des villes suisses et Association des villes suisses), E. Clément-Arnold (ARE), F. Guhl (OFEV), A. Cropt (Union suisse des paysans), M. D'Agostini (OFAG), G. Federer (OFEN), J. Fuhrer (Agroscope), S. Hoffmann (Eawag), B. Hunger (CGCA), B. Iten (OFEV), Ch. Joerin (canton de Fribourg), S. Lussi (OFEV), M. Matthes (ScienceIndustries), M. Pfändler (OFEV), P. Ruckstuhl (canton de Zurich), M. Sinreich (OFEV), Ph. Stauer (canton de Soleure), Ch. Spirig (MétéoSuisse), T. Stucki (canton de Berne), P. Studer (OSAV), Ch. Wüthrich (canton d'Uri)

Remarque : Le présent rapport a été élaboré sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Les mandataires sont seuls responsables de son contenu.

Date : 22 avril 2016

Photo de couverture : Source : http://www.beobachter.ch/natur/forschung-wissen/klima-wetter/artikel/wassermangel-in-der-schweiz_sitzen-wir-bald-auf-dem-trockenen/#c322448, (adapté)

Nom du fichier : 7023.13-BP012i Regionen mit Handlungsbedarf bei Trockenheit-fr.docx

Table des matières

Résumé	3
INTRODUCTION	7
0.1 Point de départ et objectif	7
0.2 Public cible	7
0.3 Structuration du rapport selon les étapes de travail	8
PARTIE A	11
1 Travaux préliminaires au niveau cantonal	11
1.0 Introduction et aperçu	11
1.1 Définir les objectifs, le niveau de détail et la méthode de travail	12
1.2 Cerner les problèmes à étudier	13
1.3 Identifier les connaissances et les données disponibles au niveau cantonal	18
1.4 Subdiviser le canton en bassins à évaluer	19
1.5 Scénarios prospectifs	20
PARTIE B	23
2 Analyse de la situation dans chaque bassin à évaluer	23
2.0 Introduction et aperçu	23
2.1 Déterminer la pertinence de chaque type de problème	24
2.2 Déterminer la gravité d'une pénurie d'eau pour chaque type de problème	26
2.3 Identifier le besoin d'agir par type de problème et par bassin à évaluer	28
2.4 Établir une synthèse : carte cantonale indicative de pénuries d'eau	30
PARTIE C Étude approfondie	33
3 Ressources en eau dans les différents bassins à évaluer	35
3.1 Déterminer les ressources en eaux souterraines durablement disponibles	35
3.2 Déterminer les ressources en eaux de surface durablement disponibles	37
4 Exploitation des ressources en eau dans chaque bassin à évaluer	39
4.1 Réunir les données sur l'exploitation des eaux	39
4.2 Déterminer les ressources exploitées et utilisées	41
5 Besoins en eau dans chaque bassin à évaluer	45
5.1 Déterminer les besoins pour la consommation d'eau	45
5.2 Déterminer les besoins en eau pour l'utilisation avec restitution	47
6 Synthèse : bilan « ressources-exploitation-besoins » de chaque bassin	49
6.1 Diagramme « REB » et synthèse des consommations d'eau	49
6.2 Synthèse des utilisations d'eau avec restitution	51

Annexes

	Titre/contenu	(*) ces annexes ne sont disponibles qu'en allemand	Parties du rapport	Chapitre / Section
a)	Bibliographie		ABC	1 – 3
b)	Définition et explication des principaux termes utilisés		ABC	1 – 3
c)	Données disponibles au niveau national ou dont la collecte est exigée par la loi		AC	1.3 / 5.2.1
d)	Cartes des anomalies de précipitations 1976–2015		A	1.5.2
e)	Détermination des ressources en eaux souterraines durablement disponibles (*)		C	3.1
f)	Ressources durablement disponibles provenant des eaux de surface (*)		C	3.2
g)	Inventaire des captages d'eau potable en vue d'une planification régionale		C	4.1.1
h)	Exemples de représentation des concessions et de l'exploitation des eaux (*)		C	4.1.2/4.2.2
i)	Détermination des besoins en eau des réseaux publics d'approvisionnement (*)		C	5.1.1
j)	Estimation des besoins en irrigation pour l'agriculture (*)		C	5.1.3
k)	Détermination des besoins en eau pour l'enneigement artificiel (*)		C	5.1.4
l)	Exemples d'applications simples au niveau cantonal		AB	1 – 2

Annexes séparées

CSD Ingénieurs SA et Société suisse d'hydrogéologie (SSH) (2015) : *Bases hydrogéologiques pour une gestion durable des eaux souterraines en période de sécheresse. Guide pratique.*

→ Un résumé de cette annexe séparée figure dans l'**annexe e** mentionnée ci-dessus.

Smith P.C. ; Fuhrer J. (2015) : *Tabellen zur Ermittlung des Bewässerungsbedarfs.*

→ Cette méthode est décrite dans l'**annexe j** mentionnée ci-dessus.

Index des illustrations

- Exemple d'une carte cantonale indicative de pénuries d'eau.
- Application et résultats des parties A, B et C du présent rapport.
- Aperçu de la démarche, de ses contenus et des étapes de travail.
- Étapes des travaux préliminaires.
- Problèmes les plus fréquents en cas de pénurie d'eau, en particulier durant une sécheresse.
- Étapes de l'analyse de la situation.
- Exemples d'échelles de pertinence (à quatre niveaux) définies pour deux problèmes sélectionnés.
- Exemples d'échelles de gravité (à quatre niveaux) définies pour deux problèmes sélectionnés.
- Exemple de matrice pour déterminer le besoin d'agir selon la pertinence et la gravité d'un problème.
- Estimation du besoin d'agir pour deux bassins à évaluer, à l'aide de la démarche simple (exemple fictif).
- Exemple de représentation cartographique d'une synthèse au niveau cantonal.
- Étapes de l'étude approfondie.
- Exemple de représentation des ressources en eaux souterraines durablement disponibles dans un bassin.
- Exemple de représentation des ressources en eaux durablement disponibles.
- Exemple de représentation d'une analyse de la consommation des ressources en eau.
- Synthèse sous forme de « diagramme REB » de l'analyse de la situation pour les besoins en eau.

Résumé

Trois rapports d'experts consacrés aux pénuries d'eau locales

Bien qu'elle soit le château d'eau de l'Europe, la Suisse peut être confrontée à des pénuries d'eau locales et temporaires. Preuve en sont les situations qu'elle a connues en été 2003, au printemps 2011 et au cours de l'été 2015.

La Confédération souhaitant aider les cantons à gérer les pénuries d'eau locales en Suisse, l'OFEV a commandé trois rapports d'experts. Ces rapports présentent des méthodes et des exemples de bonnes pratiques tant en matière de prévention à long terme que pour la gestion de situations exceptionnelles. Pour la prévention à long terme, la Confédération recommande aux cantons d'appliquer une démarche en deux étapes. Il s'agit d'abord d'identifier les régions où des mesures s'imposent : cette première étape est décrite dans le présent rapport. Pour les régions où il faut agir, il convient ensuite d'élaborer une planification régionale prospective afin d'éviter les conflits d'utilisation et de garantir la disponibilité à long terme des ressources en eau. Cette seconde étape est expliquée dans le rapport [0.1]. Un troisième rapport d'experts [0.2] contient un mode d'emploi et des instruments permettant de gérer à court terme des situations exceptionnelles.

Présentation du présent rapport

Le rapport décrit une marche à suivre servant à déterminer le besoin d'agir pour prévenir les pénuries d'eau au niveau cantonal et, le cas échéant, au niveau intercantonal. Le résultat de ce travail est une carte indicative de pénuries d'eau qui met en évidence les régions où des actions s'imposent (fig. 1).

Besoin d'agir pour faire face aux problèmes de pénurie d'eau



Figure 1 : Exemple d'une carte cantonale indicative de pénuries d'eau.

La marche à suivre tient compte des différences cantonales et régionales, tant pour ce qui est des conditions spécifiques que des problèmes de pénurie d'eau, et propose d'autres options et des étapes méthodologiques plus ou moins approfondies.

Le rapport est structuré de telle sorte que l'application des parties A et B (cf. fig. 2) permet de suivre une démarche rapide et pragmatique. Ensemble, ces deux parties forment une approche globale qui débouche rapidement sur des résultats concrets lorsque des données et des connaissances d'experts sont disponibles.

La partie C décrit une démarche plus détaillée et plus exhaustive, qui exige plus de temps et s'avère plus coûteuse.

Par souci d'efficacité, les auteurs proposent d'appliquer dans tous les cas les parties A et B. Durant ce travail, la partie C peut servir de base de référence, car elle renvoie à des bases de données existantes concernant les problèmes à examiner. Le cas échéant, elle permet ainsi de compléter les connaissances des experts par des données disponibles ou de recourir à d'autres méthodes.

Une application rigoureuse et systématique de la partie C est recommandée pour les problèmes et les bassins où des connaissances approfondies (en particulier des résultats quantitatifs) sont requises.

La **figure 2** illustre cette manière de procéder par étapes successives.

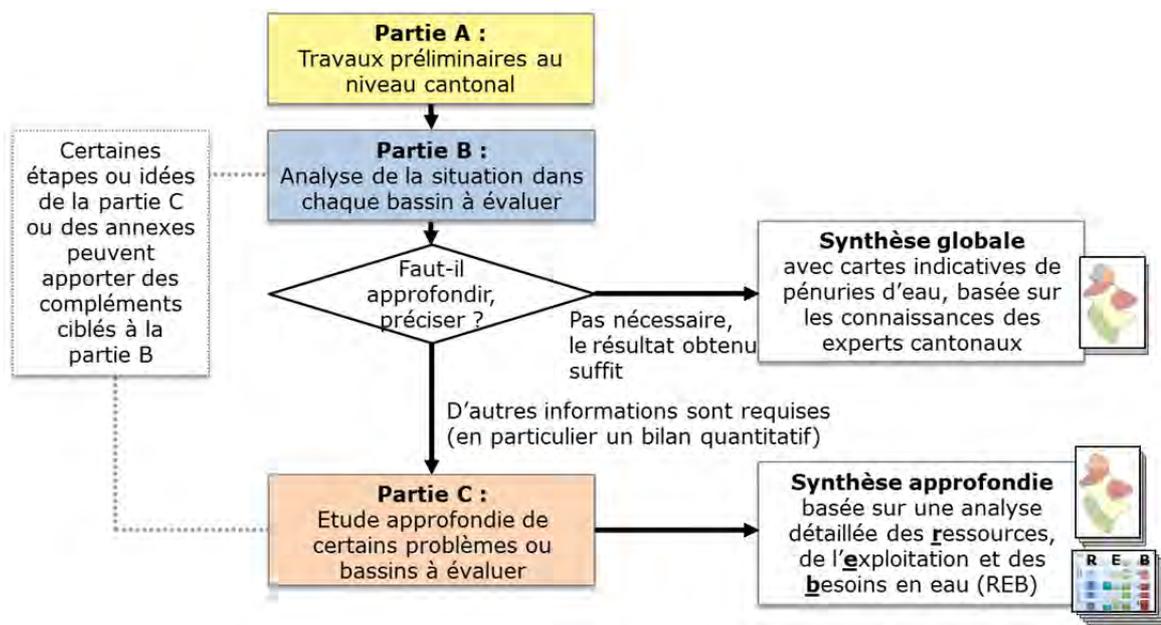


Figure 2 : Application et résultats des parties A, B et C du présent rapport.

Contenu des trois parties du rapport

Partie A : Travaux préliminaires au niveau cantonal

La partie A englobe tous les travaux préliminaires qui concernent l'ensemble du canton. Ceux-ci ont pour objectif de fournir une image claire de la situation initiale, de sélectionner les problèmes à étudier, de délimiter les bassins à évaluer et de définir la marche à suivre ainsi que le traitement à réserver aux scénarios prospectifs.

Partie B : Analyse de la situation dans chaque bassin à évaluer

La partie B décrit comment apprécier, de manière pragmatique et sur la base des connaissances des experts, les problèmes qui se posent dans les différents bassins à évaluer et comment tirer de cette appréciation une synthèse sous la forme d'une « carte cantonale indicative de pénuries d'eau ».

Partie C : Étude approfondie de certains problèmes ou bassins à évaluer

La partie C propose d'établir un bilan détaillé à partir d'une analyse systématique des ressources, de leur mode d'exploitation et des besoins en eau à couvrir. La méthode présentée permet de donner une réponse probante à la question portant sur la gravité du problème de pénurie d'eau.

Cette démarche approfondie convient pour l'étude détaillée de certains bassins à évaluer, par exemple celles où les parties A et B ont identifié un grand besoin d'agir. Elle peut toutefois s'appliquer à l'ensemble du territoire pour certains, voire tous les problèmes envisagés.

Les travaux suivant permettent d'identifier les régions où il faut agir en cas de sécheresse :

- 1 Les premières étapes sont réalisées au **niveau cantonal (partie A)** :
 - 1.1 La direction du projet fixe les **objectifs** et la **marche à suivre** (p. 14).
 - 1.2 Les **problèmes** à traiter au niveau cantonal ou intercantonal sont sélectionnés en accord avec tous les services cantonaux concernés. La **figure 5** et ses explications (p. 16) constituent à cet effet un instrument utile.
 - 1.3 Les **informations** et les **connaissances d'experts** dont dispose le canton sont identifiées et rassemblées ou collectées, le cas échéant par itération. Il n'est pas prévu de récolter de nouvelles données.
 - 1.4 Le canton est subdivisé en **bassins à évaluer**, au besoin en coordination avec les cantons voisins (p. 21)
 - 1.5 Les responsables décident si les travaux doivent prendre en considération des **scénarios prospectifs** et, si oui, lesquels (p. 22).
- 2 Les étapes de travail ci-après interviennent au **niveau de chaque bassin à évaluer (partie B)** :
 - 2.1 Des **échelles de pertinence** à quatre niveaux sont définies pour les problèmes à traiter : voir à ce sujet les deux exemples de la **figure 7** (p. 26). La pertinence indique l'importance d'un problème dans un bassin à évaluer. Sur la base des connaissances des experts et des informations existantes, la pertinence est évaluée à l'aide de l'échelle définie pour chaque combinaison type de problème / bassin à évaluer.
 - 2.2 Par analogie, on définit des **échelles de gravité** à quatre niveaux : voir la **figure 8** (p. 28). La gravité mesure l'ampleur des conséquences d'une pénurie d'eau pour un problème donné. La **gravité** est évaluée à l'aide de l'échelle définie pour chaque combinaison type de problème / bassin à évaluer. Pertinence et gravité sont évaluées sur la base des connaissances d'experts et des informations disponibles, en principe aussi bien pour la situation actuelle en cas de sécheresse que pour les scénarios prospectifs.
 - 2.3 Le **besoin d'agir**, c'est-à-dire la nécessité élaborer une planification régionale des ressources en eau, est déterminé pour toutes les combinaisons « problème – bassin à évaluer – situation actuelle ou future » à l'aide de la matrice illustrée dans la **figure 9** (p. 30). Le résultat se présente sous forme de tableaux, comme celui de la **figure 10** (p. 31).
 - 2.4 À partir de là, il est possible d'établir les cartes cantonales montrant le besoin d'agir pour chaque type de problème, puis la carte cantonale indicative de pénuries d'eau, comme dans la **figure 11** (p. 33).
 - 2.5 Une analyse des résultats permettra de juger si des investigations approfondies sont nécessaires ou si les résultats obtenus suffisent pour décider s'il convient d'élaborer une **planification régionale des ressources en eau** dans certains bassins. Voir à ce sujet le rapport d'experts [0.1].

Si des **investigations approfondies** sont requises, on peut entreprendre d'autres étapes de travail (**partie C**) :

 - 3 Une étape consiste à déterminer les **ressources durablement disponibles** aujourd'hui et à l'avenir dans les bassins à évaluer. Le résultat peut être représenté comme dans la **figure 14** (p. 40).
 - 4 L'**exploitation** des ressources en eau est étudiée et représentée comme dans la **figure 15** (p. 44).
 - 5 Les **besoins en eau** sont déterminés et quantifiés (p. 47 à 50).
 - 6 La synthèse des consommations (sans restitution) est établie à l'aide d'un « diagramme **REB** », tel celui de la **figure 16** (p. 52). Quant aux autres utilisations, elles seront compilées sous forme de cartes et de tableaux assortis d'explications. Les résultats ainsi obtenus accroissent la fiabilité des étapes 2.4 et 2.5.

INTRODUCTION

0.1 Point de départ et objectif

La canicule de l'été 2003 et d'autres périodes sèches, comme le printemps 2007 ou le printemps et l'automne 2011, ont démontré que les pénuries temporaires d'eau et leur cortège de problèmes n'épargnent pas certaines régions de Suisse, pourtant château d'eau de l'Europe. La modification de l'utilisation du sol (changements socio-économiques tels que la pression de l'urbanisation ou irrigation croissante) et l'inexorable évolution du climat placent la gestion des eaux face à de nouveaux défis.

Pour gérer les problèmes de pénuries d'eau, la Confédération recommande aux cantons de procéder par étapes. Il s'agit tout d'abord d'identifier les régions où des actions s'imposent. Le présent rapport d'experts, réalisé sur mandat de l'OFEV, propose aux cantons une marche à suivre ainsi que des données de base. Les méthodes expliquées ici servent à analyser les ressources en eau existantes, leur exploitation et les besoins en eau. À partir des connaissances réunies, il est possible de déterminer les régions où une planification régionale des ressources en eau s'impose.

Dans les régions où des actions s'imposent, une planification régionale prospective devrait éviter les conflits et garantir la disponibilité à long terme des ressources en eau. Un deuxième rapport d'experts [0.1], commandé par l'OFEV, mettra à disposition les méthodes requises à cet effet. Si des pénuries d'eau engendrent malgré tout des restrictions d'utilisation et des conflits, les cantons peuvent se référer à un troisième rapport d'experts [0.2], qui propose différents instruments afin de faire face à court terme à des situations exceptionnelles.

Ces rapports, élaborés sur mandat de l'OFEV, se fondent sur trois stratégies de la Confédération :

- *Adaptation aux changements climatiques en Suisse. Objectifs, défis et champs d'action. [0.3] et Plan d'action 2014–2019 [0.4].*
- *Gérer les pénuries locales d'eau en Suisse. Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat n° 10.533 déposé par le conseiller national Hansjörg Walter [05].*
- *Grundlagen für die Wasserversorgung 2025. Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen [0.6] et Garantir l'approvisionnement en eau à l'horizon 2025. Objectifs et mesures recommandées [0.7].*

En adoptant le postulat Walter, le Conseil fédéral a chargé le DETEC et le DFE de prendre les mesures qui relèvent de leur compétence et de mettre à la disposition des cantons des bases pratiques leur permettant de faire face aux pénuries d'eau. Dans sa lettre du 5 août 2013, signée par la conseillère fédérale Doris Leuthard, le Conseil fédéral recommande aux cantons de mettre en œuvre les mesures décrites dans son rapport et qui relèvent de leur champ de compétence. Le Conseil fédéral est convaincu que cette répartition des tâches respectera au mieux les principes de proportionnalité et de subsidiarité ainsi que le partage des compétences actuellement en vigueur entre Confédération, cantons et communes.

0.2 Public cible

Le présent rapport s'adresse en priorité aux services cantonaux spécialisés en charge de la gestion des eaux. Pour ce qui est des pénuries d'eau, il est susceptible d'intéresser les secteurs suivants :

- services publics d'approvisionnement en eau et les approvisionnements en eau privés,
- protection des eaux, y compris la protection des eaux souterraines ;
- biodiversité et paysage, y compris la pêche ;
- force hydraulique ;

- assainissement urbain ;
- exploitation thermique des eaux ;
- irrigation agricole ;
- enneigement artificiel.

Selon le secteur concerné, le rapport s’adresse aussi aux services spécialisés et aux organismes responsables au niveau intercantonal ou régional, aux communes, à la Confédération, aux services des eaux, à des associations spécialisées, à des groupes d’intérêts et, avant tout, aux bureaux d’ingénieurs.

0.3 Structuration du rapport selon les étapes de travail

Étapes de travail

La marche à suivre proposée dans le rapport est subdivisée en plusieurs étapes de travail. Celles-ci sont représentées dans la **figure 3**, puis expliquées dans les différents chapitres du rapport.

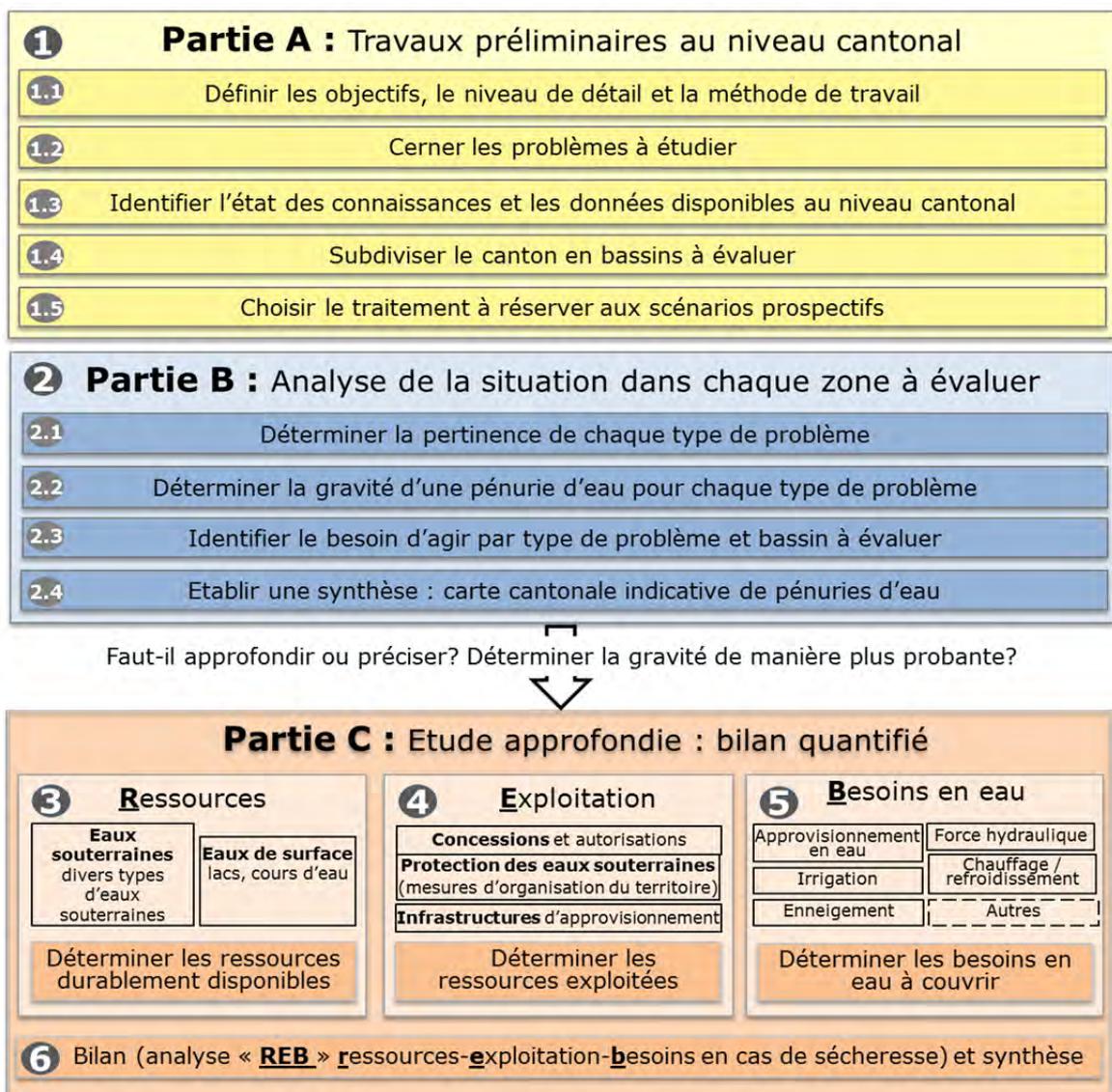


Figure 3 : Aperçu de la démarche, de ses contenus et des étapes de travail. Les numéros grisés renvoient aux chapitres et aux sections correspondants du présent rapport.

Structure des chapitres

Chaque chapitre commence par un aperçu de son contenu et une brève description des principaux objectifs.

Pour chaque étape de travail, les chapitres ou les sections commencent, dans un encadré, par

les questions clés

auxquelles le canton est appelé à répondre. Puis il propose une **marche à suivre**, accompagnée parfois d'autres options, plus simples ou similaires.

Le texte énumère ensuite les **résultats** que le canton obtiendra au terme de chaque étape de travail.

Dans certains cas, des encadrés gris esquissent

d'autres options visant à élargir les aspects traités

et qui décrivent une marche à suivre plus complète et plus détaillée.

PARTIE A

Travaux préliminaires au niveau cantonal

1 Travaux préliminaires au niveau cantonal

1.0 Introduction et aperçu

Coordination intercantonale

Ce rapport étant destiné en priorité aux cantons, il est question ici de travaux préliminaires au niveau cantonal. Les problèmes et les conflits engendrés par les pénuries d'eau ne s'arrêtent toutefois pas à la frontière cantonale. Une carte indicative de pénuries d'eau ne devrait dès lors pas s'en tenir aux limites politico-administratives, mais prendre compte des bassins versants naturels. La démarche décrite ici doit en particulier être coordonnée entre les cantons lorsqu'elle concerne des cours ou des plans d'eau situés sur une frontière cantonale. Le cas échéant, une **coordination intercantonale** doit donc être mise en place dès que possible. Le rapport inclut ainsi la gestion intégrée des eaux (GIE), qui se fonde sur l'obligation de coordination prévue à l'art. 46 de l'ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (RS 814.201).

Les « travaux préliminaires au niveau cantonal » désignent donc des travaux dans un large périmètre qui englobe plusieurs bassins à évaluer.

Une démarche coordonnée entre plusieurs cantons a été testée dans le bassin versant du lac des Quatre-Cantons : voir l'**annexe I**.

Aperçu des étapes de travail

Les étapes des travaux préliminaires sont représentées dans la **figure 4** et commentées dans les sections 1.1 à 1.5.

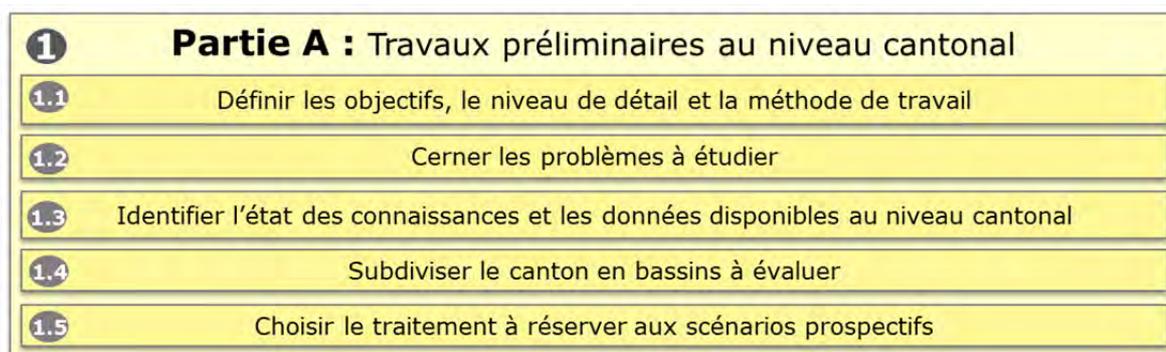


Figure 4 : Étapes des travaux préliminaires. Les numéros grisés renvoient aux chapitres et aux sections correspondants.

Les travaux préliminaires ont pour **objectif** de fournir une vue d'ensemble claire de la **situation initiale** au niveau cantonal, de délimiter des **bassins à évaluer** appropriés et de définir la suite des opérations. Ces étapes servent de bases à l'analyse de la situation dans les différents bassins à évaluer (partie B).

1.1 Définir les objectifs, le niveau de détail et la méthode de travail

Questions clés

Pourquoi faut-il identifier et étudier les problèmes potentiels de pénuries d'eau ? Quels sont les objectifs d'une telle démarche ?

Quels doivent être la portée et le degré d'approfondissement des études ?

Quelles doivent être la fiabilité et la précision des résultats issus de l'analyse de la situation dans les bassins à évaluer ?

Quelles ressources peut-on consacrer à ces travaux ?

Comment convient-il d'organiser et de financer le projet ?

Marche à suivre

La direction du projet et ses interlocuteurs fixeront ensemble les objectifs à atteindre en appliquant la méthode décrite dans le présent rapport. À cet effet, ils définiront également le but de la carte indicative de pénuries d'eau. Ces réflexions influenceront sur l'approfondissement des travaux et sur leur niveau de détail. Elles permettront de choisir la méthode la plus appropriée. (Sera-t-il par exemple possible de se satisfaire de données qualitatives ? Ou faut-il également des résultats quantitatifs, au prix d'une méthode plus onéreuse ?)

Il importe de fixer les ressources financières et humaines qui pourront être consacrées aux travaux et comment ceux-ci seront exécutés. La totalité ou une partie de la tâche pourrait être déléguée à des mandataires expérimentés, tout en sachant que ceux-ci devront entretenir un dialogue étroit avec les responsables cantonaux.

Voici des objectifs qu'il est possible de fixer :

- Établir des cartes indicatives de pénuries d'eau destinées à servir de base à l'élaboration éventuelle de mesures ou de plans régionaux de gestion des ressources en eau (identifier le besoin d'agir).
- Documenter et représenter les connaissances disponibles au niveau cantonal sur les problèmes liés aux pénuries d'eau, en vue de préserver ces connaissances ou d'assurer un travail de communication.
- Fournir une base de planification pour l'adaptation au changement climatique.
- Approfondir de manière ciblée les connaissances disponibles sur d'éventuels problèmes de pénurie d'eau dans certains secteurs ou bassins à évaluer.
- Établir des cartes indicatives de pénuries d'eau qui serviront d'outils pour fixer des priorités ou mener un travail de communication.

Résultat

Entente sur l'objectif ou les objectifs à atteindre, le niveau de détail, les ressources à mettre en œuvre, l'organisation et la suite des opérations.

Précision concernant les marches à suivre envisageables

Plusieurs marches à suivre sont envisageables : en se fondant sur les parties A, B et C du présent rapport, chaque canton peut opter pour une marche à suivre adaptée à ses besoins spécifiques.

1.2 Cerner les problèmes à étudier

Questions clés

Quels problèmes peuvent apparaître dans le sillage du changement climatique (allongement des périodes de sécheresse, modification du régime d'écoulement, etc.) ?

Quels problèmes peuvent être engendrés par l'évolution des conditions socio-économiques (accroissement de l'utilisation des ressources en eau, p. ex.) ?

Auxquels de ces problèmes le canton est-il déjà confronté (en période de sécheresse, p. ex.) ?

Quels problèmes supplémentaires pourraient se présenter dans une situation extrême ?

Quels problèmes le canton souhaite-t-il étudier ? Pour quels types de problèmes désire-t-il décrire la situation et identifier le cas échéant, à titre prospectif, la nécessité de prendre des mesures ?

Quels problèmes peuvent sans autres être laissés de côté ?

Cette étape de travail se fonde essentiellement sur la **figure 5** ci-après, qui joue un rôle central du point de vue méthodologique. Elle illustre en effet les problèmes les plus fréquents inhérents aux pénuries d'eau en tenant compte des conflits potentiels entre protection des ressources en eau et utilisation de l'eau.

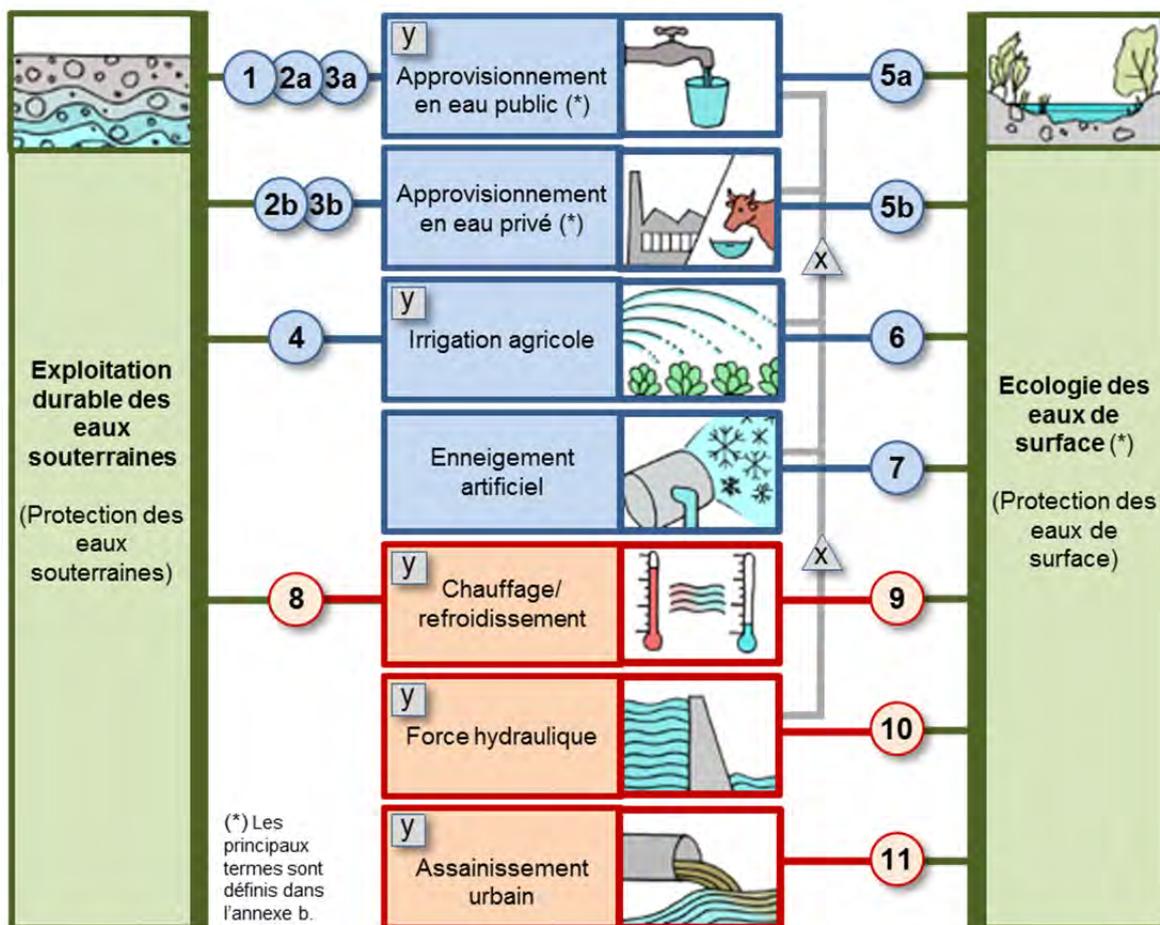


Figure 5 : Problèmes les plus fréquents en cas de pénurie d'eau, en particulier durant une sécheresse. Cette représentation n'est pas exhaustive et peut être complétée par le canton. Légende : voir page suivante.

Couleurs dans la figure 5

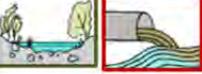
- vert** Besoins écologiques (*)
(protection des eaux)
- bleu** Consommations
(sans restitution) (*)
- rouge** Utilisations
avec restitution (*)

(*) Les principaux termes sont définis dans l'annexe b.

Symboles associés aux problèmes dans la figure 5

- Nr** Problèmes les plus fréquents dus à l'antagonisme entre protection (des eaux souterraines et des eaux de surface) et utilisation: sujet au cœur de ce rapport. Les explications figurent dans le texte ci-après.
- y** Eventuel **autre problème** au sein même d'un type d'utilisation, susceptible d'engendrer une pénurie pour certains utilisateurs (n'est abordé que brièvement dans ce chapitre).
- X** **Autre situation de concurrence possible** entre diverses utilisations, susceptible d'engendrer une pénurie pour d'autres utilisateurs ou types d'utilisation (n'est abordée que brièvement dans ce chapitre).

Problèmes en cas de pénurie d'eau

-  **1** Protection insuffisante des captages d'eaux souterraines
-  **2a** Sécurité d'approvisionnement non garantie
-  **2b**
-  **3a** Prélèvements excessifs dans les nappes souterraines pour l'eau potable
-  **3b**
-  **4** Prélèvements excessifs dans les nappes souterraines aux fins d'irrigation
-  **5a** Débits résiduels insuffisants au droit de captages de sources, de captages dans les zones alluviales etc.
-  **5b**
-  **6** Débits résiduels insuffisants en raison de prélèvements aux fins d'irrigation
-  **7** Débits résiduels insuffisants en raison de prélèvements pour l'enneigement artificiel
-  **8** Hausse de la température des eaux souterraines due à des causes climatiques ou anthropiques
-  **9** Hausse de la température des eaux de surface due à des causes climatiques ou anthropiques
-  **10** Débits résiduels insuffisants en cas de captage ou de dérivation d'eau pour la production d'énergie
-  **11** Dilution insuffisante des eaux usées

Marche à suivre

En s'appuyant sur la **figure 5** (voir page précédente), le canton sélectionne les problèmes à inclure dans l'analyse de la situation. Tous les services cantonaux concernés (protection des eaux, protection des eaux souterraines, eau potable, utilisation de l'eau, agriculture, etc.) devraient si possible être impliqués dans cette étape de travail afin d'assurer une sélection fiable des problèmes à étudier.

La **figure 5** est prévue pour servir de liste de contrôle. Les problèmes qui ne se présentent pas dans le canton ou qui ne sont pas pertinents en soi seront laissés de côté. À l'inverse, si le canton a connaissance d'autres problèmes, non mentionnés dans la figure, il serait bon qu'il les intègre dans l'analyse.

Au cours des étapes de travail décrites dans les sections 2.1 et 2.2, cette première sélection sera affinée sur la base de la pertinence et de la gravité des problèmes.

Les problèmes représentés dans la **figure 5** sont brièvement décrits ci-après :

1

Une protection insuffisante des captages ou des périmètres d'eaux souterraines est souvent le résultat de conflits impliquant d'autres utilisations du sol (induites p. ex. par la pression de l'urbanisation). Ils peuvent détériorer la qualité de l'eau et engendrer, à long terme, des risques de pénuries.

2a

Un réseau insuffisant ou l'absence d'un « deuxième pilier » peuvent empêcher les services publics des eaux de garantir la sécurité de l'approvisionnement.

Celle-ci peut également être insuffisante pour les raisons¹ ci-après :

- ressources réduites en période de sécheresse / l'eau est puisée dans des ressources vulnérables ;
- augmentation des besoins en eau en cas de sécheresse ou de canicule (en raison notamment de l'utilisation de l'eau potable comme eau d'usage, pour l'arrosage des jardins p. ex.) ;
- augmentation des besoins en eau due à des prélèvements opérés dans les captages pour assurer l'enneigement artificiel ou à d'autres fins.

2b

Les approvisionnements en eau potable privés (c'est-à-dire les captages qui ne servent pas les intérêts publics, dépourvus de zones de protection) peuvent ne plus être en mesure de garantir la sécurité de l'approvisionnement (pour les raisons évoquées sous 2a). Ce problème concerne notamment les prélèvements réguliers et souvent importants opérés par les industries. Par ailleurs, l'expérience montre que les alpages possédant des abreuvoirs peuvent rapidement subir des pénuries.

3a

Prélèvements excessifs dans les nappes souterraines pour l'approvisionnement public en eau (eau potable, eau d'usage et d'incendie), qui remettent en cause la gestion durable des eaux souterraines en période de sécheresse ou entrent en concurrence avec d'autres utilisations de ces eaux.

3b

Prélèvements excessifs dans les nappes souterraines pour l'approvisionnement privé en eau, qui remettent en cause la gestion durable des eaux souterraines en période de sécheresse ou entrent en concurrence avec d'autres utilisations de ces eaux.

4

Prélèvements excessifs dans les nappes souterraines pour irriguer les cultures agricoles, qui remettent en cause la gestion durable des eaux souterraines en période de sécheresse ou entrent en concurrence avec d'autres utilisations de ces eaux.

5a

Captage de sources (destruction d'écosystèmes, débits résiduels insuffisants) ou captages dans des zones humides (assèchement) et des zones alluviales (débits résiduels insuffisants) : l'approvisionnement public en eau est assuré par des captages qui sont en concurrence avec la protection d'écosystèmes fragiles.

¹ Les cas d'urgence et les événements soudains, tels les accidents et les pollutions (dus à des eaux usées, du purin, de l'eau d'incendie, des marchandises dangereuses, etc.) ; les crues ; les chutes de pierres, les glissements de terrain, les laves torrentielles ; les pannes d'électricité (dus à des intempéries ou à une interruption) ; les accidents nucléaires, etc. ne font pas l'objet du présent rapport. De telles situations sont régies par l'ordonnance du 20 novembre 1991 sur la garantie de l'approvisionnement en eau potable en temps de crise (OAEC, RS 531.32) ou traitées dans le rapport d'experts *Gestion des ressources en eau dans les situations exceptionnelles* [0.2].

- 5b Problème similaire à 5a, mais dans le cas d'approvisionnements privés.
- 6 Prélèvements dans des eaux de surface pour irriguer des cultures agricoles : prélèvements réguliers ou temporaires qui peuvent entrer en conflit avec l'écologie des eaux. De tels prélèvements posent le plus souvent problème sur les cours d'eau petits à moyens. Une surexploitation de grands cours d'eau ou de petits lacs pourrait toutefois aussi avoir un impact écologique. Les débits résiduels prescrits par la loi doivent être respectés.
- 7 Prélèvements dans des eaux de surface destinés à l'enneigement artificiel, qui pourraient entrer en conflit avec l'écologie des eaux. De tels prélèvements posent le plus souvent problème sur les cours d'eau petits à moyens. Les débits résiduels prescrits par la loi doivent être respectés. Ce problème survient typiquement en automne et au début de l'hiver, lorsque les cours d'eau alpins ont un faible débit.
- 8 Hausse de la température des eaux souterraines due à des causes climatiques ou anthropiques. L'utilisation anthropique peut accentuer sensiblement le réchauffement des eaux souterraines induit par le changement climatique et le rendre problématique, en particulier dans les zones urbanisées et dans de petits aquifères. Les prescriptions de l'OEaux doivent être respectées.
- 9 Hausse de la température des eaux de surface due à des causes climatiques ou anthropiques. Lors de canicules et de sécheresses, les eaux de surface atteignent de plus en plus souvent des températures critiques pour l'écologie des eaux. En coïncidant avec le réchauffement dû au changement climatique, l'exploitation thermique porte atteinte aux eaux. Un réchauffement des eaux peut conduire à des restrictions de l'exploitation thermique. Les prescriptions de l'OEaux doivent être respectées..
- 10 Captage ou dérivation d'eaux de surface pour la production d'énergie. Les prélèvements opérés dans des tronçons à débit résiduels peuvent avoir un impact négatif sur l'écologie des eaux ou entrer en concurrence avec d'autres utilisations. Les débits résiduels prescrits par la loi doivent être respectés.
- 11 Déversements d'eaux usées traitées ou d'eaux mélangées dans de petits cours d'eau. En cas de dilution insuffisante, ces déversements peuvent détériorer la qualité de l'eau et nuire à l'écologie du milieu récepteur.
- X Situation de concurrence **entre** diverses utilisations, comme le prélèvement d'eau d'irrigation dans le réseau public d'eau potable. De telles situations peuvent causer une pénurie d'eau pour certains utilisateurs sans engendrer pour autant des problèmes écologiques. Si de tels problèmes existent et revêtent une importance suffisante dans le canton, il convient de les inclure dans l'analyse.
- y Problème **au sein même** d'un type d'utilisation, susceptible d'engendrer une pénurie pour certains utilisateurs, comme le dimensionnement insuffisant d'infrastructures d'approvisionnement qui ne sont dès lors pas en mesure de couvrir les pics de demande. De tels problèmes ne sont pas traités dans le présent rapport, mais peuvent être inclus dans l'analyse.

Résultat

Liste des problèmes à étudier dans la partie B.

Remarque

Il est recommandé de poursuivre dans tous les cas l'étude du problème 2a « Sécurité de l'approvisionnement public en eau ». C'est le seul problème qui se présente partout et qui provoque en général les réactions les plus vives lorsqu'une pénurie d'eau survient.

1.3 Identifier les connaissances et les données disponibles au niveau cantonal

Questions clés

Quels experts faut-il consulter dans cette étape à titre de vecteurs du savoir cantonal ?

Quelles stratégies cantonales et régionales existantes jouent un rôle ici ?

Quelles données le canton possède-t-il déjà ou peut-il réunir sans grand frais pour cette étape dans les domaines ci-après :

- Ressources en eau : eaux de surface (y c. leur état écologique), eaux souterraines ?
- Exploitation de ces ressources : concessions, eaux souterraines (quantité, qualité, protection, équipement technique) ?
- Besoins en eau : approvisionnement en eau, irrigation, eaux usées, force hydraulique, enneigement artificiel, chauffage et refroidissement ?

Marche à suivre

Il convient tout d'abord d'identifier les différents interlocuteurs cantonaux compétents en matière de gestion des eaux. Des entretiens menés avec eux serviront ensuite à traiter les questions ci-dessus. Les réponses seront consignées afin d'établir une liste des données disponibles. Ces données seront examinées et évaluées selon leur pertinence et leur importance. Après identification des lacunes, il conviendra de décider s'il importe de les combler et, le cas échéant, comment.

Autres options possibles

Pour compléter les entretiens, il est possible de commencer cette étape par un séminaire de travail bien préparé, bref et intensif, qui réunira tous les spécialistes cantonaux concernés. Un tel séminaire offre l'occasion de connaître les attentes des participants, les objectifs du canton, la situation initiale et la marche à suivre optimale pour le canton, ainsi que de fixer certaines priorités de travail.

La collecte des données peut également être réalisée par écrit à l'aide d'un questionnaire approprié. La procédure ci-dessus peut être réitérée au besoin.

Résultats

- Liste des services en charge des différents domaines de la gestion des eaux et des interlocuteurs cantonaux.
- Documentation et évaluation des données cantonales disponibles, qui seront le cas échéant archivées de manière centralisée (en particulier dans un SIG).
- Liste des données manquantes (lacunes) et indications concernant l'élaboration ou la compilation de ces données.
- Informations sur les spécificités cantonales telles que la pratique en matière d'octroi de concessions pour le prélèvement d'eau, les directives cantonales régissant les restrictions d'utilisation en période de sécheresse, la prépondérance (ou l'absence) de certains problèmes dans le canton, etc.

Informations complémentaires

	Titre	Description
Annexe c	Données disponibles au niveau national ou dont la collecte est exigée par la loi	Liste des données pertinentes disponibles au niveau fédéral et liste des données prescrites par la loi, qui devraient être enregistrées de manière centralisée par le canton.

1.4 Subdiviser le canton en bassins à évaluer

Questions clés

Quelles zones de gestion et quels bassins versants d'eaux superficielles ou souterraines ont déjà été définis pour la planification régionale des eaux ?

Est-il possible de les utiliser directement ou de les adapter pour procéder à l'analyse de la situation et établir les bilans hydrologiques ?

Comment le territoire à étudier sera-t-il subdivisé en bassins à évaluer ?

Comment est assurée la coordination dans les bassins intercantonaux ?

Marche à suivre

Les entretiens menés pour collecter les données (cf. section 1.3) serviront également à identifier les subdivisions déjà opérées dans le canton et à consigner les plus appropriées d'entre elles. Les bassins à évaluer seront délimités par une combinaison adéquate de ces subdivisions. Conformément à la gestion intégrée par bassin versant (GIE), la délimitation et le traitement de bassins intercantonaux doivent faire l'objet d'une coordination dès le début (cf. aussi section 1.0).

La taille des bassins à évaluer exerce une influence directe sur l'échelle ou le niveau de détail des travaux conduisant à l'établissement du bilan des eaux. Elle dépend également de la superficie du canton. Pour pouvoir différencier les données dans un canton relativement petit, il peut être utile de délimiter des bassins plus petits que dans un grand canton. Il est possible de considérer comme bassins versants de base ceux qui sont définis dans l'atlas hydrologique (40 à 150 km², cf. **annexe c**). Le cas échéant, plusieurs de ces bassins versants peuvent être regroupés pour former un seul bassin. La délimitation des bassins versants ne doit pas tenir compte uniquement des caractéristiques hydrologiques, mais aussi de données socio-économiques (zones urbanisées, frontières communales et limites des groupements d'intérêts).

Autre option

Une subdivision en bassins à évaluer que le canton considère a priori comme appropriée et fixée d'emblée d'un commun accord.

Résultat

Carte du canton subdivisée en bassins à évaluer.

Remarque

La démarche peut être réitérée à plusieurs reprises et la subdivision en bassins ne sera pas nécessairement la même pour tous les problèmes. Si des raisons pratiques l'exigent, il est possible de faire preuve d'une certaine souplesse lors de la délimitation des bassins à évaluer, pour autant que cela n'empêche pas les travaux de la partie B de déboucher sur une synthèse sous forme de carte.

Informations complémentaires

Sujet	Informations complémentaires
Méthodologie de délimitation de bassins à évaluer	Voir section 2.2 du rapport [1.1] <i>Gestion par bassin versant. Guide pratique pour une gestion intégrée des eaux en Suisse. Volet 2</i> , OFEV 2013, qui fournit des indications utiles sur la délimitation de bassins versants.
Exemple de la subdivision d'un canton en bassins à évaluer	Subdivision du canton de Fribourg en bassins versants pour les besoins de la gestion des eaux [1.2]

1.5 Scénarios prospectifs

Questions clés

- Quels sont les scénarios qui permettent d’apprécier l’évolution et les risques à venir ?
- Comment se présentent-ils ?
- À quoi ressemblerait une démarche simple sans scénarios prospectifs systématiques ?

Afin d’étudier de plus près les problèmes recensés dans les bassins à évaluer (cf. section 1.2) également dans une optique prospective, nous recommandons d’utiliser différents scénarios climatiques et socio-économiques. Ces deux types de scénarios sont décrits ci-après.

Pour commencer, nous esquissons une approche assez simple et pragmatique qui se fonde sur l’expérience et les événements survenus par le passé et qui ne recourt pas nécessairement à des scénarios prospectifs.

Marche à suivre

Nous proposons une approche fondée sur l’expérience et les événements comprenant une simple réflexion concernant l’avenir. Cette méthode simple a été testée dans le canton de Berne et fournit souvent les résultats requis à moindres frais. Elle consiste à auditionner les spécialistes et les experts cantonaux compétents, les entretiens portant sur la situation susceptible de se présenter en période de sécheresse, selon les enseignements tirés des événements enregistrés en 2015, en 2011 et en 2003. Selon le canton, d’autres années peuvent également être prises en compte (cf. aussi l’**annexe d**).

La démarche ne consiste pas à élaborer de véritables scénarios, mais à se poser les questions ci-après pour chaque type de problème : « Quelle situation a-t-on connue par le passé ? », « Comment se présente-t-elle aujourd’hui ? », « À quoi pourrait-elle ressembler à l’avenir ? »

Résultat

- Appréciation événementielle par des spécialistes de pénuries d’eau pouvant survenir à l’avenir.

Informations complémentaires sur les périodes de sécheresse enregistrées jusqu’ici

	Titre	Brève description
Annexe d	Cartes des anomalies de précipitations en Suisse, 1976–2015	Cartes de la Suisse présentant les séries annuelles d’anomalies des précipitations, selon les quatre saisons (printemps, été, automne, hiver), pour la période de 1976 à 2015. MétéoSuisse.

Autres options à titre de démarche élargie avec élaboration de scénarios de sécheresses

Plateau : « Scénario 4014 » d’un avenir plus sec

Nous proposons d’utiliser un « Scénario 4014 », 4014 désignant le cumul des deux années sèches de 2003 (canicule et sécheresse estivales) et de 2011 (printemps sec). Pour chaque mois ou chaque saison, on retient le plus mauvais paramètre mesuré en 2003 et en 2011 : niveau le plus bas des eaux souterraines en 2003 et en 2011, débit minimal en 2003 et en 2011, température maximale en 2003 et en 2011, etc. Si les données font défaut ou pour appliquer une méthode plus simple et plus rapide, il est possible de demander aux spécialistes d’évoquer leurs souvenirs marquants de ces événements.

Le but ne consiste pas à établir des évolutions probables avec précision, mais d’élaborer un scénario fictif. Il s’agit d’estimer la réaction au niveau des ressources lors de la survenue de certains événements, pas d’établir des prévisions.

Ce scénario de sécheresse présente les avantages suivants :

- il est facile à élaborer (sans modélisation du climat) ;
- il est facile à comprendre ;
- les spécialistes consultés s'en souviennent encore.

Alpes et Préalpes : variations saisonnières du régime d'écoulement

Dans le massif alpin, le renforcement du changement climatique entraînera moins des manques de précipitations persistants que la modification des débits dans les bassins versants marqués par un régime glacio-nival. En raison de la hausse future de la limite pluie-neige, les bassins versants à régime nival connaîtront des débits élevés plus tôt dans l'année, ce qui pourrait engendrer des problèmes lors de la période sèche en été. Dans les bassins versants très glaciaires, il faut s'attendre à des débits plus élevés en été dans un avenir proche, puis à des débits nettement plus faibles une fois que les glaciers auront complètement fondu [1.3].

Le document *CH2014 – Impacts. Toward quantitative scenarios of climate change impacts in Switzerland* [1.4] donne un aperçu par régions des modifications auxquelles il faut s'attendre au niveau des régimes d'écoulement et des informations sur les données disponibles. La répartition des bassins versants dans sept groupes permet de déterminer l'évolution future des débits, même si le régime d'écoulement du bassin à évaluer concerné n'a pas fait l'objet d'une modélisation.

Autres scénarios de sécheresse

Le canton peut également élaborer plusieurs scénarios ou des scénarios différents, tel le scénario d'une « année 2050 moyenne », pour ce qui est de la température et des précipitations, en se fondant sur les scénarios climatiques probables de MétéoSuisse [1.5]. Procéder à ce travail augmente toutefois les coûts et complique la démarche.

Autres options avec élaboration de scénarios socio-économiques

Pour l'évolution de la société, on peut utiliser les trois scénarios ci-après qui ont été développés dans le cadre du projet SWIP du PNR 61 (cf. [1.6], p. 65). Ayant déjà fait leurs preuves dans la pratique, ces scénarios se fondent sur ceux du PNR 48. Ces scénarios sont si différents qu'ils permettent, même à des non-spécialistes, d'imaginer la situation qui se présentera dans le bassin à évaluer. Il ne s'agit pas de considérer des prévisions précises, mais des avenir possibles. Le but est dès lors de caractériser et de quantifier les évolutions possibles de manière approximative. Voici les trois scénarios proposés :

« *Boom* » : la société et l'économie sont en pleine expansion ; la population connaît une croissance effrénée ; les besoins en eau potable augmentent tandis que l'industrie et l'agriculture perdent en importance.

« *Doom* » : la Suisse est économiquement affaiblie ; la population diminue légèrement ; la consommation d'eau diminue ; il y a moins d'argent pour financer les infrastructures.

« *Croissance qualitative* » : la Suisse reste compétitive ; la priorité est accordée à la croissance qualitative ; la croissance démographique est modérée ; les normes de protection de l'environnement sont élevées.

Ces scénarios revêtent une pertinence particulière pour les problèmes  de la **figure 5**.

Autres scénarios socio-économiques : en se fondant sur les scénarios ci-dessus, le canton peut élaborer son propre scénario et l'utiliser à leur place ou à titre de complément. Selon les cas, il obtiendra ainsi entre un et quatre scénarios à prendre en considération.

PARTIE B

Analyse de la situation dans chaque bassin à évaluer

2 Analyse de la situation dans chaque bassin à évaluer

2.0 Introduction et aperçu

Les étapes de l'analyse de la situation dans chaque bassin à évaluer sont représentées dans la **figure 6** et expliquées dans les sections 2.1 à 2.4.

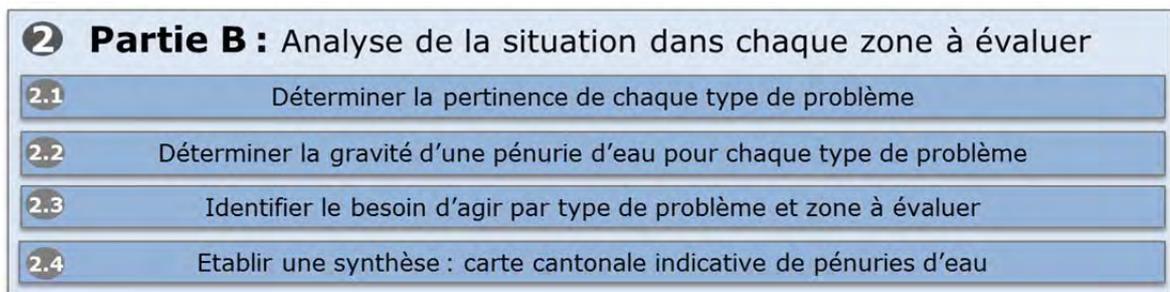


Figure 6 : Étapes de l'analyse de la situation. Les numéros grisés renvoient aux sections concernées.

L'analyse de la situation poursuit des **objectifs** qui se situent à deux niveaux :

- Au niveau de chaque bassin à évaluer, elle vise à déterminer le **besoin d'agir** pour chaque type de problème. Le besoin d'agir tient compte de la **pertinence** du problème dans le bassin considéré et la **gravité** d'une pénurie en cas de sécheresse (cf. sections 2.1.1 et 2.2.1 et l'**annexe b** pour des définitions de la pertinence et de la gravité).
- Au niveau cantonal, l'analyse de la situation sert à **synthétiser** le besoin d'agir afin d'établir une **carte cantonale indicative de pénuries d'eau**, assortie de la documentation correspondante.

La démarche *simple* proposée ici est pragmatique et se fonde sur les connaissances des spécialistes cantonaux et les enseignements qu'ils ont tirés des périodes sèches de 2003, de 2011 et de 2015.

La démarche *élargie* décrite dans les passages **grisés** du présent chapitre prévoit le recours systématique à des échelles d'appréciation quantitatives et l'application des divers scénarios élaborés dans la partie A.

2.1 Déterminer la pertinence de chaque type de problème

2.1.1 Définition de la pertinence

La **pertinence** indique l'importance d'un problème pour l'appréciation du besoin d'agir dans un bassin à évaluer.

La pertinence intervient directement dans l'appréciation du besoin d'agir (cf. section 2.3).

2.1.2 Fixer une échelle de pertinence pour chaque type de problème

Questions clés

Pour chacun des problèmes à étudier dans le canton (cf. section 1.2 et fig. 5), il convient de poser tout d'abord les deux questions suivantes :

- Selon quels critères la pertinence est-elle mesurée ?
- Quels sont les quatre niveaux de l'échelle de pertinence à utiliser ?

Démarche simple

Dans la démarche simple, l'échelle de pertinence se fonde pour chaque problème sur un seul critère aussi probant que possible. Les quatre niveaux de pertinence seront définis à dire d'expert sur la base des connaissances des spécialistes cantonaux et en fonction des conditions qui prévalent dans le canton. La **figure 7** en donne un exemple. Afin de préserver la fiabilité des cartes indicatives de pénuries d'eau et de s'assurer une bonne acceptation, il est recommandé d'inclure les services cantonaux et les experts compétents dans la démarche dès la détermination de la pertinence.

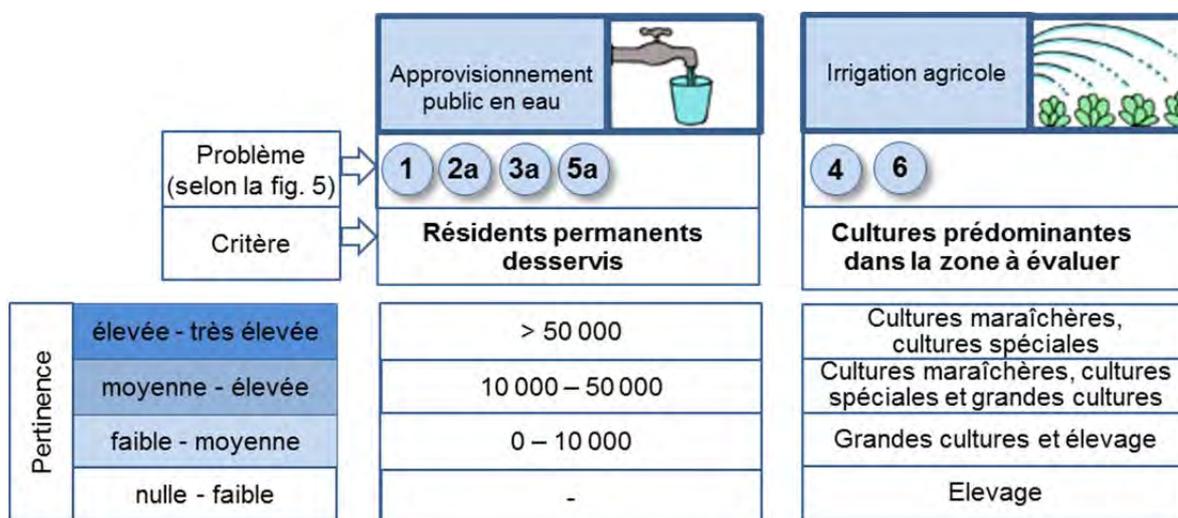


Figure 7 : Exemples d'échelles de pertinence (à quatre niveaux) définies pour deux problèmes sélectionnés. (Les exemples sont tirés d'un essai réalisé dans le canton de Berne.)

Résultat

Une échelle de pertinence à quatre niveaux pour chaque problème à étudier.

Remarque

Comme la situation initiale et les conditions générales varient beaucoup d'un canton à l'autre, on a renoncé à définir, pour chaque type de problème, une échelle de pertinence applicable dans toute la Suisse.

Autre option – démarche élargie

La démarche simple proposée ci-dessus utilise des appréciations qualitatives qui comprennent une marge d'interprétation (« très nombreux » – « quelques-uns », « prédominant » – « occasionnel », etc.). Elle ne se fonde de plus que sur un seul critère par problème. Une démarche élargie permettrait de définir des valeurs quantitatives pour tous les critères et, le cas échéant, d'utiliser plusieurs critères par problème, puis de les agréger. Une telle manière de faire augmente aussi bien le coût et la transparence de la démarche que la fiabilité des résultats.

2.1.3 Déterminer la pertinence des problèmes étudiés dans chaque bassin à évaluer

Question clé

Quelle est la pertinence des problèmes sélectionnés dans chaque bassin à évaluer du canton ?

Démarche simple

Dans chaque bassin à évaluer, la pertinence de chaque problème étudié est déterminée à l'aide de l'échelle à quatre niveaux définie plus haut pour la situation qui prévaut actuellement durant les périodes de sécheresse. Cette détermination tient si possible compte des tendances générales prévisibles.

Dans l'idéal, cette estimation devrait être réalisée de manière pragmatique par les spécialistes qui connaissent bien la situation cantonale.

Résultat

Détermination de la pertinence de chaque problème à étudier dans chaque bassin à évaluer.

Autre option – démarche étendue

La démarche élargie recourt systématiquement aux scénarios définis dans la section 1.5. Elle fournit donc une évaluation de la pertinence pour chaque scénario et chaque problème, le résultat de l'évaluation intervenant ensuite dans l'étape de travail 2.3.

2.2 Déterminer la gravité d'une pénurie d'eau pour chaque type de problème

2.2.1 Définition de la gravité

Pour un problème donné, la **gravité** indique l'ampleur des conséquences d'une pénurie d'eau. La gravité intervient directement dans l'appréciation du besoin d'agir (cf. section 2.3).

La gravité est évaluée pour chaque type de problème sur une échelle à quatre niveaux, valable dans tout le canton : un problème peut très bien ne pas se poser dans certains bassins (absence de gravité) ou alors revêtir une gravité faible, moyenne, forte à très forte.

2.2.2 Définir des critères et des échelles de gravité pour chaque type de problème

Questions clés

Selon quels critères la gravité de chaque problème se posant dans le canton est-elle mesurée ?

Quels sont les quatre niveaux de l'échelle de gravité ?

Démarche simple

La démarche est similaire à celle appliquée pour la pertinence : pour chaque problème, il convient de définir des critères et de délimiter les quatre niveaux de gravité. Dans la démarche simple, l'évaluation de la gravité se fonde sur un seul critère et les quatre niveaux sont définis par des experts. La **figure 8** ci-dessous illustre deux exemples.

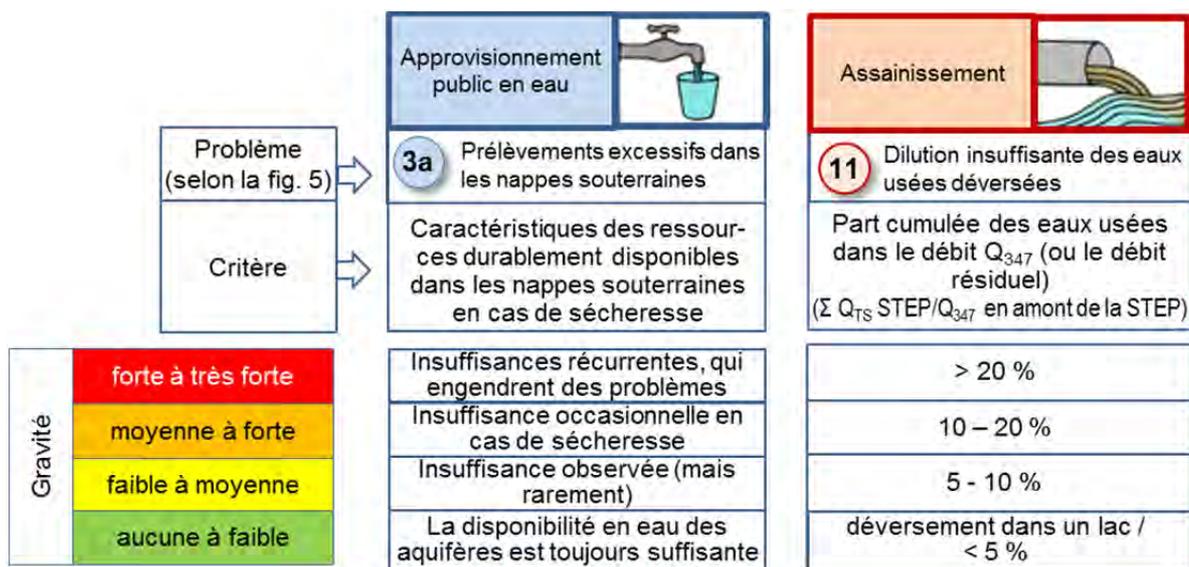


Figure 8 : Exemples d'échelles de gravité (à quatre niveaux) définies pour deux problèmes sélectionnés. (Les exemples sont tirés d'essais réalisés dans le canton de Berne et en Suisse centrale.)

Résultats

Des critères d'évaluation de la gravité sont définis pour chaque type de problème à étudier.

Remarque

Comme pour la pertinence, on a renoncé à définir, pour chaque type de problème, des critères de gravité valables dans toute la Suisse.

Autre option – démarche élargie

Dans l'approche détaillée, on propose également de quantifier tous les critères et d'utiliser au besoin plusieurs critères par type de problème, le cas échéant en recourant à une matrice afin de les combiner.

2.2.3 Déterminer la gravité des problèmes dans chaque bassin à évaluer

Question clé

Quelle est la gravité des différents problèmes à étudier dans chaque bassin du canton ?

Démarche simple

La gravité des problèmes est évaluée selon une démarche analogue à celle appliquée pour la pertinence. Dans chaque bassin à évaluer, elle est déterminée à l'aide de l'échelle à quatre niveaux définie plus haut pour la situation qui prévaut actuellement durant les périodes de sécheresse. La démarche tient si possible compte des tendances générales prévisibles. Dans l'idéal, l'évaluation devrait être réalisée par des spécialistes cantonaux. Les questions clés, les bases de connaissances et les références bibliographiques de la partie C peuvent constituer une aide utile pour recueillir les informations nécessaires auprès des experts.

Résultat

Estimation de la gravité de chaque problème à étudier dans chaque bassin à évaluer (c'est-à-dire une valeur par type de problème et par bassin à évaluer).

Autre option – démarche élargie

Il est possible d'appliquer avec méthode la partie C pour obtenir des indications fiables concernant la gravité d'un type de problème. La démarche décrite dans cette partie débouche en effet sur un bilan quantitatif des ressources en eau disponibles, de leur exploitation et des besoins en eau. La comparaison de ces données permet d'établir une estimation quantitative de la gravité du problème inhérente à l'utilisation consomptive. Le bilan peut être dressé pour divers scénarios, avec la résolution temporelle souhaitée.

Pour réduire les coûts, il est possible de déterminer la gravité des problèmes dans les différents scénarios en se passant du bilan quantitatif selon la partie C et en recourant uniquement à l'évaluation par des experts.

Résultat

Estimation de la gravité de chaque problème à étudier dans chaque bassin à évaluer (c'est-à-dire une valeur par type de problème et par bassin à évaluer pour chacun des scénarios envisagés).

2.3 Identifier le besoin d'agir par type de problème et par bassin à évaluer

2.3.1 Définition de la matrice du besoin d'agir

Questions clés

Comment déterminer le besoin d'agir², c'est-à-dire la nécessité d'élaborer un plan régional des ressources en eau ?

Doit-il être déterminé de manière « restrictive », c'est-à-dire de telle sorte qu'une planification régionale des ressources en eau n'entre en ligne de compte que pour un minimum de bassins à évaluer ? Ou doit-il être déterminé avec plus de prudence, c'est-à-dire de telle sorte qu'une planification régionale des ressources en eau englobe des zones plus grandes et davantage de problèmes ?

Marche à suivre

Le besoin d'agir pour chaque type de problème dans le bassin à évaluer est déterminé à l'aide d'une matrice qui combine la pertinence (cf. section 2.1) et la gravité (cf. section 2.2).

La **figure 9** ci-dessous présente un exemple de matrice pour déterminer le besoin d'agir.

		Gravité du problème étudié			
		forte - très forte	moyenne - forte	faible - moyenne	aucune - faible
Pertinence du problème	élevée - très élevée	Besoin d'agir : grand - très grand		(1)	(2)
	moyenne - élevée		moyen - grand		
	faible - moyenne		faible - moyen		
	nulle - faible		nul - faible		

(1) Si la gravité faible est encore incertaine ou reste à confirmer.

(2) Si la gravité peut à l'évidence être classée dans la catégorie « aucune à faible ».

Figure 9 : Exemple de matrice pour déterminer le besoin d'agir selon la pertinence et la gravité d'un problème.

Le besoin d'agir peut être évalué à l'aide d'une matrice à quatre ou cinq niveaux. Il est recommandé de procéder à la définition des niveaux d'appréciation par itération, c'est-à-dire de vérifier dans la pratique si les limites prévues fournissent des résultats plausibles au niveau cantonal. Il existe en effet une certaine marge d'appréciation pour définir le besoin d'agir en fonction des objectifs et des intentions du canton : veut-il par exemple être prudent dans son interprétation ? Ou au contraire très restrictif ?

Résultats

Une matrice qui, à partir de la pertinence et de la gravité des problèmes, permet de déterminer le besoin d'agir dans chaque région, c'est-à-dire la nécessité de planifier régionalement les ressources en eau.

² Le « besoin d'agir » est utilisé dans tout le rapport pour traduire le terme allemand « Handlungsbedarf », expression qui n'a malheureusement aucune traduction française élégante [Note de l'auteur]

2.3.2 Utilisation de la matrice servant à déterminer le besoin d'agir

Question clé

Quel est le besoin d'agir – donc la nécessité d'élaborer un plan régional des ressources en eau – pour les problèmes étudiés dans chacun des bassins à évaluer ?

Démarche simple

Pour chaque problème à étudier dans chacun des bassins à évaluer, la matrice d'appréciation du besoin d'agir est appliquée de manière « purement mécanique ». Cette étape de travail ne comporte aucune marge d'interprétation.

Résultat

Une estimation du besoin d'agir par type de problème (ou groupe de problèmes) et par bassin pour la situation actuelle en cas de sécheresse.

La **figure 10** donne un exemple de la manière de présenter ce résultat : ces résultats permettent ensuite d'obtenir la figure 11.

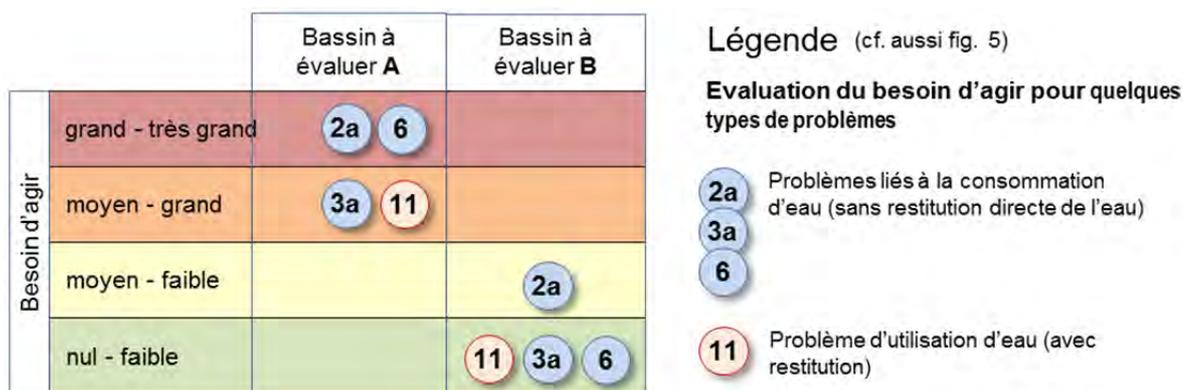


Figure 10 : Estimation du besoin d'agir pour deux bassins à évaluer, à l'aide de la démarche simple (exemple fictif).

Autre option – démarche élargie

La prise en considération de plusieurs scénarios prospectifs débouche sur différentes estimations du besoin d'agir. Ces résultats peuvent alors être représentés isolément ou sous la forme d'un seul besoin d'agir par problème. Dans ce dernier cas, il est possible de représenter le besoin d'agir le plus grand ou d'établir une moyenne, qui pourra être pondérée.

Résultats

Une illustration analogue à la **figure 10** ci-dessus, mais avec une estimation par scénario (c'est-à-dire plusieurs colonnes par bassin à évaluer).

2.4 Établir une synthèse : carte cantonale indicative de pénuries d'eau

Questions clés

Quel est le niveau du besoin d'agir

- dans l'ensemble ?
- par bassin à évaluer dans le canton ?

Existe-t-il des différences géographiques ? Des tendances ? Quelles sont leurs causes ?

Pour quelles parties du territoire cantonal faut-il élaborer en priorité un plan régional des ressources en eau ?

Marche à suivre

Afin d'obtenir un aperçu complet de la situation, il convient de représenter le besoin d'agir déterminé selon la section 2.3 pour chaque problème sur une carte du canton.

À partir de là, il est possible d'établir une carte cantonale du besoin d'agir, qui constitue en fait une carte indicative de pénuries d'eau. Cette carte indique à quel point chaque bassin évalué sera, ou est peut-être aujourd'hui déjà, susceptible de rencontrer des problèmes en cas de pénurie d'eau.

Ces indications peuvent être obtenues à l'aide de deux approches différentes, l'emploi de l'une ou de l'autre relevant d'une décision cantonale. Voici ces deux approches :

- Approche mathématique : additionner ou établir la moyenne (pondérée ou non) du besoin d'agir pour chaque type de problème (en attribuant des notes, allant p. ex. de 0 à 4).
- Approche de la pire éventualité : retenir systématiquement le besoin d'agir le plus grand dans un bassin à évaluer.

Résultats

Cartes représentant le besoin d'agir par type de problème ou globalement, comme dans la [figure 11](#).

Des exemples de cartes indicatives de pénuries d'eau (provisoires) du canton de Berne se trouvent au chapitre 6 de l'[annexe I](#).

Remarque

Ces résultats cartographiques constituent la base sur laquelle le canton pourra s'appuyer pour décider de soumettre certains bassins évalués à un examen plus approfondi et d'y entreprendre, le cas échéant, une planification régionale des ressources en eau.

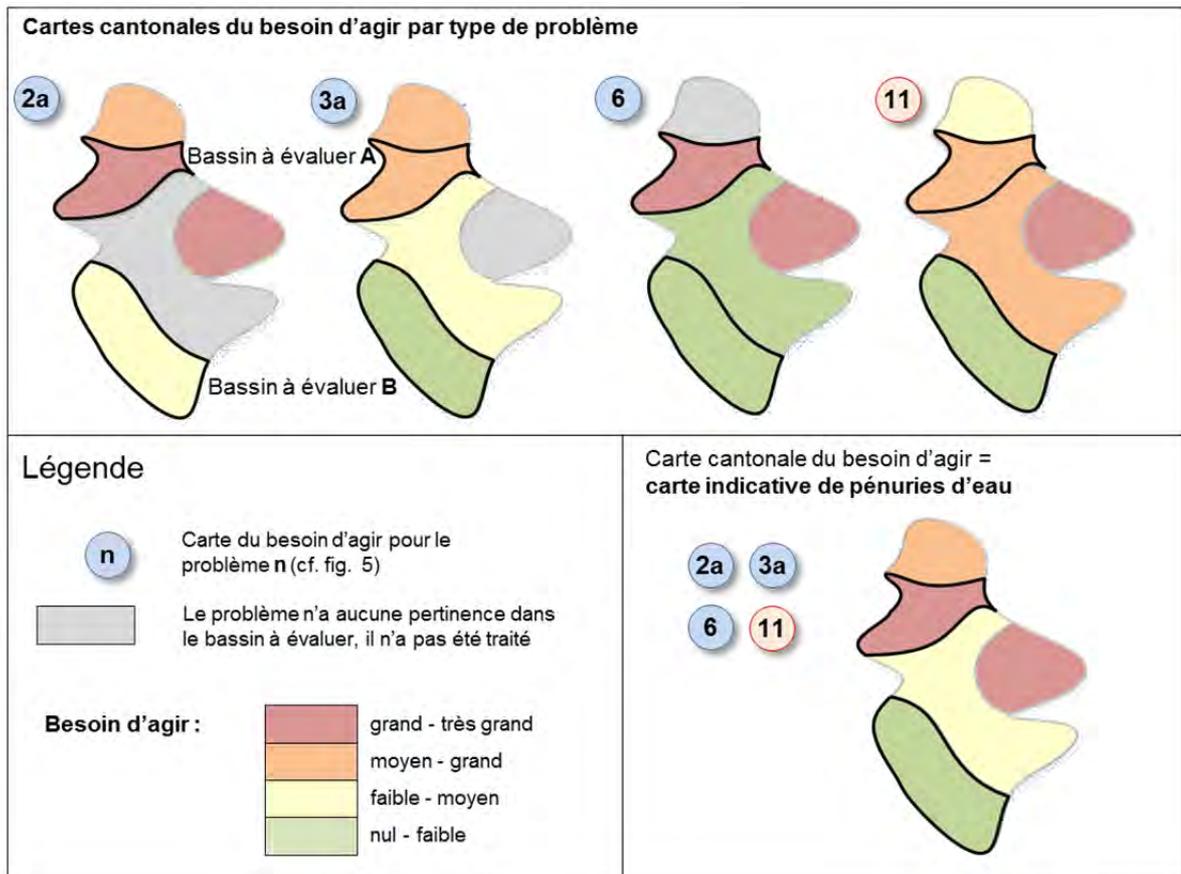


Figure 11 : Exemple de représentation cartographique d'une synthèse au niveau cantonal. En haut : cartes du besoin d'agir pour les problèmes étudiés (selon l'évaluation de la fig. 9) ; en bas à droite : agrégation des résultats en une « carte cantonale indicative de pénuries d'eau ».³

Autre option – démarche élargie

Lorsque plusieurs scénarios socio-économiques ou de sécheresse ont été élaborés, il est recommandé de les analyser en détail, afin de décider du besoin d'agir au niveau des différents problèmes et de l'agrégation de ces besoins en une carte indicative de pénuries d'eau.

Cette démarche est certes plus coûteuse mais fournit des appréciations plus fiables et permet d'identifier les différences les plus flagrantes. Les résultats sont ainsi plus clairs et plus éloquents.

³ Dans cet exemple, le besoin d'agir de la carte cantonale est une moyenne (arrondie) des besoins d'agir établis pour chaque type de problème.

PARTIE C

Étude approfondie

portant sur certains problèmes ou bassins à évaluer, voire sur tout le canton

L'étude approfondie (objet de la partie C du présent rapport) est décrite dans les chapitres 3 à 6, la **figure 12** illustrant ses étapes. Dans cette figure, les numéros grisés renvoient aux chapitres correspondants.

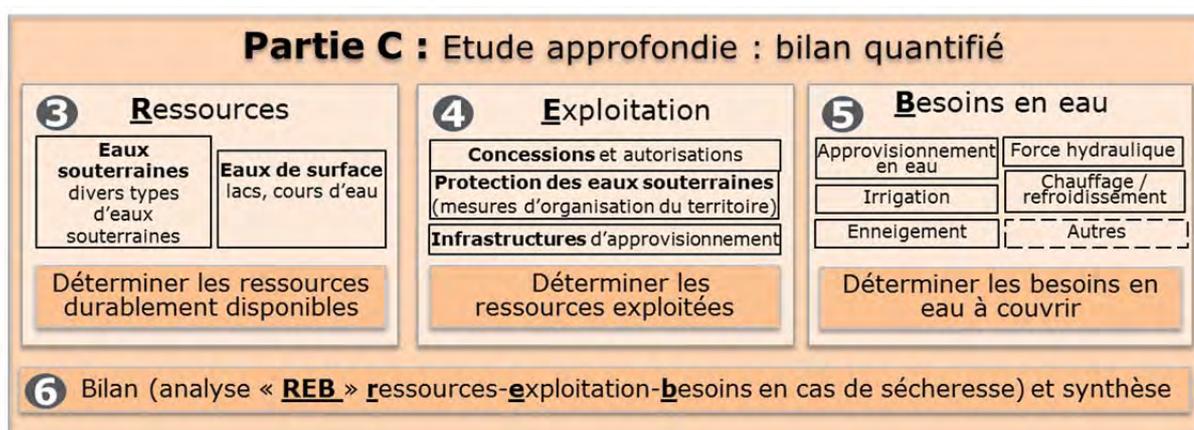


Figure 12 : Étapes de l'étude approfondie.

Quand faut-il recourir à l'étude approfondie (partie C) ?

Première possibilité : la partie C peut servir de « base de référence » durant les travaux des parties A et B. Elle renvoie en effet à des méthodes et à des informations existantes concernant les problèmes à examiner. Elle permet ainsi, au besoin, de compléter les connaissances des experts par des données disponibles ou par d'autres méthodes. Les questions clés formulées peuvent constituer un instrument utile lors des auditions d'experts.

Deuxième possibilité : la partie C peut être utilisée pour établir un bilan systématique des eaux, c'est-à-dire pour procéder à une comparaison quantitative entre les ressources (et leur mode d'exploitation) et les besoins en eau. Pour privilégier l'efficacité, nous recommandons de n'établir un tel bilan que pour les problèmes et les bassins à évaluer pour lesquels des connaissances approfondies (en particulier des données quantitatives) sont requises.

La démarche de la partie C a pour **objectif** de confirmer ou d'affiner le besoin d'agir identifié de manière pragmatique dans la partie B en appliquant une approche plus systématique (quantitative) ainsi que d'obtenir des données plus précises en prévision d'une planification régionale des ressources en eau.

Les travaux prévus dans la partie C peuvent être considérablement plus coûteux et exigeants que ceux des parties A et B.

3 Ressources en eau dans les différents bassins à évaluer

Cette étape de travail consiste à déterminer les ressources en eau durablement disponibles en cas de sécheresse dans chacun des bassins à évaluer. Elle se fonde sur la connaissance de la situation actuelle et l'expérience des sécheresses précédentes (surtout celles de 2003 et de 2011, le cas échéant aussi celle de 2015). Elle tient compte de futures évolutions possibles, telles qu'elles ressortent des scénarios.

3.1 Déterminer les ressources en eaux souterraines durablement disponibles



Questions clés

Comment est-il possible de définir l'exploitation durable des ressources en eaux souterraines sur une période relativement longue et durant une période de sécheresse ?

Quelles informations et quels instruments faut-il réunir pour estimer les ressources disponibles en eaux souterraines et les exploiter de manière durable ?

Comment faut-il procéder pour identifier les aquifères et les ressources en eau sensibles à la sécheresse ?

Définition

La définition de « ressources en eaux souterraines durablement disponibles » découle de l'**annexe e** et peut être résumée comme suit : du point de vue quantitatif, on considère en Suisse que l'exploitation de l'eau est durable pour autant qu'elle ne dépasse pas les ressources renouvelables. L'exploitation durable de l'eau a pour objectif de préserver les principales propriétés de la ressource eau, sa stabilité et sa capacité naturelle de régénération [3.1].

Marche à suivre

L'acquisition de données et d'informations selon la section 1.3 est complétée de manière ciblée et, le cas échéant, réitérée.

En appliquant les recommandations méthodologiques de l'**annexe e**, il convient de considérer les ressources en eaux identifiées lors de la collecte des données, afin de déterminer leur partie durablement disponible en période de sécheresse dans le bassin à évaluer. Dans le cas de grands aquifères intercantonaux, cette étape doit être coordonnée avec les cantons voisins.

Remarque concernant d'éventuelles restrictions qualitatives

L'usage qui est fait d'une grande partie des eaux souterraines requiert qu'elles répondent à des exigences qualitatives élevées. Cette remarque vaut en particulier pour l'approvisionnement public en eau potable, mais en partie aussi pour l'approvisionnement privé en eau industrielle. Une détérioration de la qualité des eaux souterraines peut dès lors provoquer une diminution rapide des quantités disponibles.

Nous proposons de traiter les restrictions qualitatives soit en tant que problème supplémentaire distinct, soit en tant que facteur de détérioration supplémentaire lors de l'évaluation de la gravité d'une pénurie d'eau dans le cadre du problème correspondant.

Résultats

Selon les bases de données disponibles et la méthode appliquée, cette étape de travail permettra de disposer des résultats suivants :

- Indications des lacunes dans les données, impliquant un besoin d'agir afin d'améliorer les connaissances concernant les ressources en eaux souterraines.
- Dans l'idéal, un bilan des eaux souterraines pour les périodes de sécheresse établi à l'aide de modèles mathématiques.
- Si possible, avec la spécification d'éventuelles restrictions qualitatives.

La **figure 13** donne un exemple de la manière de représenter ces résultats. Il est possible de dresser un tel tableau si les données correspondantes sont disponibles. Il peut illustrer la situation actuelle en cas de sécheresse mais aussi la situation future basée sur les scénarios de sécheresse de la section 1.5. Il représente les ressources disponibles, c'est-à-dire l'eau disponible après prise en considération des apports et des déversements d'eau dans le bassin à évaluer.

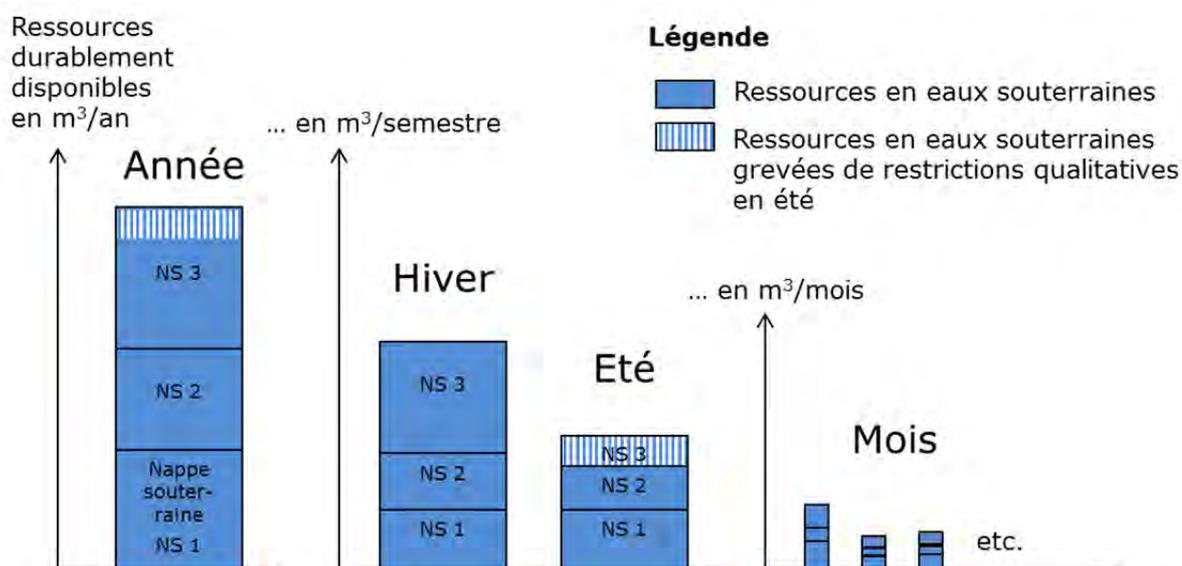


Figure 13 : Exemple de représentation des ressources en eaux souterraines durablement disponibles dans un bassin durant une année sèche (actuellement ou à l'avenir) pour différentes échelles temporelles.

En l'absence de données détaillées, il convient d'appliquer la démarche simple présentée dans la partie B.

Informations complémentaires et démarches proposées

	Titre	Description
Annexe e	Détermination des ressources en eaux souterraines durablement disponibles	Résumé de la méthode, basé sur l'annexe séparée mentionnée ci-dessous.
Annexe séparée	CSD Ingénieurs SA et Société suisse d'hydrogéologie (SSH) (2015) : Guide pratique pour la gestion durable des ressources en eaux souterraines	Recommandations méthodologiques axées sur la pratique, relatives à la gestion des eaux souterraines en cas de sécheresse.

3.2 Déterminer les ressources en eaux de surface durablement disponibles



Questions clés

Quelles eaux de surface (cours d'eau et lacs) sont aujourd'hui déjà exploitées ?

Quelles autres eaux de surface se situent dans le bassin considéré ?

Quelles eaux de surface se prêtent à des prélèvements ?

Où les prélèvements dans les eaux de surface portent-ils atteinte à la biodiversité du milieu aquatique ?
Et où les situations de sécheresse portent-elles atteinte à cette biodiversité ?

Quel est le volume des ressources durablement disponibles provenant des eaux de surface dans le bassin à évaluer ?

Marche à suivre

L'acquisition de données et d'informations selon la section 1.3 est complétée de manière ciblée et, le cas échéant, réitérée.

Il est en principe possible d'appliquer trois démarches différentes. Les deux premières se fondent sur des approches cartographiques et conviennent pour identifier et gérer d'éventuels conflits entre prélèvements d'eau et écologie des eaux (cf. problèmes à étudier, section 1.2). La troisième approche quantifie quant à elle les ressources durablement disponibles.

Approche 1 : Les eaux de surface du canton sont réparties en trois catégories définies en fonction de la possibilité d'y prélever de l'eau. Seront classées dans la catégorie « prélèvements possibles » toutes les eaux de surface auxquelles des prélèvements en cas de sécheresse ne devraient pas porter atteinte. Dans celles de la catégorie « prélèvements restreints », des prélèvements ne pourront être opérés en cas de sécheresse que moyennant certaines conditions ou restrictions. La catégorie « prélèvements impossibles » comprend les eaux de surface où des prélèvements en cas de sécheresses provoqueraient des dommages écologiques et dont l'utilisation est dès lors impossible.

Cette méthode convient en particulier en vue d'établir une planification visant à garantir des débits résiduels et comme base de décision pour accorder des autorisations ou des concessions de prélèvements d'eau. Elle peut en outre être appliquée à grande échelle (voir à titre d'exemples les cartes d'aptitude au prélèvement d'eau des cantons de Berne et de Lucerne à l'**annexe f**).

Approche 2 : Les zones de biodiversité sensibles à la sécheresse sont identifiées et reportées sur une carte. Il s'agit de zones présentant une valeur écologique particulière où des prélèvements d'eau porteraient notablement atteinte à la biodiversité. Cette approche convient surtout pour des régions relativement petites (un bassin de grande valeur écologique, p. ex.) et peut être associée à la première approche afin d'approfondir l'examen. Contrairement à la première approche (qui fournit des résultats linéaires, pour un cours d'eau, p. ex.), cette méthode permet d'évaluer des superficies, tels des sites marécageux.

Approche 3 : Si les données requises sont disponibles, il est possible d'établir, pour chaque bassin à évaluer, un aperçu global des ressources en eaux souterraines et en eaux de surface, comme celui représenté dans la figure 14. Cette approche peut représenter la situation actuelle en cas de sécheresse, de même que la situation future sur la base des scénarios de sécheresse de la section 1.5.3.

Résultats

Approche 1 : classement des eaux de surface en trois catégories en fonction de la possibilité d'y opérer des prélèvements.

Approche 2 : carte des zones de biodiversité particulièrement sensibles à la sécheresse.

Approche 3 : quantification des ressources en eau durablement disponibles dans un bassin à évaluer.

Autre option

Si les données requises sont disponibles, il est possible d'établir, pour chaque bassin à évaluer, un aperçu global des ressources en eaux souterraines et en eaux de surface, comme dans la figure 14. Cette approche peut représenter la situation actuelle en cas de sécheresse de même que la situation future sur la base des scénarios de sécheresse de la section 1.5.3. Pour chaque bassin, il convient de tenir compte des apports d'eau qui proviennent d'autres bassins et des prélèvements qui alimentent d'autres bassins.

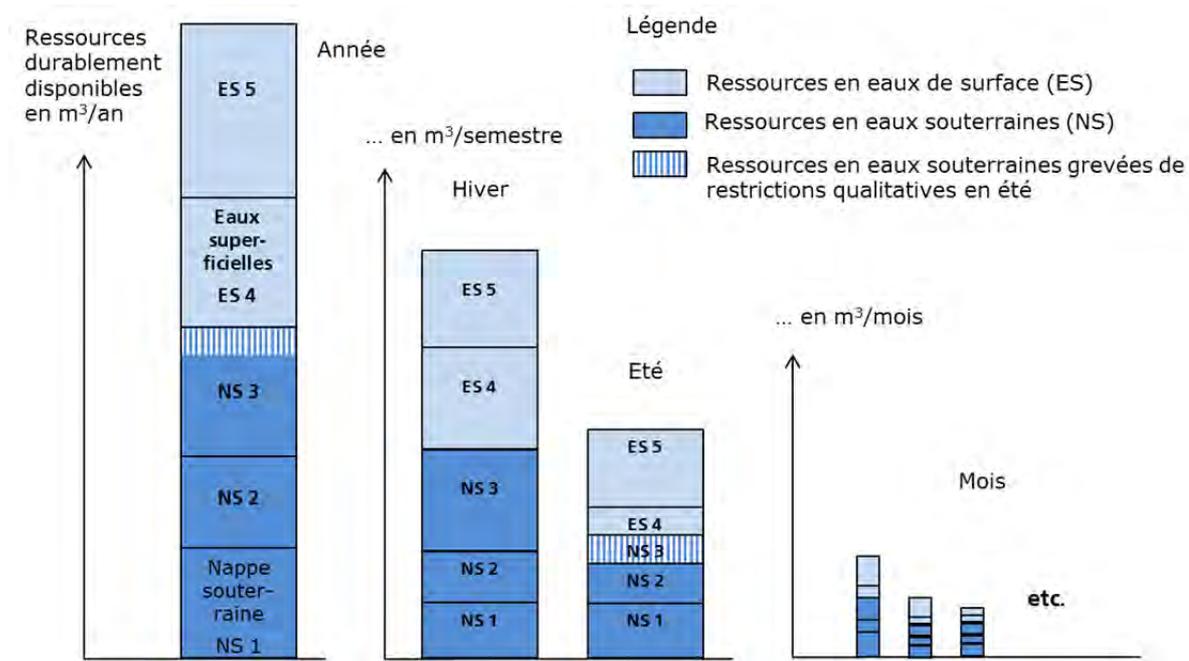


Figure 14 : Exemple de représentation des ressources en eaux durablement disponibles durant une année sèche (actuellement ou à l'avenir) pour différentes échelles temporelles.

Informations complémentaires et démarches proposées

	Titre	Description
Annexe f	Ressources durablement disponibles provenant des eaux de surface	Exemples des approches cartographiques débouchant sur des cartes d'aptitude au prélèvement d'eau ; critères définissant les ressources durablement disponibles provenant des eaux de surface.

4 Exploitation des ressources en eau dans chaque bassin à évaluer

Une ressource en eau n'est disponible pour couvrir la demande que lorsqu'elle est exploitée.

Dans le présent rapport, on entend par exploitation :

- l'octroi de concessions sur des ressources en eau (autorisation de prélèvement, exploitation au sens légal),
- la protection des eaux souterraines en tant que condition préalable à la mise à disposition d'une ressource en eaux souterraines,
- les infrastructures techniques servant à capter, à transporter et à utiliser l'eau.

4.1 Réunir les données sur l'exploitation des eaux

La présente section complète les explications de la section 1.3 concernant l'acquisition de données et d'informations, ces compléments étant axés sur la protection des eaux, l'octroi de concessions et les aspects techniques de l'exploitation.

4.1.1 Protection des eaux souterraines

Questions clés

Quels captages d'eaux souterraines sont ou peuvent être protégés conformément à la loi ?

Quels captages d'eaux souterraines sont dignes de protection ?

Quelle est l'importance d'un captage (débit d'exploitation, nombre d'habitants desservis, etc.) ?

Des périmètres de protection des eaux souterraines ont-ils été délimités et sont-ils protégés conformément à la loi ?

Marche à suivre

Cette étape vise à dresser un inventaire exhaustif des captages protégés (que leur protection soit conforme ou non à la législation fédérale) ainsi que des périmètres existants ou potentiels de protection des eaux souterraines. La liste doit également indiquer le degré actuel de protection des captages : 1) le captage est protégé conformément à la loi ; 2) le captage n'est pas protégé conformément à la loi et doit être abandonné ; 3) le captage peut être protégé conformément à la loi moyennant des mesures appropriées.

L'inventaire de la protection des eaux devrait également inclure une liste des ouvrages situés dans les zones de protection.

Résultats

Aperçu des ressources en eaux souterraines protégées conformément à la loi, sur lesquels il est possible de compter à moyen voire à long terme. Cet aperçu permet d'estimer avec plus de précision les ressources en eaux souterraines disponibles et exploitables pour l'approvisionnement en eau potable.

Les résultats sont étroitement liés aux informations sur les concessions (section 4.1.2) et les infrastructures techniques, surtout celles des captages d'eau. En effet, il est essentiel de connaître l'emplacement et la quantité d'eaux souterraines protégées disponibles et de savoir quelles ressources pourront, en cas de pénurie d'eau ou d'accident, être temporairement remplacées par d'autres ressources grâce à une mise en réseau.

Informations complémentaires et démarches proposées

	Titre	Description
Annexe g	Inventaire des captages d'eau potable en vue d'une planification régionale	L'annexe montre les déficits en matière de protection des ressources en eau potable et propose des solutions pour y remédier, sous la forme d'une méthode présentant les résultats escomptés.

4.1.2 Concessions, droits d'utilisation

Questions clés

- Comment les ressources sont-elles exploitées au sens légal ? Autrement dit : quelles concessions et quels droits d'utilisation régissent les diverses utilisations dans le bassin à évaluer ?
- Quelle quantité d'eau est aujourd'hui réellement exploitée ? Est-elle supérieure ou inférieure au débit d'exploitation prévu par la concession ou le droit d'utilisation ?

Marche à suivre

Obtenir auprès des services cantonaux compétents une liste exhaustive des concessions et autres droits d'utilisation, avec leurs différentes spécifications. Dans l'idéal, les spécifications devraient comprendre les données suivantes :

- type de ressource exploitée (nappe d'eaux souterraines, cours d'eau, lac) ;
- organisme titulaire du droit d'utilisation ;
- type d'utilisation (approvisionnement en eau public ou privé, irrigation agricole, enneigement artificiel, etc.) ;
- débit sous concession, restrictions en cas de pénurie d'eau et différences saisonnières ;
- quantités effectivement captées et exploitées (séries historiques de données) ;
- durée et échéance des concessions.

Pour obtenir une vue d'ensemble, il importe également de savoir s'il existe des exploitations sans concession (droits immémoriaux, p. ex.) et non soumises à concession (captages de sources peu importantes, p. ex.) dans le bassin à évaluer et si possible de connaître leur volume.

Résultats

- Documentation et aperçu des concessions et autres droits d'utilisation et, dans l'idéal, d'une estimation quantitative des ressources en eau exploitées sans concessions ou non soumises à concession.
- Indications des lacunes dans les données nécessitant d'améliorer les connaissances.

Informations complémentaires et démarches proposées

	Titre	Description
Annexe h	Exemples de représentation des concessions et de l'exploitation des eaux	Exemples de représentations tirées de rapports établis pour des régions ou des cantons suisses.

4.2 Déterminer les ressources exploitées et utilisées

4.2.1 Protection des eaux souterraines, débits sous concessions et utilisés

Questions clés

- Quelle est l'importance des débits sous concession ?
- Dans quelle proportion (en moyenne) ces débits sont-ils aujourd'hui effectivement exploités ?
- Quelle est la proportion des débits prélevés sans concession effectivement exploitée ?
- Quelle proportion des ressources en eaux souterraines exploitées est protégée conformément à la loi ?
- La capacité d'approvisionnement des réseaux publics d'eau potable est-elle restreinte par l'absence ou l'insuffisance de la protection des eaux souterraines ?

Définitions

En matière d'utilisation des disponibilités en eau, on distingue :

- **« Consommation d'eau »** : l'eau utilisée n'est pas restituée ou alors de manière très indirecte et différée (dans le cas de l'eau utilisée pour l'enneigement artificiel, la fonte des neiges est une restitution différée, p. ex.).
- **« Utilisation d'eau »** : après prélèvement, l'eau utilisée est restituée sous une forme différente (plus froide ou plus chaude, p. ex.) ou à un autre endroit (plus en aval sur le même cours d'eau, p. ex.).

En raison de leurs différences, ces deux types d'utilisation sont traités séparément. Dans l'étude de l'utilisation avec restitution, les lieux de prélèvement et de restitution jouent un rôle important : lorsque ces lieux sont très éloignés l'un de l'autre, dans des bassins à évaluer distincts notamment, l'utilisation devrait malgré tout être considérée comme une consommation d'eau (donc sans restitution), car l'eau déviée n'est plus disponible au lieu du prélèvement, mais restituée dans un autre bassin.

Marche à suivre

Les données quantitatives relatives aux ressources en eau durablement disponibles (sections 3.1 et 3.2) et à la protection des eaux souterraines (section 4.1.1) sont comparées aux débits d'eau sous concession et effectivement exploités (section 4.1.2) pour une année moyenne et pour des années ayant connu une sécheresse historique (2003, 2011 et, le cas échéant, 2015).

Autre option

Si des données quantitatives font défaut, les experts compétents des services cantonaux spécialisés peuvent estimer le rapport entre les débits sous concession et les débits effectivement exploités.

Résultat

Dans le cas d'une consommation, il est possible de représenter les débits quantifiés ou estimés comme l'illustre la **figure 15** (partie en vert) afin de connaître les disponibilités en eau effectivement exploitées. La partie bleue de la figure a déjà été établie lors de l'étape de travail 3 (**figure 14**).

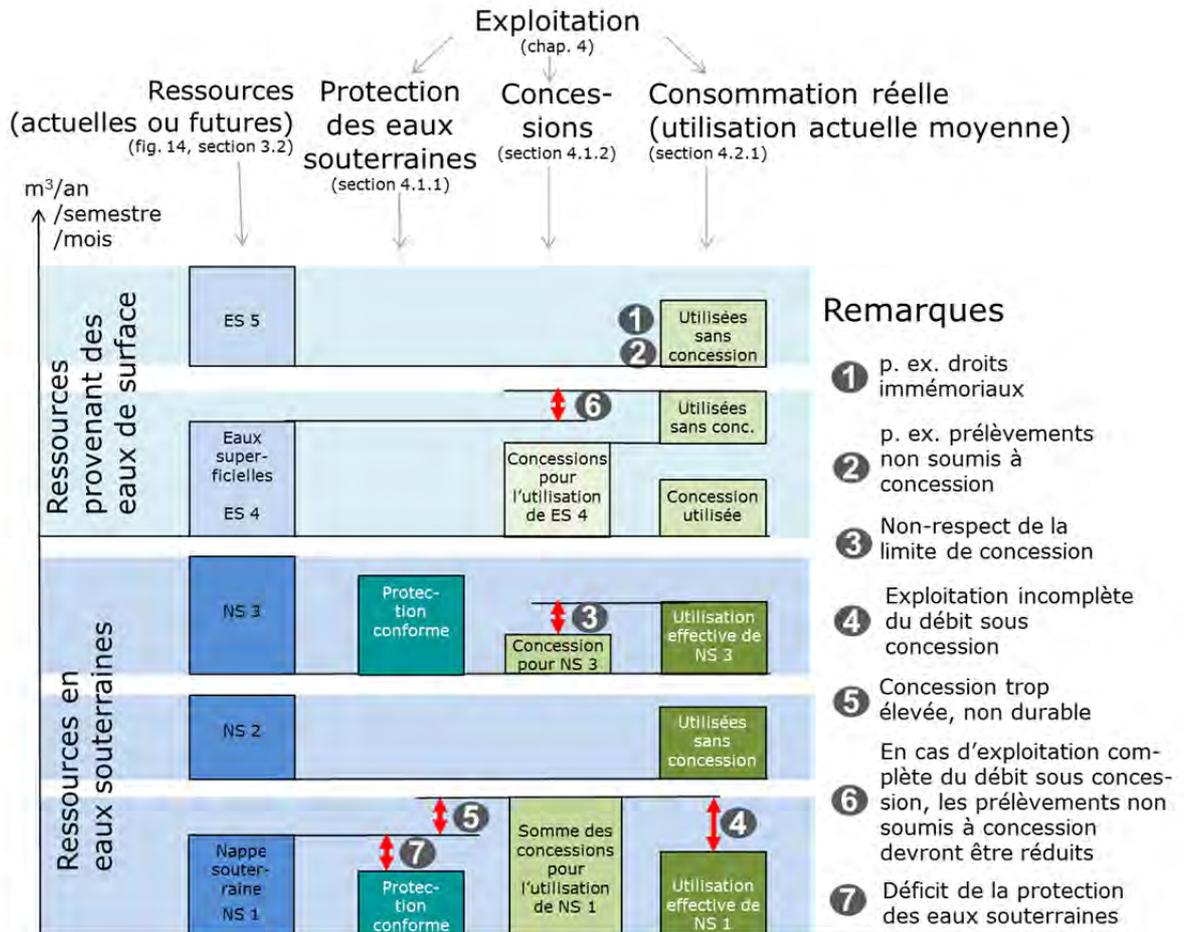


Figure 15 : Exemple de représentation d'une analyse de la consommation des ressources en eau en cas pour une année moyenne et une année (ou un semestre) ayant connu une sécheresse.

Selon la méthode choisie, la colonne de gauche (ressources) représentera plusieurs cas : par exemple, la situation actuelle moyenne, une année sèche en situation actuelle ou en situation future selon les scénarios de la section 1.5.

En cas d'utilisation de l'eau (avec restitution), il convient de tenir compte des spécificités géographiques de l'utilisation (lieu de prélèvement et de restitution, à l'intérieur ou à l'extérieur du bassin à évaluer) ou d'autres données pertinentes (notamment les différences de température). La meilleure solution consiste à les représenter sur une carte du bassin à évaluer afin d'obtenir une vue d'ensemble.

4.2.2 Analyse des capacités d'approvisionnement

Questions clés

L'insuffisance des infrastructures provoque-t-elle des problèmes techniques qui engendrent des pénuries d'approvisionnement en eau dans le bassin à évaluer ?

Un « deuxième pilier » fait-il défaut pour l'approvisionnement public en eau potable ?

Quels nouveaux équipements et quels regroupements d'approvisionnements en eau sont prévus afin d'accroître les capacités d'approvisionnement dans un avenir proche ?

Marche à suivre

L'équipement technique destiné à l'exploitation des ressources en eau pour l'approvisionnement en eau public et privé, les réseaux d'irrigation agricole (infrastructures de pompage, sans les réseaux de distribution), les installations hydroélectriques, etc. sera documenté de manière à fournir une vue d'ensemble et les liens géographiques entre les ressources en eau et les régions où l'eau est utilisée (périmètres de desserte). Les importations importantes vers le bassin à évaluer, de même que les exportations importantes à partir de ce bassin seront également représentées.

Des entretiens avec les spécialistes cantonaux serviront à déterminer si l'approvisionnement a jusqu'ici été perturbé en période de sécheresse (en 2003, en 2001 ou en 2015, p. ex.). Si oui, les problèmes rencontrés seront consignés et, si possible, quantifiés lors d'entretiens menés avec les responsables des infrastructures.

Des projets visant à accroître considérablement les capacités ou des projets d'interconnexion des infrastructures (nouveaux équipements d'envergure, conduites interrégionales, regroupement de plusieurs régions d'exploitation, p. ex., afin d'assurer un deuxième pilier pour l'approvisionnement en eau) peuvent signaler l'existence de problèmes de capacités – et donner des indications quant aux mesures prévues pour y remédier – et doivent dès lors être documentés.

Résultat

Liste des perturbations connues de l'approvisionnement en période de sécheresse, avec indication des ressources et des utilisations correspondantes.

Cette liste sera ensuite combinée avec les informations de la **figure 15** (exploitation, protection des eaux souterraines) afin de fournir une vue d'ensemble des **ressources en eaux effectives, exploitables et durablement disponibles**.

Informations complémentaires ou démarches proposées

	Titre	Description
Annexe h	Exemples de représentation des concessions et de l'exploitation des eaux	Exemples de représentations tirés de rapports établis pour des régions ou des cantons suisses.

5 Besoins en eau dans chaque bassin à évaluer

Cette étape de travail vise à déterminer les besoins en eau dans chaque bassin à évaluer sur la base de la situation actuelle et des expériences faites jusqu'ici en période de sécheresse (2003, 2011 et, le cas échéant, 2015), ainsi que les besoins futurs en eau à partir des scénarios élaborés.

Les explications ci-après suivent notamment les données et les informations disponibles, qu'il convient de compléter de manière ciblée, et le cas échéant par itération, après la première récolte de données décrite à la section 1.3.

5.1 Déterminer les besoins pour la consommation d'eau

Les explications ci-après concernent la **consommation** d'eau, c'est-à-dire l'utilisation d'eau sans restitution à l'emplacement du prélèvement.

5.1.1 Besoins des réseaux publics d'approvisionnement en eau



Les besoins des réseaux publics d'approvisionnement en eau comprennent l'eau potable et l'eau d'usage destinée aux entreprises industrielles et artisanales raccordées au réseau public. Ils dépendent avant tout du nombre de ménages (habitants) et d'entreprises (places de travail) desservis. Les besoins de l'agriculture, la consommation propre des services des eaux (p. ex. pour le rinçage de conduites, les fontaines, etc.) et les pertes dues aux fuites sont en général moins déterminants.

Les besoins en eau des réseaux publics d'approvisionnement baissent depuis le milieu des années 1980. Durant la seule période allant de 1992 à 2014, la demande a diminué de près d'un quart [13]. Même en tenant compte de l'évolution de la société et du climat, couvrir les besoins moyens des réseaux publics d'approvisionnement en eau ne pose normalement aucun problème. Vu la multiplication des périodes de sécheresse et de canicule, induite par le changement climatique, couvrir les pics de demande durant de tels événements (comme l'été 2003) mérite toutefois une plus grande attention.

En ce qui concerne l'estimation des besoins en eau d'extinction, nous renvoyons aux exigences et aux recommandations élaborées à l'intention des services des eaux par la SSIGE.

Les besoins en eau d'extinction destinée à combattre les incendies de forêt ne font pas l'objet de ce rapport. Certes, le changement climatique s'accroît et le problème des incendies de forêt gagne en importance en Suisse. Cependant, il importe moins de quantifier les ressources en eau nécessaires pour éteindre les feux de forêt que d'optimiser la collaboration entre les organismes forestiers et les services de pompiers. Des informations complémentaires sur le dimensionnement des réserves d'eau d'extinction pour combattre les incendies de forêt peuvent par exemple être obtenues auprès des offices cantonaux des forêts.

Informations complémentaires et démarches proposées

	Titre	Description
Annexe i	Détermination des besoins en eau des réseaux publics d'approvisionnement	Compilation des principaux critères permettant de déterminer les besoins en eau, assortie d'un exemple de calcul et de représentation.

5.1.2 Besoins des réseaux privés d'approvisionnement en eau



Les réseaux privés d'approvisionnement en eau comprennent avant tout :

- les prélèvements d'eau pour l'industrie et l'artisanat (certaines grandes entreprises requièrent des quantités d'eau considérables) ;
- l'approvisionnement dans des régions reculées dépourvues de réseau public ou de certaines exploitations agricoles (sources privées, utilisées le plus souvent sans concession) ;
- l'alimentation en eau pour le bétail dans les pâturages et sur les alpages.

D'un point de vue quantitatif, c'est le plus souvent l'industrie qui est déterminante, car elle peut utiliser ponctuellement de grandes quantités d'eau. Les prélèvements sont soumis à concession et celle-ci contient toutes les données correspondantes.

Marche à suivre

Par analogie avec les réseaux publics d'approvisionnement en eau pour la consommation des ménages (en fonction de son importance) ; sur la base des concessions pour l'industrie (cf. sections 4.1.2 et 4.2.1).

5.1.3 Besoins d'irrigation dans l'agriculture



La quantité d'eau requise pour l'irrigation agricole dépend du climat mais aussi de la superficie et du besoin en eau par unité de surface pour garantir le rendement et la qualité des cultures méritant d'être arrosées.

Marche à suivre

Fuhrer et Jasper ont établi en 2009 le premier aperçu spatial des besoins en irrigation en Suisse [5.2]. Les cartes présentées dans leur publication conviennent pour procéder à une différenciation afin d'identifier les régions présentant des besoins particuliers en irrigation. Le modèle spatial des besoins en irrigation reflète les conditions climatiques et les propriétés du sol mais aussi l'altitude et la proportion entre terres arables et prairies. Cette approche ne fournit toutefois pas de données quantitatives concernant les besoins en irrigation d'une région.

Grâce à la méthode décrite à l'**annexe j**, qui se fonde sur les travaux de Smith et al. 2012 [5.3], il est possible d'estimer les besoins en eau des différentes cultures par unité de surface. Des données existent pour les terres arables, les cultures spéciales et les prairies. Elles reflètent les diverses stations typiques de Suisse, à l'exception des pentes des étages préalpin et alpin. Ces données ont été calculées en fonction des diverses régions climatiques, des sols représentatifs et de divers scénarios climatiques. À partir de ces données, il est possible d'extrapoler le besoin en irrigation d'une région à l'aide de données statistiques sur l'utilisation et les caractéristiques du sol.

Résultat

Les besoins en irrigation propres au type de culture et de sol par unité de surface (par hectare, p. ex) et par mois dans un bassin à évaluer sont déterminés pour des stations climatiques représentatives et compte tenu de différents scénarios climatiques. Sur ces bases, et en utilisant les données spatiales correspondantes, il est possible d'extrapoler les besoins en irrigation pour tout le bassin à évaluer.

Informations complémentaires

	Titre	Description
Annexe j	Estimation des besoins en irrigation pour l'agriculture	Description de la méthode à utiliser selon les données, remarques concernant l'application de la méthode et restrictions d'application (Agroscope, sur mandat de l'OFEV).
Annexe séparée	Besoins mensuels supplémentaires en eau des végétaux, établis par calcul	Données sous forme de tableaux qui font l'objet d'une publication distincte (Agroscope, sur mandat de l'OFEV).

5.1.4 Besoins des installations d'enneigement



Les besoins en eau pour l'enneigement artificiel dépendent du climat mais aussi de la superficie des pistes de ski à enneiger et de la durée de la saison de ski.

Marche à suivre

On propose d'associer l'audition d'experts, les données issues des concessions et des extrapolations basées sur la superficie des pistes enneigées.

Résultat

Une estimation, pour le bassin à évaluer, des besoins en eau pour l'enneigement artificiel qui indique si possible les ressources d'où provient l'eau utilisée. Idéalement, cette estimation n'est pas seulement une moyenne mais aussi une fourchette qui indique les variations des besoins en fonction de la situation climatique.

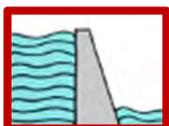
Informations complémentaires et démarches proposées

	Titre	Description
Annexe k	Détermination des besoins en eau pour l'enneigement artificiel	Méthode pouvant être appliquée pour déterminer les besoins en eau sur la base d'extrapolations ; explications assorties d'un exemple.

5.2 Déterminer les besoins en eau pour l'utilisation avec restitution

Les explications ci-après concernent l'**utilisation** de l'eau, c'est-à-dire les cas où l'eau est restituée après utilisation.

5.2.1 Installations hydroélectriques



L'étude du bassin à évaluer se fonde sur les concessions accordées.

Marche à suivre

Grâce à la concession, le canton devrait connaître les indications suivantes : valeurs limites à respecter, lieu du prélèvement d'eau, lieu de restitution et influence subie par la répartition du débit dans le temps (exploitation par éclusées, tronçon à débit résiduel, etc.).

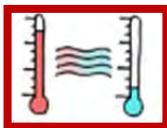
Autre option

Si les informations mentionnées ci-dessus ne sont pas disponibles, il importe de les collecter afin de pouvoir visualiser sur une carte l'utilisation de l'eau ainsi que son impact sur les milieux aquatiques.

Informations complémentaires

	Titre	Description
Annexe c	Données disponibles au niveau national ou dont la collecte est exigée par la loi	La carte des débits résiduels à l'échelle 1:200 000 présente un intérêt particulier.

5.2.2 Prélèvements à des fins de chauffage et de refroidissement



L'eau utilisée à des fins de chauffage et de refroidissement n'est en général pas consommée mais restituée à l'environnement. La concession fixe les valeurs limites à respecter pour ce qui est de la modification de la température. Dans ce domaine, il importe surtout de prendre en considération les grands besoins de refroidissement des centrales nucléaires et, dans une moindre mesure, les prélèvements destinés à chauffer et à refroidir de grandes entreprises ou zones industrielles.

Avec le changement climatique, la température de la plupart des cours d'eau du massif alpin ne cesse d'augmenter (à l'exception des bassins versants très glaciaires et des aquifères, parfois considérables, en roches meubles ou en milieu fissuré où l'eau séjourne longtemps). Les grands cours d'eau suisses se sont ainsi réchauffés de 1 à 2 °C en moyenne depuis les années 1970. Durant les périodes de canicule ou de sécheresse, leur eau atteint de plus en plus fréquemment des températures critiques pour les organismes aquatiques. Or la température de l'eau constitue un facteur clé pour le type et la prépondérance de biocénoses aquatiques et un paramètre fondamental de la productivité d'un milieu aquatique [5.5].

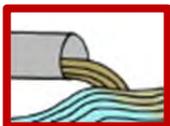
L'utilisation de l'eau à des fins de refroidissement peut provoquer un réchauffement supplémentaire critique en particulier dans les cours d'eau petits à moyens. L'utilisation de grandes quantités d'eau de refroidissement, comme dans le cas des centrales nucléaires, peut même se révéler critique pour les grands cours d'eau. Les conditions liées aux eaux de refroidissement sont régies par l'ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (OEaux, RS 814.201) et spécifiées pour chaque cas dans la concession (valeurs limites).

Marche à suivre

Pour obtenir une vue d'ensemble des sites où l'eau est utilisée à des fins de chauffage ou de refroidissement, avec indication des quantités, il convient de collecter les coordonnées topographiques et les quantités spécifiées dans les concessions, puis de la reporter sur une carte. Cette démarche s'applique aussi bien aux eaux de surface qu'aux eaux souterraines.

Il est par ailleurs possible de consulter les informations sur les canicules récentes (été 2003, juillet 2006 et août 2015) pour identifier les cours d'eau où la température atteint plus souvent des valeurs critiques en raison du changement climatique. Dans ce contexte, on se référera à la méthode de classement des cours d'eau en fonction du risque de température critique élaborée par l'OFEV [5.4].

5.2.3 Stations d'épuration des eaux usées



Afin d'éviter des conséquences écologiques négatives durables dans le milieu récepteur, les eaux usées traitées doivent être suffisamment diluées. Les atteintes que d'autres utilisations pourraient porter à des tronçons où le taux de dilution est médiocre constituent un risque supplémentaire. La visualisation de ces tronçons permet au canton d'avoir une vue d'ensemble des emplacements où des conflits risquent de survenir.

Marche à suivre

Le canton connaît les tronçons de cours d'eau récepteurs où le taux de dilution laisse à désirer en période d'étiage (Q_{347}). Il est possible de les reporter sur une carte, en utilisant par exemple différentes couleurs en fonction du taux de dilution.

6 Synthèse : bilan « ressources-exploitation-besoins » de chaque bassin

La synthèse vise à établir un bilan entre les ressources, leur exploitation et les besoins en eau (analyse « REB »).

Établie à partir de la situation actuelle en période de sécheresse ainsi que des scénarios élaborés, cette synthèse se fonde sur le bilan des résultats des étapes de travail 2 à 5. Comme il est rare de disposer de données exhaustives, elle peut également recourir aux connaissances des experts, c'est-à-dire en priorité les spécialistes des services cantonaux compétents.

6.1 Diagramme « REB » et synthèse des consommations d'eau

Questions clés

Quels sont les besoins totaux en eau consommée (utilisée sans restitution) dans le bassin à évaluer ?
Quelles ressources servent à les couvrir ?
Comment ces ressources sont-elles exploitées ?

Marche à suivre

Les résultats des chapitres 3, 4 et 5 pour les besoins en eau sans restitution sont réunis en une synthèse qui représente les interactions entre ressources, exploitation et besoins dans le bassin à évaluer.

Résultats

Les résultats dépendent des données et des connaissances disponibles. Idéalement, il est possible de tout quantifier. La synthèse se présente alors sous la forme d'un « diagramme REB » semblable à celui de la [figure 16](#).

Selon les besoins, plusieurs « diagrammes REB » seront établis pour chaque bassin à évaluer, à savoir :

- selon la résolution temporelle (année, saison, mois) et
- pour la situation actuelle en cas de sécheresse et pour les scénarios futurs pris en compte selon la section 1.5.

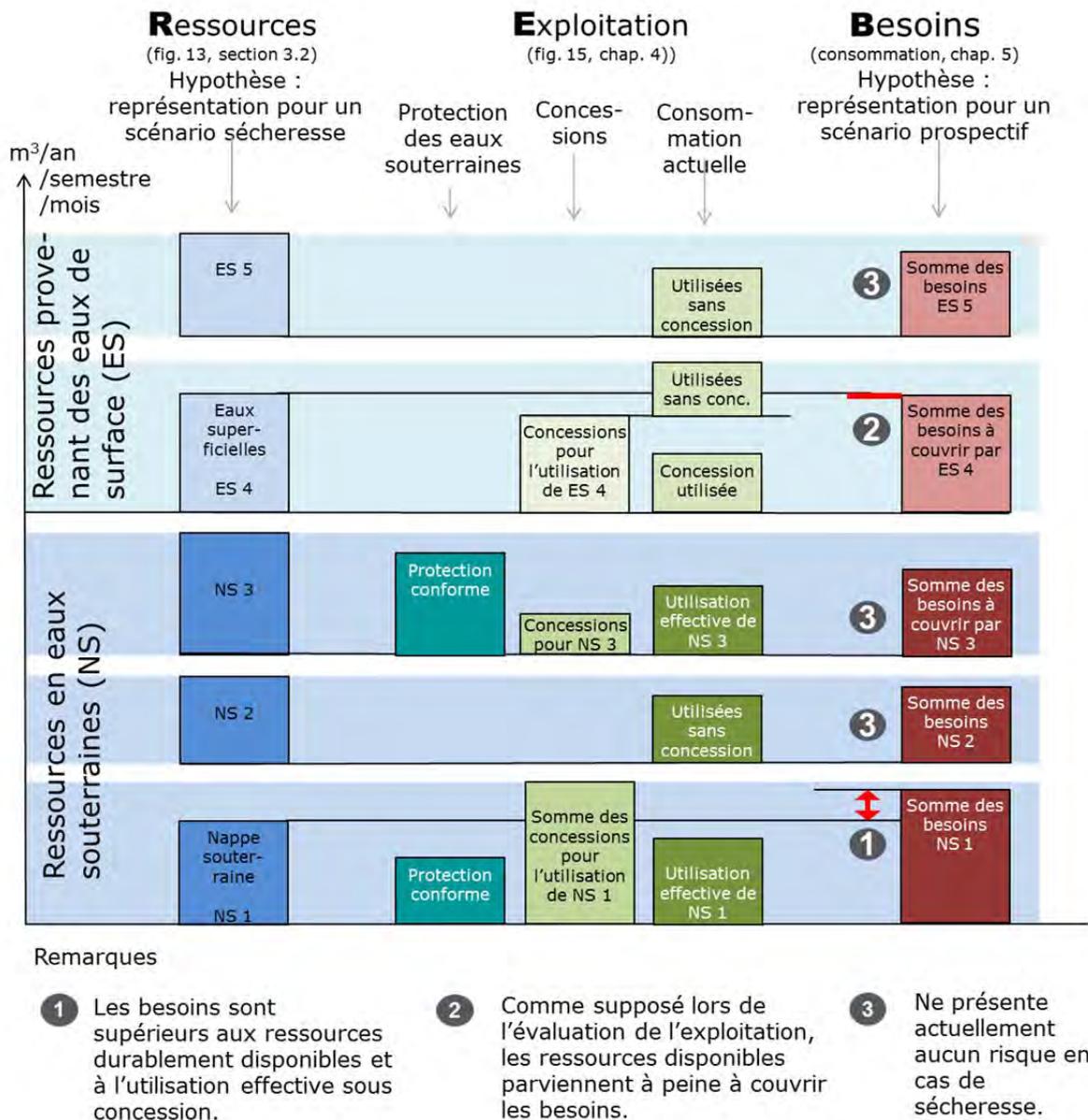


Figure 16 : Synthèse sous forme de « diagramme REB » de l'analyse de la situation pour la consommation d'eau (sans restitution).

Utilisation des « diagrammes REB »

L'analyse des « diagrammes REB » permet d'évaluer plus précisément et sur une base quantitative la gravité des problèmes pour la consommation (utilisation sans restitution) établie à la section 2.2.3.

Cette analyse permet d'expliquer à l'aide d'arguments plus probants le besoin d'agir qui découle de la section 2.3.2. Les cartes des problèmes correspondants (section 2.4), peuvent être adaptées en conséquence.

6.2 Synthèse des utilisations d'eau avec restitution

Questions clés

Quelles conclusions peut-on tirer pour les utilisations avec restitution dans le milieu ?

Où des déplacements d'utilisation peuvent-ils créer des situations de concurrence ?

Marche à suivre

Les résultats des chapitres 3, 4 et 5 sont réunis en une synthèse qui présente la situation des utilisations d'eau avec restitution dans le milieu.

Les utilisations avec restitution ne pouvant pas être représentées dans un « diagramme REB », on propose d'établir la synthèse à l'aide de tableaux et de cartes ou de croquis, qui fournisse une vue d'ensemble des principales utilisations d'eau avec restitution.

Il convient de compléter les cartes et les tableaux par des explications et des indications qui spécifient les emplacements où ces utilisations pourraient le cas échéant entrer en concurrence entre elles ou avec des consommations d'eau.

Résultat

Les explications, les tableaux et les cartes de la synthèse servent à confirmer ou à préciser le besoin d'agir établi à la section 2.3.2. Il convient d'adapter en conséquence les cartes des problèmes correspondants (section 2.4).

Les résultats obtenus et les conclusions tirées des « diagrammes REB » permettront d'adapter la carte indicative de pénuries d'eau établie à la section 2.4. Cette carte servira de base de décision pour lancer une planification des ressources en eau dans les bassins où le besoin d'agir est le plus grand.

Suite des travaux

La marche à suivre pour planifier les ressources en eau ou mettre en place leur gestion dans les bassins où le besoin d'agir est grand est décrite dans un autre rapport d'expert commandé par l'OFEV [0.1].

Berne, le 22 avril 2016
OC/whs/gan

integralia  l'eau · les projets · l'humain

HUNZIKER  BETATECH

INTEGRALIA SA
44, route du Crêt-de-Chouilly
1242 Satigny

Hunziker Betatech SA
Jubiläumsstrasse 93
3005 Berne

Liste des annexes

Annexes *Note : les annexes (*) en italique n'existent qu'en allemand*

Titre/contenu

- a)** Bibliographie
- b)** Définition et explication des principaux termes utilisés
- c)** Données disponibles au niveau national ou dont la collecte est exigée par la loi
- d)** Cartes des anomalies de précipitations 1976–2015
- e)** *Détermination des ressources en eaux souterraines durablement disponibles (*)*
- f)** *Ressources durablement disponibles provenant des eaux de surface (*)*
- g)** Inventaire des captages d'eau potable en vue d'une planification régionale
- h)** *Exemples de représentation des concessions et de l'exploitation des eaux (*)*
- i)** *Détermination des besoins en eau des réseaux publics d'approvisionnement (*)*
- j)** *Estimation des besoins en irrigation pour l'agriculture (*)*
- k)** *Détermination des besoins en eau pour l'enneigement artificiel (*)*
- l)** Exemples d'applications simples au niveau cantonal

Annexe a) Bibliographie

Chapitre 0

- [0.1] Office fédéral de l'environnement (éd.) (en préparation) : *Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz. Grundlagen für eine regionale Wasserressourcenplanung*
- [0.2] Office fédéral de l'environnement (éd.) (2015) : *Gérer les pénuries locales d'eau en Suisse. Rapport d'experts. Gestion des ressources en eau dans les situations exceptionnelles.*
- [0.3] Office fédéral de l'environnement (éd.) (2012) : *Adaptation aux changements climatiques en Suisse. Objectifs, défis et champs d'action.* Premier volet de la stratégie du Conseil fédéral du 2 mars 2012. OFEV, Berne, 64 p.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01673/index.html?lang=fr> (5.4.2016)
- [0.4] Office fédéral de l'environnement (éd.) (2014) : *Adaptation aux changements climatiques en Suisse. Plan d'action 2014–2019.* Deuxième volet de la stratégie du Conseil fédéral du 9 avril 2014. OFEV, Berne, 100 p.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01762/index.html?lang=fr> (5.4.2016)
- [0.5] Office fédéral de l'environnement (éd.) (2012) : *Gérer les pénuries locales d'eau en Suisse.* Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat « Eau et agriculture. Les défis de demain » (postulat 10.3533 déposé le 17 juin 2010 par le conseiller national Hansjörg Walter). OFEV, Berne, 88 p.
<http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/28598.pdf> (5.4.2016)
- [0.6] Office fédéral de l'environnement (éd.) (2014) : *Grundlagen für die Wasserversorgung 2025.* Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen. OFEV, Connaissance de l'environnement, n° 1404, Berne, 116 p.
<http://www.bafu.admin.ch/uw-1404-d> (10.4.2016)
- [0.7] Office fédéral de l'environnement (éd.) (2014) : *Garantir l'approvisionnement en eau à l'horizon 2025.* Objectifs et mesures recommandées. OFEV, Berne, 8 p.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01764/index.html?lang=fr> (5.4.2016)

Chapitre 1

- [1.1] Office fédéral de l'environnement (éd.) (2012) : *Gestion par bassin versant.* Guide pratique pour une gestion intégrée des eaux en Suisse. OFEV, Connaissance de l'environnement, n° UW-1204-F, Berne.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01652/index.html?lang=fr> (5.4.2016)
- [1.2] Conseil d'État, canton de Fribourg (2013) : *Mise en œuvre de la loi sur les eaux.* Service de l'environnement, Service des points et chaussées, canton de Fribourg.
https://www.fr.ch/sen/files/pdf56/eaux_bulletin_2013_fr.pdf (5.4.2016)
- [1.3] Office fédéral de l'environnement (éd.) (2012). *Impacts des changements climatiques sur les eaux et les ressources en eau.* Rapport de synthèse du projet « Changement climatique et hydrologie en Suisse » (CCHydro). Connaissance de l'environnement, n° UW-1217-F, Berne, 76 p.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01670/index.html?lang=fr> (5.4.2016)

- [1.4] OCCR ; OFEV ; MétéoSuisse ; C2SM ; Agroscope ; ProClim (éd). (2014) : *CH2014 – Impacts. Toward quantitative scenarios of climate change impacts in Switzerland*. Berne. 140 p.
http://www.ch2014-impacts.ch/res/files/CH2014-Impacts_report.pdf (5.4.2016)
- [1.5] MétéoSuisse (éd.) (2014) : *Scénarios climatiques Suisse – un aperçu régional*. Rapport technique n° 243. 36 p. Berne.
<http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/30300.pdf> (5.4.2016)
- [1.6] Comité de direction PNR 61 (éd.) (2015) : *Gestion durable de l'eau en Suisse – Le PNR 61 montre les voies à suivre pour l'avenir*. Synthèse globale du Programme national de recherche PNR 61 « Gestion durable de l'eau ». Berne, 124 p.
http://vdf.ch/index.php?route=product/product&product_id=1755 (5.4.2016)

Chapitre 3

- [3.1] Björnsen Gurung, A. ; Stähli, M. (2014) : *Ressources en eau de la Suisse. Ressources disponibles et utilisation – aujourd'hui et demain*. PNR 61 – Synthèse thématique 1. Berne, 74 p.
http://www.nfp61.ch/SiteCollectionDocuments/nfp61_thematische_synthese_1_f.pdf (5.4.2016)

Chapitre 5

- [5.1] Freiburghaus, M. (2015) : *Wasserverbrauch. Sinkender Wasserabsatz im Schweizer Haushalt*. AQUA & GAS, n° 3/2015.
http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/Wasser-Eau/SVGW_Wasserverbrauch_Haushalt_AeG_3_2015.pdf (5.4.2016)
- [5.2] Fuhrer, J. ; Jasper, K. (2009) : *Besoins en irrigation en Suisse. Rapport Agroscope*, 75 p.
http://suissemelio.ch/files/aktuell/2010/02-BesoinsenirrigationenSuisse_Finale_lowres.pdf (5.4.2016)
- [5.3] Smith P.C. ; Calanca P. ; Fuhrer J. (2012) : *A Simple Scheme for Modeling Irrigation Water Requirements at the Regional Scale Applied to an Alpine River Catchment* : *Water*, 4, 869-886 : doi:10.3390/w4040869
- [5.4] MétéoSuisse, OFEG, OFEFP 2004) : *Auswirkungen des Hitzesommers 2003 auf die Gewässer*. Cahier de l'environnement n° 369 : 178 p.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00533/index.html?lang=fr> (24.04.2016)
- [5.5] Escher, M., et Büsser, P. (2013) : *Bachforellen in der Schweiz – Einfluss der Temperatur*. Zwischenbericht.
http://www.111er-club.ch/fileadmin/user_upload/Galerie/2013/GV_Unterwasser/Zwischenbericht_Temp__Buesser-Escher_Kurzversion_05_06_2013.pdf (5.4.2016)

Bibliographie des annexes

Annexe e) Détermination des ressources en eaux souterraines durablement disponibles

- [e.1] Astrid Björnsen Gurung und Manfred Stähli: *NFP 61 Nachhaltige Wassernutzung – Thematische Synthese 1. Wasserressourcen der Schweiz: Dargebot und Nutzung – heute und morgen*, 2014.
- [e.2] Office fédéral de l'environnement (2012) : *Zones de protection des eaux souterraines en roches meubles. Un module de l'aide à l'exécution protection des eaux souterraines*. L'environnement pratique n° 1207, Berne, 58 p.
- [e.3] D. Hunkeler, C. Möck, D. Käser, und P. Brunner: *Klimaeinflüsse auf Grundwassermengen*, Aqua & Gas, N° 11/2014, S. 43–49, 2014.
- [e.4] HOLINGER AG: *Regionale Wasserversorgungsplanung Kanton BL – Region 1 (Arllesheim) - Leitbild und Massnahmenplanung*. Amt für Umweltschutz und Energie BL, Fachstelle Wasserversorgung, 2013.
- [e.5] BAFU: *Grundlagen für die Wasserversorgung 2025 – Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen*, Umwelt-Wissen Nr. 1404, 2014.

Annexe f) Ressources durablement disponibles provenant des eaux de surface

- [f.1] UNA, Atelier für Naturschutz und Umweltfragen (en préparation) : *Gefährdung der gewässergebundenen Biodiversität in Trockenheitsperioden. IST-Zustand und Trendaussagen für das Smaragdgebiet Oberaargau*.
- [f.2] Reynard, E. ; Graefe, O. ; Rist, S. ; Schaedler, B. ; Schneider, F. ; Weingartner, R. (2013): MONTANAQUA. *Anticiper le stress hydrique dans les Alpes – Scénarios de gestion de l'eau dans la région de Crans-Montana-Sierre (Valais)*. Résultats finaux et recommandations. Publikation Gewässerkunde 600, Berne. (Illustration provisoire tirée de la synthèse thématique 1 du PNR 61
http://www.nfp61.ch/SiteCollectionDocuments/nfp61_thematische_synthese_1_d.pdf) (5.4.2016)
- [f.3] Umwelt und Energie Kanton Luzern (2013) : *Wasserentnahmen aus Gewässern ohne feste Einbauten*. Fiche technique.
- [f.4] Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (2004) : *Débits résiduels – quel bénéfice pour les cours d'eau ?* Cahier de l'environnement n° 358.
- [f.5] Office de l'économie hydraulique et énergétique du canton de Berne (éd.) (2004) : *Prélèvements d'eau dans les cours d'eau. Maintien des débits résiduels*.
http://www.bve.be.ch/bve/fr/index/wasser/wasser/wassernutzung/Trockenheit.assetref/dam/documents/BVE/AWA/fr/Eau%20d-usage/Brosch%C3%BCre%20Pr%C3%A9l%C3%A8vements%20d-eau%20dans%20les%20cours%20d-eau_2004.pdf (5.4.2016)

- [f.6] Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (2000) : *Débits résiduels convenables – Comment peuvent-ils être déterminés ?* Instructions. OFEFP, Berne.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00402/index.html?lang=fr> (5.4.2016)
- [f.7] Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (1997) : *Débits résiduels dans les cours d'eau. Prélèvements d'eau destinés en particulier à l'irrigation.* Informations concernant la protection des eaux, n° 24, L'environnement pratique, OFEFP, Berne.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00362/index.html?lang=fr> (5.4.2016)
- [f.8] Géoportail du canton de Berne : Prélèvements d'eau dans les cours d'eau superficiels.
http://www.apps.be.ch/geo/index.php?tmpl=index&option=com_easysdi_catalog&Itemid=46&context=geocatalog&toolbar=1&task=showMetadata&type=complete&id=9b866ded-a805-455f-a2d6-79c0c66cffe4&lang=fr
- [f.9] Office fédéral de l'environnement (2011) : *Liste des espèces prioritaires au niveau national. Espèces prioritaires pour la conservation au niveau national, état 2010.* OFEV, L'environnement pratique, n° 1103, 132 p.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01607/index.html?lang=fr>

Annexe h) Exemples de représentation des concessions et de l'exploitation de ressources en eau

- [h.1] Canton de Schaffhouse (éd.) (2009) : *Wasserwirtschaftsplan Teil Klettgau.*
http://www.interkantlab.ch/fileadmin/filessharing/dokumente/Berichte/Wasser/WWP_Klettgau.PDF (10.2.2016)
- [h.2] Amt für Umwelt des Kantons Thurgau (éd.) (2012) : *Wassernutzung im Thurgau.*
http://www.umwelt.tg.ch/documents/Wassernutzung_im_TG.pdf
- [h.3] Amt für Umwelt des Kantons Thurgau (éd.) (2011) : *Trinkwasser im Thurgau.*
http://www.umwelt.tg.ch/documents/Trinkwasser_im_Thurgau.pdf

Annexe i) Détermination des besoins en eau des réseaux publics d'approvisionnement

- [5.1] Freiburghaus, M. (2015) : *Wasserverbrauch. Sinkender Wasserabsatz im Schweizer Haushalt.* AQUA & GAS, n° 3/2015
http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/Wasser-Eau/SVGW_Wasserverbrauch_Haushalt_AeG_3_2015.pdf (5.4.2016)
- [i.1] Office des eaux et des déchets (OED) du canton de Berne (éd.) (2011) : *Plan général d'alimentation en eau – Directive PGA 2011.*
http://www.bve.be.ch/bve/fr/index/wasser/wasser/wasserversorgung/planung_gwp.assetref/dam/documents/BVE/AWA/fr/SWW_VW2011_GWP_fr_Leitfaden.pdf (5.4.2016)

- [i.2] Lebensmittelministerium Österreich (2010) : *Studie Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Teil 1: Literaturstudie zum Wasserverbrauch – Einflussfaktoren, Entwicklung und Prognosen*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Vienne.
<https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:00070937-0320-4544-b6a4-320325dcfd86/Wasserverbrauch%20Wasserbedarf%20Literaturstudie.pdf>
(22.04.2016)http://www.bmlfuw.gv.at/publikationen/wasser/wasserwirtschaft_wasserpolitik/wasserverbrauch_und_wasserbedarf.html
- [i.3] Scheele, U. ; Malz S. (2004) : « Wassernutzung und Eingriffe des Menschen in den Wasserhaushalt. » in : Lozán J. L., Graßl H., Huper P., Menzel L., Schönwiese C.-D. (éd.) 2004 : *Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle?*, pp. 91–95.
http://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user_upload/wire/fachgebiete/wipol/download/scheele.pdf (5.4.2016)
- [i.4] Deutscher Verein des Gas und Wasserfaches (éd.) 2008 : *Arbeitsblatt W410 : Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen*.
- [i.5] Législation sur les denrées alimentaires pertinente en matière d'eau potable :
loi fédérale du 9 octobre 1992 sur les denrées alimentaires et les objets usuels (LDAI, RS 817.0),
ordonnance du 23 novembre 2005 sur les denrées alimentaires et les objets usuels (ODAI0US, RS 817.02),
ordonnance du DFI du 26 juin 1995 sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires (OSEC, RS 817.021.23),
ordonnance du DFI du 23 novembre 2005 sur l'eau potable, l'eau de source et l'eau minérale (RS 817.022.102).
- [i.6] Holinger (2014) : *Regionale Wasserversorgungsplanung Kanton BL – Region 3 (Sissach)*. Situationsanalyse. Amt für Umweltschutz und Energie BL, Fachstelle Wasserversorgung.
http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/aue/wasser/wasserversorgung/wasserversorgung_region-3_situationsanalyse.pdf (5.4.2016)

Annexe j) Détermination des besoins en eau d'irrigation

- [j.1] C2SM ; MétéoSuisse ; EPF ; NCCR Climate ; OcCC (2011) : *Swiss Climate Change Scenarios CH2011*, Zurich. 88 p.
- [5.3] Smith, P.C. ; Calanca, P. ; Fuhrer, J. (2012) : *A simple scheme for modeling irrigation water requirements at the regional scale applied to an alpine river catchment*. *Water*, 4, p. 869-886.
- [j.2] Smith, P.C. ; Heinrich, G. ; Suklitsch, M. ; Gobiet, A. ; Stoffel, M. ; Fuhrer, J. (2014) : *Station-scale bias correction and uncertainty analysis for the estimation of irrigation water requirements in the Swiss Rhone catchment under climate change*. *Climatic Change*, DOI 10.1007/s10584-014-1263-4.
- [j.3] Allen, R.G. ; Pereira, L.S. ; Raes, D. ; Smith, M. (1998) : *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Rome. 300 p.

- [j.4] Fuhrer, J. ; Smith, P.C. (2015) : *Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft*: Agroscope im Auftrag des Kantons Basel-Landschaft, 28 p.

Annexe k) Détermination des besoins en eau pour l'enneigement

- [k.1] Office fédéral de l'énergie (OFEN ; éd.) (2009) : *Energetische Bedeutung der technischen Pistenbeschneigung und Potentiale für Energieoptimierung. Schlussbericht.*
<http://www.seilbahnen.org/de/index.php?section=downloads&category=68> (10.2.2016)
- [k.2] Teich, M. ; Lardelli, C. ; Bebi, P. ; Gallati, D. ; Kytzia, S. ; Pohl, M. ; Pütz, M. ; Rixen, C. (2007) : *Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneigung.* Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL), Birmensdorf. 169 p.
www.wsl.ch/publikationen/pdf/8408.pdf (10.2.2016)
- [k.3] Weingartner, R. ; Schädler, B. Reynard, E. ; Bonriposi, M. Graefe, O. ; Herweg, K. ; Homewood, C. ; Huss, M. ; Kauzlaric, M. ; Liniger, H. ; Rey, E. ; Rist, St. ; Schneider, F. (2013) : *MontanAqua: Wasserbewirtschaftung in Zeiten von Knappheit und globalem Wandel Wasserbewirtschaftungsoptionen für die Region Crans-Montana-Sierre im Wallis.* Rapport de recherche dans le cadre du Programme national de recherche PNR 61, Berne.
http://www.hydrologie.unibe.ch/projekte/2014_MontanAqua_Forschungsbericht_NFP-61_D.pdf (10.2.2016)

Annexe l) Exemple d'application simple dans les cantons

- [l.1] INTEGRALIA et Hunziker Betatech (2015) : *Wasserknappheit im Kanton Bern bei Trockenheit, Bestimmung von Regionen mit Handlungsbedarf, Pilotanwendung des Expertenberichtes zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz [...].* Rapport élaboré sur mandat de l'Office des eaux et des déchets (OED) du canton de Berne. Berne. 34 p. et 56 p. d'annexes (non publié).
- [l.2] INTEGRALIA (2015) : Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (AKV), Projekt Wasserknappheitskarten Vierwaldstättersee, *Dokumentation des 2. Workshops.* Berne. 9 p. et 24 p. d'annexes (non publié).

ANNEXE b) Définition ou explication de termes importants

1	Objectifs de l'annexe	1
2	Définition ou explication de termes importants – <i>Wichtige Begriffe</i>	2

1 Objectifs de l'annexe

Cette annexe poursuit deux objectifs :

- Elle regroupe les termes du rapport qui sont importants ou qui ont une signification particulière, les définit et les explique.
- Elle en donne la traduction allemande.

2 Définition ou explication de termes importants – *Wichtige Begriffe*

Terme	Définition ou explication	Begriff
Approvisionnement en eau privé	Les approvisionnements en eau privés servent uniquement des intérêts privés, et non publics. Les ressources en eau qu'elles exploitent ne sont donc pas soumises aux exigences de protection de la législation fédérale.	<i>Private Wasserversorgung</i>
Approvisionnement en eau public	Les approvisionnements en eau publics servent des intérêts publics. Les ressources en eau qu'elles exploitent sont donc soumises aux exigences de protection de la législation fédérale.	<i>Öffentliche Wasserversorgung</i>
Bassin à évaluer	Les périmètres d'évaluation entre besoins et ressources durables en eau, objets du présent rapport, sont appelés bassins à évaluer . Il s'agit en général de bassins versants des eaux de surface et/ou des eaux souterraines. Ces bassins à évaluer résultent d'une subdivision du canton telle que proposée à la section 1.4. du présent rapport.	<i>Bilanzierungsraum</i>
Besoin d'agir	Dans ce rapport, le besoin d'agir définit la nécessité d'entreprendre une planification régionale des ressources en eau dans un bassin donné. Il est établi à partir des matrices présentées dans les figures 9 et 10 du rapport.	<i>Handlungsbedarf</i>
Consommation d'eau Utilisation de l'eau (sans consommation)	En matière de pénurie d'eau, il convient de distinguer la consommation d'eau et l'utilisation de l'eau. La consommation d'eau (par captage d'eau superficielle ou souterraine, p. ex. pour l'eau potable ou l'irrigation) conduit à une réduction de l'eau disponible en aval, puisqu'elle n'est pas restituée au milieu d'où elle a été prélevée, ou seulement très indirectement. L' utilisation de l'eau (p. ex. pour la production hydroélectrique) ne réduit pas globalement la quantité d'eau disponible, mais peut en changer les caractéristiques (qualité, température, régime etc.)	<i>Konsumtive und nicht konsumptive Wassernutzung</i>
Écologie des eaux	Dans ce rapport, l' écologie des eaux comprend aussi la biodiversité des milieux liés à l'eau situés à proximité des cours d'eau.	<i>Ökologie der Gewässer</i>
Gravité	Pour un problème donné, la gravité indique l'intensité des conséquences d'une pénurie d'eau. La gravité est définie selon une échelle telle que celle proposée dans l'exemple de la figure 8 du rapport. La gravité intervient directement dans l'appréciation du besoin d'agir.	<i>Ausprägung</i>
Gestion [intégrée] par bassin versant (GIB)	Gestion globale et intersectorielle des eaux d'un bassin versant (en général le bassin versant d'un cours d'eau). Aussi appelée „gestion intégrée des ressources en eau (GIRE). Voir [1.1] pour une définition complète du terme et des indications sur les méthodes y relatives.	<i>[integrale] Einzugsgebietsmanagement (IEM)</i>
Pénurie d'eau	La réponse du Conseil fédéral au postulat Walter [3] définit une pénurie d'eau comme un phénomène de gestion des eaux qui s'exprime par un déséquilibre entre les ressources en eau disponibles (offre) et les besoins en eau (consommation, utilisation, besoins des écosystèmes). Lors de pénuries d'eau, les ressources en eau disponibles ne permettent pas de couvrir les besoins – au moins de manière temporaire. En Suisse, les pénuries d'eau, en tant que phénomènes limités dans le temps, ont un caractère essentiellement local. La méthodologie proposée dans ce rapport prévoit d'élaborer des cartes indicatives de pénuries d'eau : voir la figure 11 .	<i>Wasserknappheit</i>

Terme	Définition ou explication	Begriff
Problème	<p>Dans ce rapport, un problème est :</p> <ul style="list-style-type: none"> • un conflit entre la consommation d'eau et l'utilisation de l'eau, d'une part, et l'exploitation durable des ressources en eau souterraines d'autre part (p. ex. leur surexploitation), • un conflit avec l'écologie des eaux superficielles, • une superposition de différentes exploitations des eaux qui peuvent mener à des situations de concurrence entre elles. <p>La figure 5 propose une liste – non exhaustive – des problèmes les plus courants identifiés en situation de sécheresse.</p>	<i>Problemfeld</i>
Pertinence	<p>La pertinence indique l'importance ou la portée d'un problème dans un bassin donné – mais pas son intensité. La pertinence est définie selon une échelle telle que celle proposée dans l'exemple de la figure 7 du rapport. La pertinence intervient directement dans l'appréciation du besoin d'agir.</p>	<i>Relevanz</i>
Ressources en eaux souterraines durablement disponibles	<p>La notion de „ressources en eaux souterraines durablement disponibles“ est définie à l'annexe e). En résumé : du point de vue quantitatif, on considère en Suisse que l'exploitation de l'eau est durable pour autant qu'elle ne dépasse pas les ressources renouvelables. L'exploitation durable de l'eau a pour objectif de préserver les principales propriétés de la ressource eau, sa stabilité et sa capacité naturelle de régénération</p>	<i>Nachhaltig verfügbare Grundwasserressource</i>
Ressources en eaux de surface durablement disponibles	<p>L'annexe f) contient une liste des conditions cadres légales et de divers critères techniques qui définissent comment déterminer les ressources en eaux de surface durablement disponibles. Cette annexe montre qu'il existe plusieurs manières de procéder pour se conformer à ces exigences.</p>	<i>Nachhaltig verfügbare Ressourcen aus Oberflächengewässern</i>
Sécheresse	<p>La sécheresse est un phénomène hydrométéorologique qui s'exprime par une réduction temporaire de la disponibilité de l'eau, p. ex. suite à une réduction des précipitations et à une augmentation de l'évaporation. La sécheresse peut être un important déclencheur de pénuries d'eau, mais elle n'est pas le seul.</p>	<i>Trockenheit</i>

Annexe c)

Données disponibles au niveau national ou dont la collecte est exigée par la loi

1	Plateformes généralistes	2
2	Ressources en eau	3
3	Exploitation des eaux	4
4	Besoins en eau	4
	Tableau 1: Données prescrites aux cantons par la législation fédérale (exigences minimales)	5

1 Plateformes généralistes

Geoportail de la Confédération

<https://map.geo.admin.ch>

GEWISS, système d'information des cours d'eau suisses (contient entre autres des bassins versants préprogrammés pour pouvoir être combinés entre eux en bassins versants plus grands) → intégré dans le Geoportail de la confédération

Web-SIG de l'OFEV

<https://map.bafu.admin.ch/>

Geographic Catalogue: banque de métadonnées pour la géoinformation

<http://www.geocat.ch>

Swiss Karst Management (Projet PNR61, données 3D sur les karsts)

<http://swisskarst.ch/index.php/fr/>

Atlas climatologique de la Suisse et divers produits de MeteoSuisse

<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/fr/home/products/atlas/clima.html>

<http://www.meteosuisse.admin.ch/home.html?tab=overview>

Office fédéral de la statistique

<http://www.bfs.admin.ch/>

Plateforme sécheresse (Projet PNR61, informations de base et prévisions, y c. un indice d'aridité 1980-2009 calculé dans l'optique de fournir un bilan P-E simplifié, format raster)

www.drought.ch/

Swissfire – la base de données suisse sur les incendies de forêt

http://www.waldwissen.net/waldwirtschaft/schaden/brand/wsl_waldbranddatenbank/index_FR

2 Ressources en eau

HADES, Atlas hydrologique de la Suisse

<http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/10148/index.html?lang=de>

Géodonnées sur la subdivision de la Suisse en bassins versant

<http://www.bafu.admin.ch/ezgg-ch>

swissTLM3D: Réseau hydrographique de la Suisse

<http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/landscape/swissTLM3D.html>

Typologie des cours d'eau suisses:

<http://www.bafu.admin.ch/gewaesserschutz/01267/13095/index.html?lang=de>

Base de données des débits d'étiage NQStat:

<http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01834/02051/index.html?lang=de>

Débit mensuels et annuels moyens et régimes hydrologiques en format raster

<http://www.bafu.admin.ch/hydrologie/01835/12595/index.html?lang=de>

Modélisations de débits avec scénarios climatiques du projet CCHydro

<https://hydro.slf.ch/sihl/cchydro/#>

Études sur les conséquences possibles des changements climatiques en Suisse, CH2014-Impacts

www.ch2014-impacts.ch

Cartes hydrogéologiques, versions digitales, ainsi que 1:100'000 & 1:500'000

<http://www.bafu.admin.ch/grundwasser/07508/07704/index.html?lang=de>

Surveillance nationale des eaux souterraines NAQUA

<http://www.bafu.admin.ch/grundwasser/07498/index.html?lang=de>

Aquifères Suisses (disponibles auprès des cantons et, pour l'ensemble de la Suisse, auprès de l'OFEV)

Typologie des régimes hydrogéologiques

http://www.bafu.admin.ch/grundwasser/07506/index.html?lang=en&download=NHZLpZeg7t,lnp6i0NTU042i2Z6ln1ad1lZn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCGeYF9fGym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A--

Carte des aptitudes des sols de la Suisse

<http://www.blw.admin.ch/dienstleistungen/00334/00337/>

Sols-types et cartes pédologiques de la Suisse

http://www.agroscope.admin.ch/systemes-cultures/02446/02478/index.html?lang=de#sprungmarke0_9

3 Exploitation des eaux

Carte de protection des eaux et atlas de l'approvisionnement en eau (disponibles auprès des cantons, correspond à une exigence légale)

Directives et réglementations de la SSIGE
<http://www.svgw.ch/index.php?id=4&id=4&L=1>

Office fédéral de la statistique, utilisation et couverture du sol (statistiques de la superficie et diverses autres cartes)
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/02/03.html>

4 Besoins en eau

Statistique sur la consommation d'eau de la SSIGE:
<http://www.svgw.ch/index.php?id=730&L=1>

Besoins en eau de l'économie suisse
<http://www.trinkwasser.ch/dt/html/download/pdf/gesamtwasserbedarf.pdf>

Scénarios de développement de la population en Suisse, 2010-2060
<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/news/publikationen.html?publicationID=3989>

Rapport sur l'état de l'irrigation, 2006
<http://www.blw.admin.ch/themen/00010/00071/00230/index.html?lang=fr>

Fuhrer 2010: Abschätzung des Bewässerungsbedarfs in der Schweizer Landwirtschaft: Theoretischer Bewässerungsbedarf der Landwirtschaft für die Periode 1980-2006 und in Extremjahren Jahren, Methodik und Gesamtsynthese (Datensatz im Rasterformat)
<http://www.agroscope.ch/publikationen/einzelpublikation/index.html?lang=de&aid=26436&pid=26884>

Indice d'aridité 1980-2009: bilan précipitations-évapotranspiration, format raster, pour toute la Suisse
http://www.drought.ch/Klima/Ariditaet/index_DE

Carte des débits résiduels 1:200'000, Prélèvements et restitutions d'eau, 2007
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00052/index.html?lang=fr>

Statistique des aménagements hydroélectriques de la Suisse
http://www.bfe.admin.ch/themen/00490/00491/index.html?lang=fr&dossier_id=01049

Association suisse pour l'aménagement des eaux (divers documents)
<http://www.swv.ch/Fachinformationen/Wasserkraft-Schweiz/Kraftwerkspark>

inventaire des prélèvement d'eau INVENT, disponible sous : map.bafu.admin.ch/

Office fédéral de la statistique: Irrigation des terres ouvertes dans les exploitations agricoles, 2010
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/bzs1z/01.html

Tableau 1: Données prescrites aux cantons par la législation fédérale (exigences minimales)

LEaux	art. 58 al. 2 (Loi sur la protection des eaux)	Les cantons dressent un inventaire des nappes souterraines et des installations servant à l'approvisionnement en eau. L'inventaire est public, à moins que les intérêts de la défense nationale ne requièrent le secret
LEaux	art. 82	Les cantons dressent l'inventaire des prélèvements d'eau existants.
OEaux	art. 30 (Ordonnance sur la protection des eaux)	Cartes de protection des eaux Les cantons établissent des cartes de protection des eaux et les adaptent en fonction des besoins. Ces dernières comportent au moins : a. les secteurs de protection des eaux ; b. les zones de protection des eaux souterraines ; c. les périmètres de protection des eaux souterraines ; d. les résurgences, les captages et les installations d'alimentation artificielle importants pour l'approvisionnement en eau. Les cartes de protection des eaux sont accessibles au public. Les cantons remettent à l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et à chaque canton limitrophe concerné les cartes de protection des eaux et chaque année leur actualisation sous forme numérique.
OEaux	art. 36-40	Précisions concernant les données de l'inventaire des prélèvements d'eau existants selon art. 82 LEaux
OAEC	art. 8 (Ordonnance sur la garantie de l'approvisionnement en eau potable en temps de crise)	Atlas de l'approvisionnement en eau Les cantons dressent l'inventaire des installations d'approvisionnement en eau, des nappes souterraines et des sources qui se prêtent à l'approvisionnement en eau potable en temps de crise. Ces inventaires comporteront notamment des indications sur : a. le débit et la qualité des nappes d'eau souterraines et des sources ; b. les fontaines à jet continu ; c. les captages d'eau dans des lacs ou des rivières ; d. les stations de pompage des eaux souterraines ; e. les captages de secours d'eaux souterraines et les forages de reconnaissance ; f. les réservoirs ; g. les installations de pompage ; h. les béliers hydrauliques ; i. les réseaux de canalisation. Les cantons reportent ces informations sur les feuilles au 1:25 000e de la carte nationale et les tiennent régulièrement à jour. Les feuilles seront numérotées et classifiées par les cantons, selon les directives de l'Office fédéral de l'environnement ¹ (office fédéral), puis transmises à l'office. Ce dernier les retransmettra aux autres cantons concernés et aux services fédéraux intéressés
LFH	art 29a (Loi fédérale sur l'utilisation des forces hydrauliques)	Statistiques et recherches La Confédération établit, en collaboration avec les cantons, les statistiques nécessaires à l'exécution de la présente loi. Elle élabore en particulier des tableaux sur l'ensemble des aménagements hydroélectriques existants ainsi que sur l'ensemble des prélèvements et restitutions d'eau.
OGN	art. 5 al. 1 lit. b (Ordonnance sur la géologie nationale)	La géologie nationale met à disposition les données et informations géologiques d'intérêt national suivantes : b. présence et la nature de réservoirs d'eaux souterraines

Annexe d) Cartes des anomalies de précipitations 1976 – 2015

Une contribution de MétéoSuisse.

Auteurs: Dr. Simon Scherrer, Dr. Christophe Spirig

1	Objectif de l'annexe et introduction	2
2	Cartes saisonnières et annuelles pour les années 1976 – 2015	3
3	Cartes mensuelles pour les années sèches 2003, 2011 et 2015	7

1 Objectif de l'annexe et introduction

Cette annexe constitue en quelques sortes un „*Cadastre des évènements de sécheresse en Suisse*“.

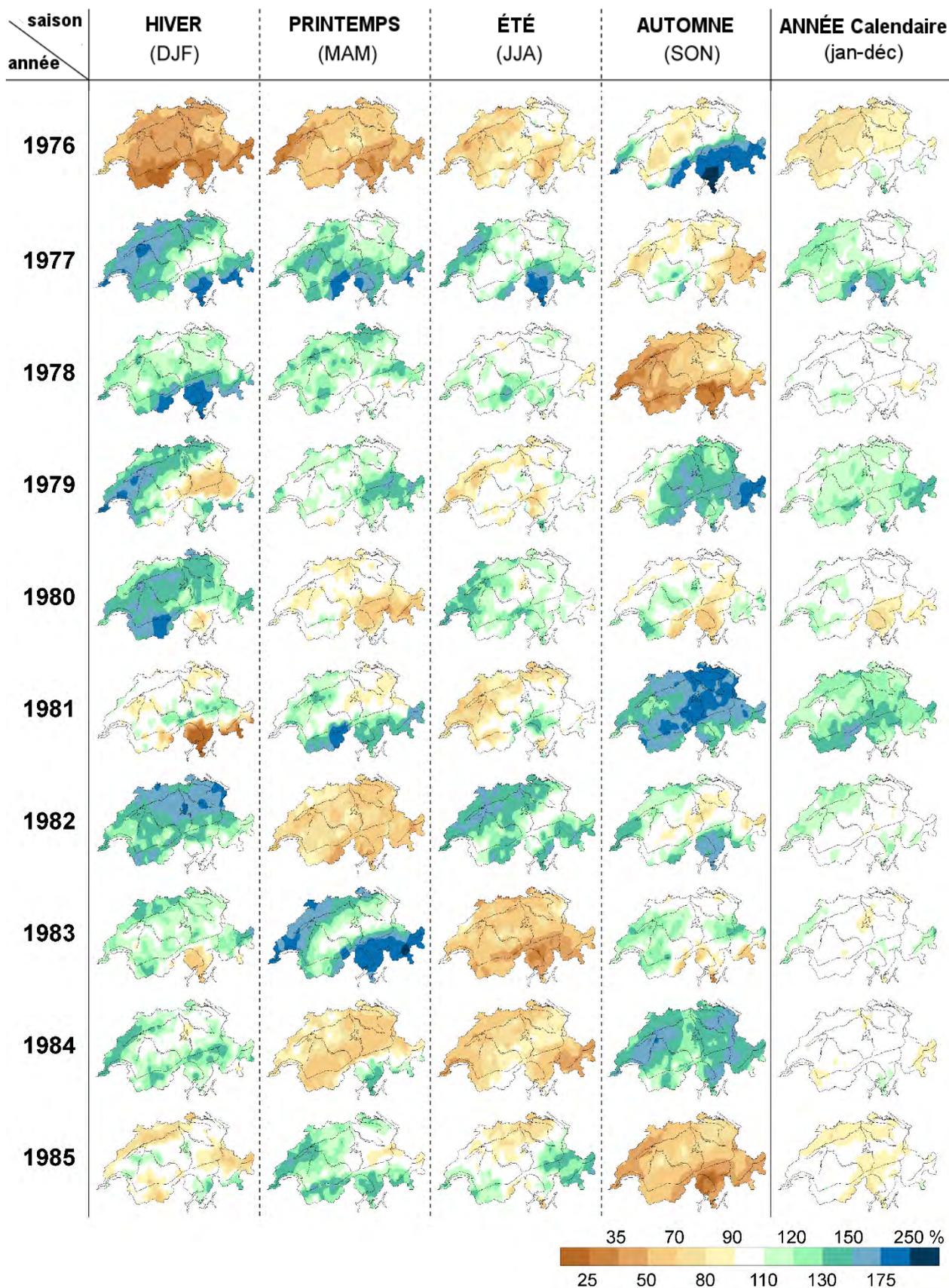
Elle peut servir entre autres comme aide dans l'approche fondée sur l'expérience et les évènements proposée au chapitre 1.5 du rapport.

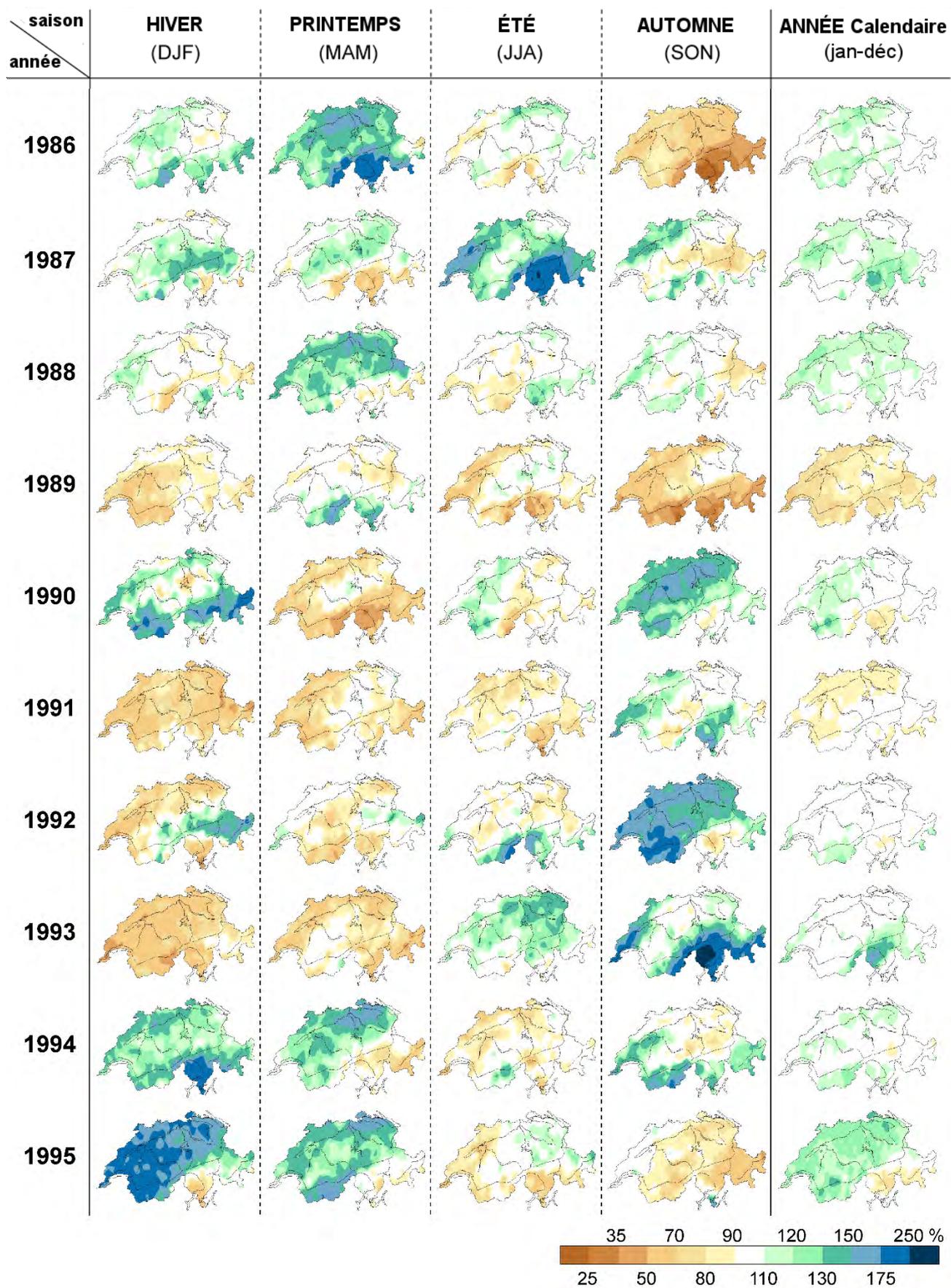
Les cartes saisonnières et annuelles représentent la différence des précipitations de chaque saison et année par rapport à la moyenne de 1961 – 1990 (norme), en pourcents, pour les années 1976 à 1985.

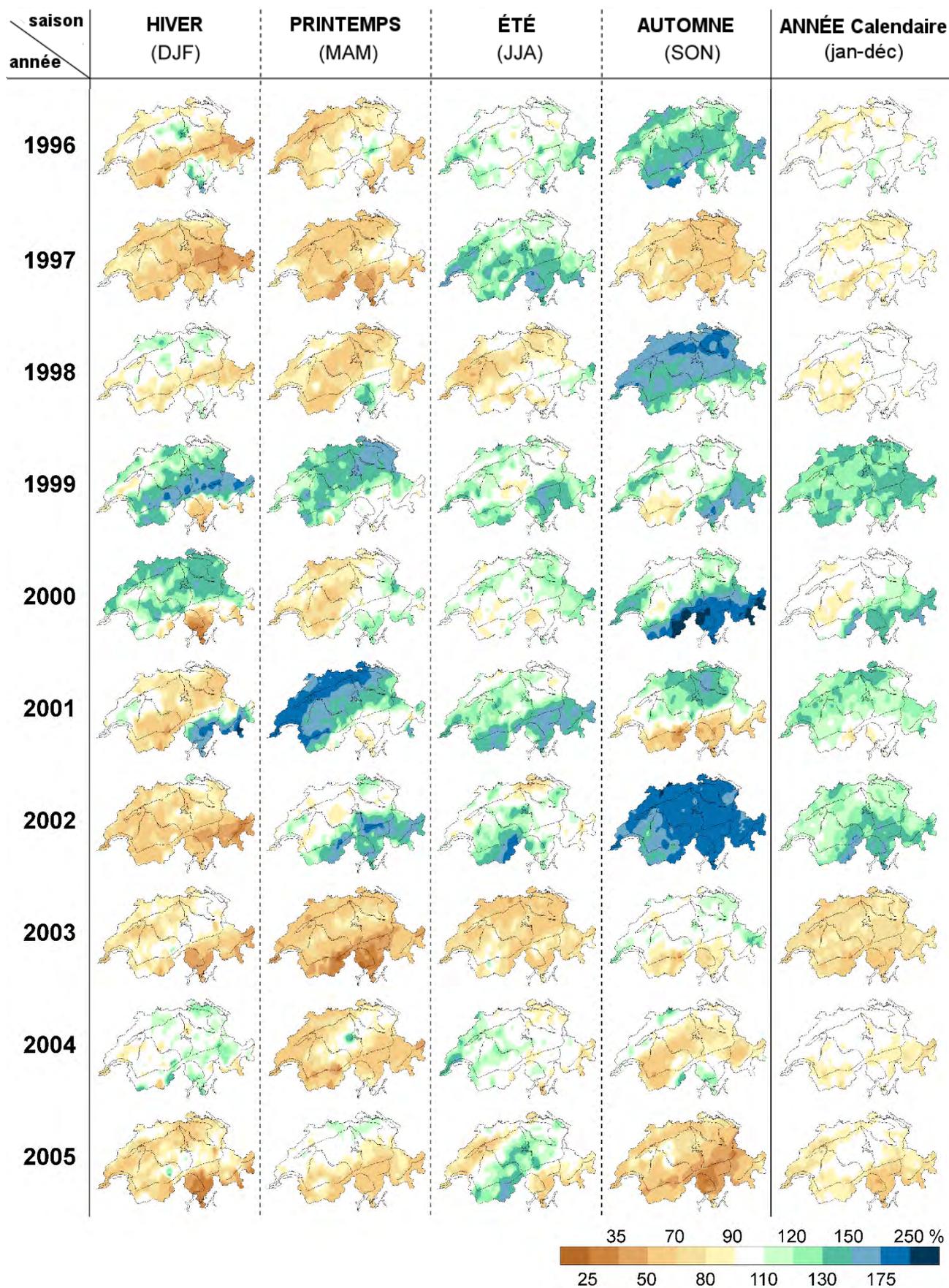
Pour les années sèches 2003, 2011 et 2015, des cartes mensuelles sont présentées en fin d'annexe.

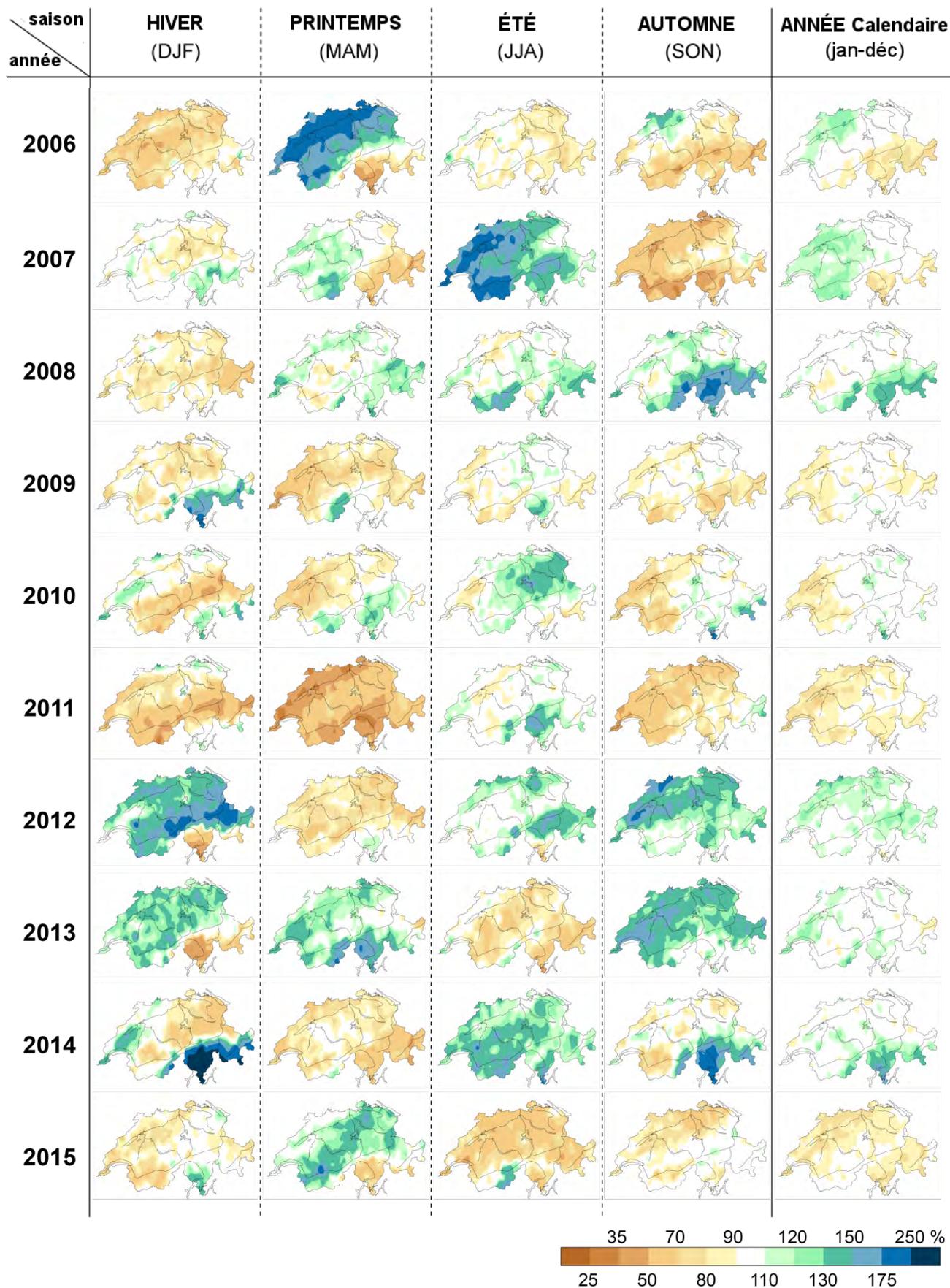
Ces cartes ont été élaborées par MétéoSuisse à la demande de l'OFEV.

2 Cartes saisonnières et annuelles pour les années 1976 – 2015



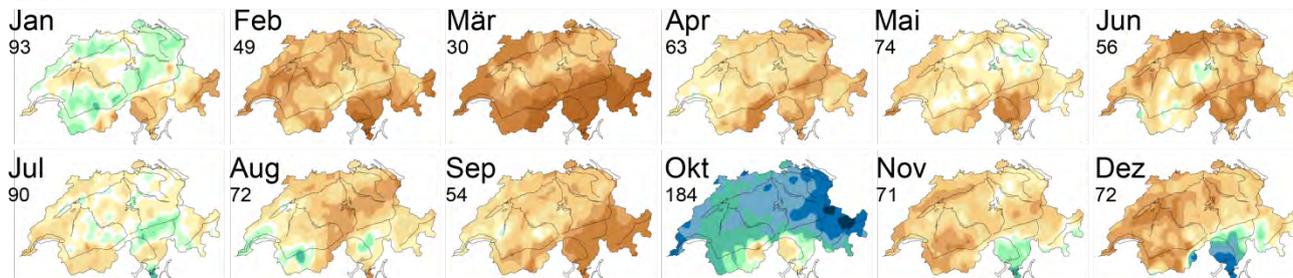




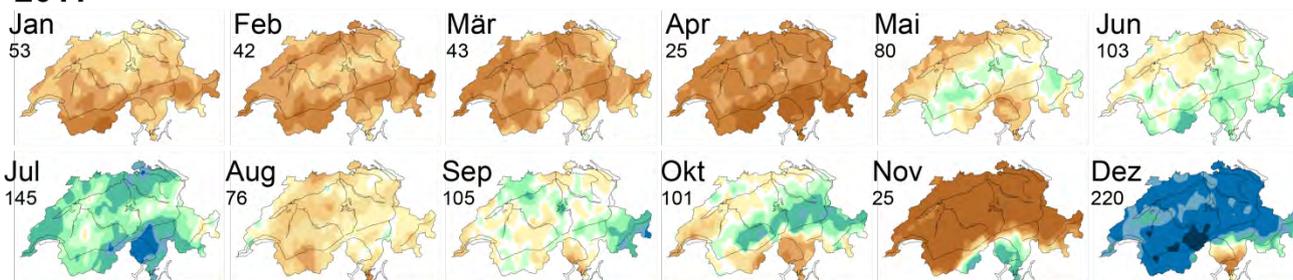


3 Cartes mensuelles pour les années sèches 2003, 2011 et 2015

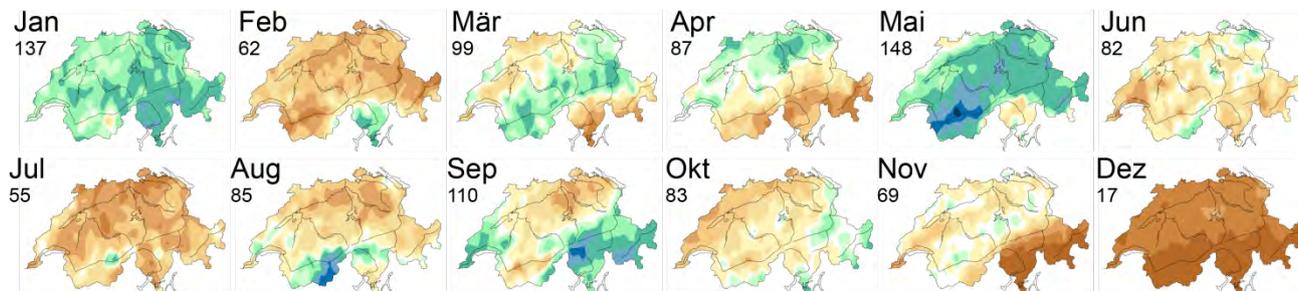
2003



2011



2015



ANHANG e)

Bestimmung der nachhaltig verfügbaren Grundwasserressourcen

Ein Beitrag der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrogeologie SGH

Autoren: Olga Darazs / Eric Di Gioia / Michael Sinreich

Dieser Anhang ist eine Zusammenfassung des separat zur Verfügung gestellten Berichts der Arbeitsgruppe „Grundwasser als Element im integralen Wassermanagement“ der Schweizerischen Gesellschaft für Hydrogeologie SGH: *Bases hydrogéologiques pour une gestion durable des eaux souterraines*, CSD Ingénieurs SA & SGH, 2015.

1	Ziele des Anhangs	2
1.1	Leitfragen	2
1.2	Ergebnisse	2
2	Definition von nachhaltiger Nutzung	3
2.1	Nachhaltige Nutzung von Wasserressourcen	3
2.2	Nachhaltige Nutzung eines Grundwasservorkommens	3
3	Informationen und Instrumente	4
3.1	Erforderliche Grundlagen	4
3.2	Erstellung Wasserbilanz	4
4	Vorgehen zur Abschätzung einer nachhaltigen Nutzung	6
4.1	Basiserhebung zur Anfälligkeit gegenüber Trockenheit	6
4.2	Detailstudie zur Nutzung bei Trockenheit	8
5	Allgemeine Empfehlungen	10
5.1	Monitoring / Auswertung historischer Daten	10
5.2	Identifizierung von Neubildungsflächen	10
5.3	Konzessionswassermenge für eine nachhaltige Nutzung	10
5.4	Prinzip der zwei Standbeine	10
6	Literatur	11

1 Ziele des Anhangs

1.1 Leitfragen

Wie ist der Begriff der Nachhaltigkeit in Bezug auf die Nutzung von Grundwasserressourcen respektive eines Grundwasservorkommens über einen längeren Zeitraum, d.h. inklusive Trockenheitsperioden, zu definieren?

Welche Informationen und Instrumente werden für die Abschätzung des Grundwasserdargebots und als Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung benötigt?

Wie ist vorzugehen, um Grundwasservorkommen, die gegenüber Trockenheit anfällig sind, zu identifizieren und adäquat zu nutzen?

1.2 Ergebnisse

In diesem Anhang werden die für eine Abschätzung des Grundwasserdargebots relevanten Grundlagen und Instrumente zusammengestellt und beschrieben. Darauf aufbauend wird ein Vorgehen vorgeschlagen, mit dem sich zunächst gegenüber Trockenheit empfindliche Grundwasserressourcen identifizieren und klassieren lassen. Mittels einer zusätzlichen Detailstudie kann dann bestimmt werden, welche Wasserentnahmen zulässig sind, um eine nachhaltige Nutzung eines Grundwasservorkommens während einer Trockenperiode und längerfristig zu gewährleisten.

2 Definition von nachhaltiger Nutzung

2.1 Nachhaltige Nutzung von Wasserressourcen

Eine Definition der nachhaltigen Nutzung von Wasserressourcen findet sich im Synthesebericht Nr. 1 des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61 „Nachhaltige Wassernutzung“ [e.1]:

„Quantitativ betrachtet man in der Schweiz die Wassernutzung als nachhaltig, solange die Nutzung die erneuerbaren Wasserressourcen nicht übersteigt. (...) Ob die Wassernutzung nachhaltig ist, kann allerdings nur unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten bestimmt werden. Für eine nachhaltige Wassernutzung reicht jedoch die ausschliessliche Betrachtung von Wasserverbrauch und -nutzung nicht aus. Neben gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Ansprüchen gilt es, auch die ökologischen Ansprüche zu berücksichtigen. Ziel der nachhaltigen Wassernutzung ist die Erhaltung der wesentlichen Eigenschaften der Ressource Wasser, ihrer Stabilität und der natürlichen Regenerationsfähigkeit.“

2.2 Nachhaltige Nutzung eines Grundwasservorkommens

Das **Grundwasserdargebot** ist die Wassermenge, die einem Grundwasservorkommen über einen längeren Zeitraum im Mittel entnommen werden kann, ohne dass es zu einer Entleerung des Systems kommt. Es entspricht der Grundwasserneubildung mit den positiven Grössen der Wasserbilanz.

Das **nachhaltig nutzbare Grundwasserdargebot** ist die verfügbare Wassermenge, die dem Vorkommen über einen längeren Zeitraum entzogen werden kann, ohne dass sich dies auf das mittlere Grundwasservolumen und die Ökosysteme, die von den Zuflüssen aus dem betreffenden Grundwasserleiter abhängig sind, negativ auswirkt. In der Praxis wird davon ausgegangen, dass eine Entnahme von bis zu 20% der mittleren Grundwasserneubildung als nachhaltig anzusehen ist [e.2]. Es handelt sich dabei um einen Überschlagswert, der stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängt.

Eine nachhaltige Nutzung von Grundwasserressourcen erfordert

- ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserneubildung und des diversen Wasserbedarfs (Abbildung 1);
- den Erhalt einer guten Grundwasserqualität.

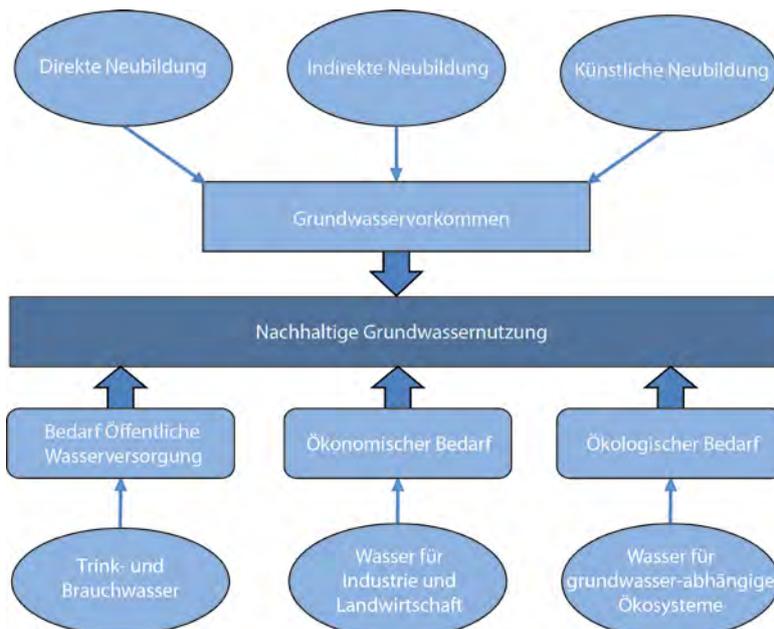


Abbildung 1: Elemente einer nachhaltigen Nutzung des Grundwassers.

3 Informationen und Instrumente

3.1 Erforderliche Grundlagen

Für eine Abschätzung des Grundwasserdargebots sind mindestens folgende Grundlageninformationen erforderlich:

- **Abgrenzung des Grundwasserleiters und seines Einzugsgebiets** (das hydrogeologische Einzugsgebiet kann vom topographischen Einzugsgebiet abweichen, insbesondere bei Grundwasservorkommen ausserhalb von Talsohlen);
- **Niederschlagsmengen** innerhalb des Einzugsgebiets;
- **Grundwasserstände** im gesamten Grundwasservorkommen;
- **Entnahmemengen** an Förderbrunnen bzw. **Quellschüttungen**;
- **Volumina von Oberflächenwasser-Infiltration und Grundwasser-Exfiltration**, insbesondere während Trockenheitssituationen;
- **Physikochemische Parameter**;
- **Historische Daten** (z.B. für Trockenjahre wie 2003 und 2011).

Ein repräsentatives und umfassendes Monitoring, welches das gesamte Grundwasservorkommen und dessen Einzugsgebiet abbildet (Grundwasserstände, Abflüsse, Wasserqualität), ist die Voraussetzung für die Kenntnis und damit adäquate Nutzung der Grundwasserressourcen.

3.2 Erstellung Wasserbilanz

Die Wasserbilanz ist das grundlegende Instrument für eine Abschätzung des Grundwasserdargebots. Sie entspricht der Differenz aus den Grundwasserzuflüssen (Neubildung) und den Abflüssen (inklusive Entnahmen innerhalb eines bestimmten Raums (Einzugsgebiet) und über eine gegebene Zeitspanne (Abbildung 2).

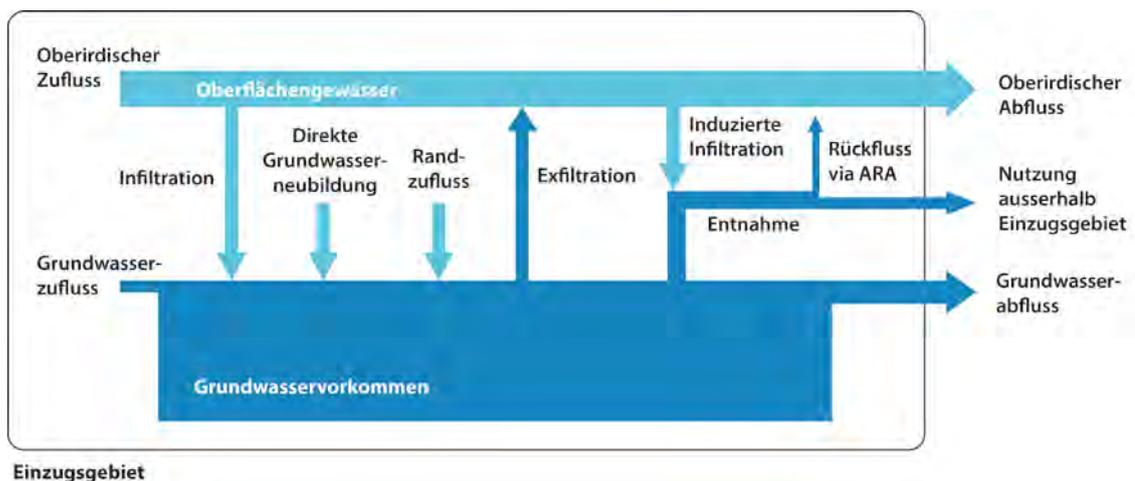


Abbildung 2: Schematische Wasserbilanz eines Lockergesteins-Grundwasserleiters in Interaktion mit einem Fließgewässer [e.3].

4 Vorgehen zur Abschätzung einer nachhaltigen Nutzung

Bei einer Trockenheit handelt es sich eine längere Periode ohne bzw. mit im Vergleich zum langjährigen Mittel deutlich reduzierten Niederschlägen. In Bezug auf die Grundwasserressourcen hat eine Trockenheit unter natürlichen Bedingungen mehr oder weniger grosse Auswirkungen auf die direkte und indirekte Grundwasserneubildung und führt in der Regel zu einer Zehrung am Grundwasservorrat über diesen Zeitraum.

Demzufolge sind zunächst gegenüber Trockenheit anfällige Grundwasserressourcen zu identifizieren, und die sensiblen Vorkommen dann genauer hinsichtlich Trockenheitsauswirkungen zu untersuchen:

- Klassierung der Grundwasservorkommen nach ihrer Anfälligkeit gegenüber Trockenheit;
- Genauere Charakterisierung der sensiblen Grundwasservorkommen, um Kenntnisse über die Auswirkungen von Trockenheit auf das verfügbare Grundwasservolumen zu erlangen;
- Treffen von Massnahmen, die eine nachhaltige Nutzung dieser Grundwasserleiter auch während einer Trockenheit gewährleisten.

Das Vorgehen zum Erreichen dieser Ziele umfasst mehrere Elemente im Rahmen einer Basiserhebung und einer allfälligen Detailstudie:

Basiserhebung

- Auswertung historischer Daten zur Anfälligkeit;
- Berücksichtigung der Neubildungs- und Entnahmemengen;
- Festlegung des weiteren Untersuchungsbedarfs.

Detailstudie

- Erstellung eines konzeptionellen Modells des Grundwasservorkommens und/oder der Wasserbilanz;
- Bestimmung der zulässigen Veränderung des Grundwasservorrats (verfügbares Volumen);
- Einbezug eines Referenzszenarios für Trockenheit;
- Auswertung des hydrogeologischen Ansprechens auf Trockenheit;
- Festlegung geeigneter Massnahmen (z.B. künstliche Neubildung des Grundwassers, Anpassung der Entnahme).

4.1 Basiserhebung zur Anfälligkeit gegenüber Trockenheit

Konkret kann die Abschätzung der Anfälligkeit eines Grundwasservorkommens gegenüber Trockenheit in drei aufeinanderfolgenden Schritten erfolgen. Dieses Vorgehen ist in Abbildung 3 schematisch zusammengefasst.

1. Einteilung der Grundwasservorkommen, welche sich auf die Auswirkungen während Trockenperioden in der Vergangenheit stützt.
2. Mengenmässige Gegenüberstellung des nachhaltig nutzbaren Anteils der Grundwasserneubildung im jeweiligen Vorkommen und der entsprechenden Grundwasserentnahme.
3. Annahme einer während Trockenheit verminderten natürlichen Grundwasserneubildung und abermals Abgleich mit der Entnahmemenge.

Anhand der Ergebnisse dieser Erhebungen kann man die Grundwasserleiter nach Anfälligkeit klassieren und die weitere Vorgehensweise festlegen.

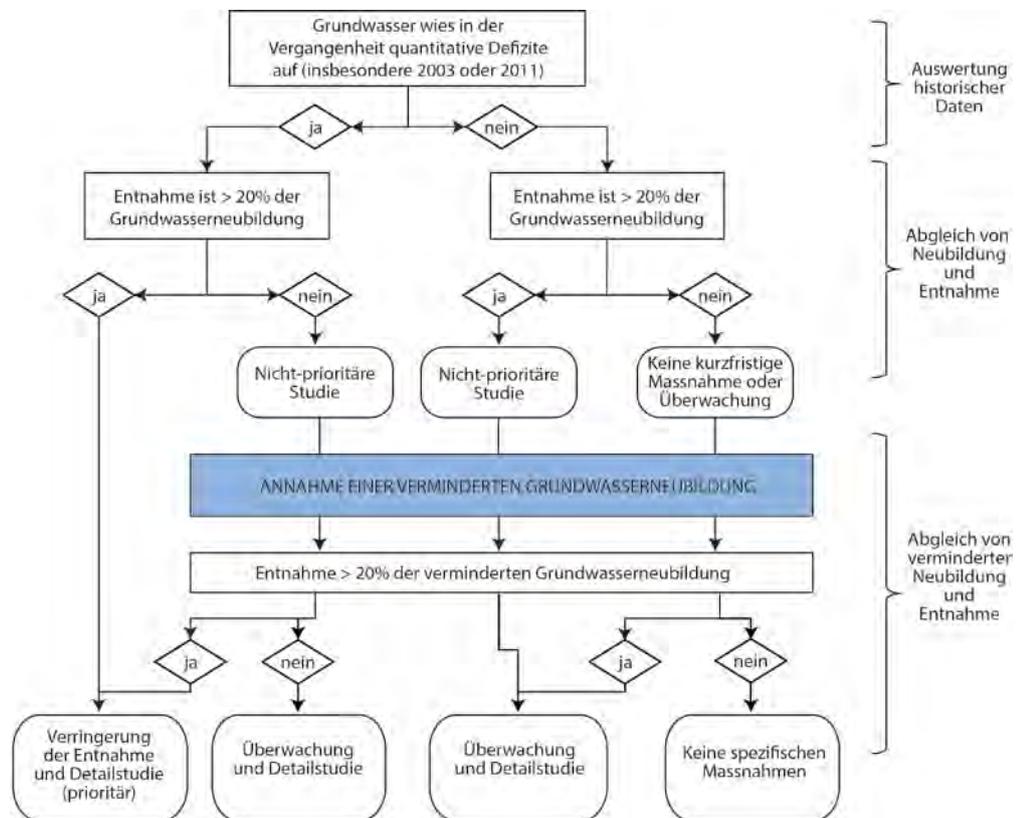


Abbildung 3: Vorgehen zur Abschätzung der Anfälligkeit eines Grundwasservorkommens auf Basis früherer Beobachtungen und unter Einbezug von Trockenheitsannahmen.

Die Jahre 2003 und 2011, mittlerweile auch 2015, stellen Referenzsituationen für das Verhalten von Grundwasserressourcen während einer Trockenperiode dar. Entsprechende historische Daten geben einen ersten Hinweis bezüglich der Anfälligkeit eines Grundwasservorkommens, nämlich ob es in solchen Phasen bereits zu quantitativen Defiziten gekommen ist. Dabei sollten neben dem Grundwasservolumen auch allfällige Auswirkungen auf oberirdische Abflüsse und Ökosysteme berücksichtigt werden.

Der zweite Schritt in der Klassierung beinhaltet die Abklärung, in welchem Masse diese Auswirkungen durch die Entnahmemenge aus dem Grundwasservorkommen beeinflusst waren. Dazu wird der überschlagswert von 20% der mittleren Grundwasserneubildung als Entnahmegrenze für eine nachhaltige Nutzung herangezogen. Sind in der Vergangenheit bei Überschreitung dieses Wertes Probleme bei der Wasserverfügbarkeit aufgetreten, ist von einer Übernutzung und der Notwendigkeit von zu ergreifenden Massnahmen auszugehen. Ist es dagegen bereits zu Mangelsituationen gekommen, obwohl die Entnahme < 20% der Neubildung betrug, sind weitere Abklärungen im Hinblick auf Trockenheit notwendig. Ebenso ist dies der Fall, wenn in einem Grundwasservorkommen in den vergangenen Trockenjahren keine Mangelsituation festgestellt wurde.

Die weiteren Abklärungen beziehen sich auf besonders ungünstige Verhältnisse der Grundwasserneubildung, etwa bei zwei aufeinanderfolgenden Trockenjahren. So würde der Effekt der Jahre 2003 und 2011 in seiner Gesamtheit eine um etwa 20% verminderte Grundwasserneubildung bewirken. Insofern liefert ein Abgleich der Entnahmen mit einer so angenommenen verminderten Grundwasserneubildung Hinweise auf mögliche Wassermangelsituationen während künftiger verstärkter Trockenheits-situationen und erlaubt die Beurteilung, ob für die langfristige nachhaltige Nutzung zusätzliche Massnahmen zu treffen sind. Diese umfassen insbesondere eine Überwachung der Grundwasserressource im Sinne eines besonderen Augenmerks auf Trockenheitssituationen sowie die Durchführung einer Detailstudie zur Vertiefung der Kenntnisse über das Grundwasservorkommen und seine Bewirtschaftung.

4.2 Detailstudie zur Nutzung bei Trockenheit

In Trockenperioden wird häufig verstärkt Grundwasser entnommen, während sich gleichzeitig die Neubildung vermindert. Dies führt über einen gegebenen Zeitraum unweigerlich zu einer Abnahme des Grundwasservorrats respektive des verfügbaren Volumens. In diesem Zusammenhang ist für jedes anfällige Grundwasservorkommen die zulässige Vorratsabnahme mit Bezug auf ein Referenzszenario für Trockenheit zu bestimmen.

Bewirtschafter und Kanton müssen die Schwelle, welche der zulässigen Abnahme des Grundwasservorrats entspricht, kennen. Dieser Wert bestimmt – eingesetzt in die Trockenheits-Wasserbilanz des Grundwasservorkommens – die Möglichkeiten der Bewirtschaftung im Hinblick auf die beiden beeinflussbaren Gleichungsgrössen, d.h. künstliche Anreicherung und Entnahme.

Diese Informationen können im Rahmen der Detailstudie erhoben werden, deren einzelne Schritte sich folgendermassen beschreiben lassen:

- **Erstellung eines konzeptionellen Modells des Grundwasservorkommens und/oder der Wasserbilanz:** Während im Rahmen der Basiserhebung eine Grobabschätzung des Grundwasser-dargebots anhand der Ausdehnung des Einzugsgebietes ausreicht, müssen bei der Detailstudie für die zuvor als anfällig eingestufteten Grundwasservorkommen die unterschiedlichen Einflussfaktoren soweit quantifiziert werden, dass sie der Erstellung einer Wasserbilanz bzw. eines Grundwassermodells genügen. Dazu gehört auch und insbesondere eine detaillierte Erhebung der Entnahmemengen, welche in der Praxis nicht immer bekannt sind. Tabelle 1 liefert eine Übersicht, inwiefern die Bilanzgrössen die Reaktion eines Grundwasserleiters bei Trockenheit beeinflussen.

Mit einer solchen Studie wird in der Regel ein spezialisiertes Büro beauftragt. In vielen Kantonen kann für die Wasserbilanz der wichtigsten Grundwasserleiter auf bereits existierende numerische Modelle zurückgegriffen werden, da diese heutzutage ein unerlässliches Planungsinstrument in den verschiedensten Bewirtschaftungsbereichen darstellen. Liegen diese Grundlagen also ohnehin vor, können sie auch schon für die Basiserhebung herangezogen werden.

- **Bestimmung der zulässigen Veränderung des Grundwasservorrats (verfügbares Volumen):** Die zulässige Veränderung des Grundwasservorrats wird nach den örtlichen Gegebenheiten festgelegt. Sie kann ausgedrückt werden als Absenkung des Grundwasserspiegels bis hin zu einem Schwellenwert, der es erlaubt, die verschiedenen an das Grundwasser gebundenen ökologischen Bedarfsansprüche zu erfüllen (Abbildung 4). Zu diesen gehört beispielsweise die Speisung von Oberflächengewässern, um während einer Trockenphase eine bestimmte Restwassermenge sicherzustellen, der Erhalt von grundwasserabhängigen Ökosystemen oder die Aufrechterhaltung einer geforderten Wasserqualität.

Der Kanton muss zusammen mit den lokalen Akteuren vorgängig bestimmen, welche Auswirkungen einer Vorratsänderung zulässig sind. So lassen sich auf die Grundwasserressource bezogene Nutzungskonflikte rechtzeitig erkennen und entschärfen.

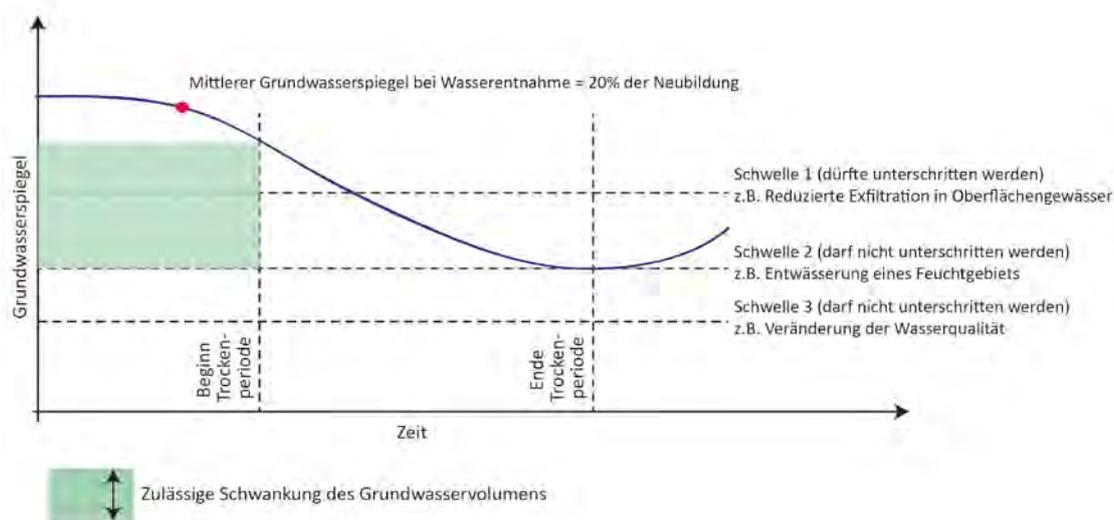


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Veränderung des verfügbaren Grundwasservolumens. Unter normalen Bedingungen gilt eine Entnahme von bis zu 20% der Grundwasserneubildung als zulässig. Während einer Trockenperiode kann zeitlich limitiert durchaus mehr Grundwasser entnommen werden als diesem Kriterium entspricht, solange diese Entnahme keine negativen Auswirkungen zur Folge hat (Absenkung des Grundwasserspiegels bis zu Schwelle 2). Darüber hinausgehend hätten alle zusätzlichen Entnahmen Beeinträchtigungen der Umwelt und/oder der Wasserqualität zur Folge und sind daher zu unterlassen.

- **Einbezug eines Referenzszenarios für Trockenheit:** Auf Grundlage der Wasserbilanz bzw. eines numerischen Modells können verschiedene Szenarien getestet werden, um die Sensitivität der einzelnen Größen der Wasserbilanz insbesondere hinsichtlich der Veränderungen des verfügbaren Grundwasservolumens abzuschätzen. Das sogenannte Trockenheitsszenario 4014, welches sich aus einer Kombination der beiden Jahre 2003 und 2011 ergibt, kann dabei zur Darstellung besonders ungünstiger Verhältnisse der Grundwasserneubildung herangezogen werden.

Bei der Einbindung dieses Szenarios werden die bekannten in 2003 und 2011 beobachteten Werte in die Wasserbilanz oder das numerische Modell eingefügt. Die relevanten Veränderungen ergeben sich hauptsächlich durch eine Abnahme der direkten Grundwasserneubildung und meist auch eine vorübergehende Erhöhung der Entnahmen in den Fassungsanlagen.

In diesem Zusammenhang sind die Grundwasserressourcen auch hinsichtlich ihrer Wasserqualität zu betrachten.

- **Auswertung des hydrogeologischen Ansprechens auf Trockenheit:** Durch den Einbezug eines Trockenheitsszenarios in die Wasserbilanz oder das Grundwassermodell ist es möglich, die im Verlauf einer Trockenheit zu erwartende Vorratsänderung mit den zulässigen Schwellen abzugleichen. Würde der zulässige Wert für die Abnahme des Grundwasservolumens überschritten, sind vorsorgliche Massnahmen zu treffen.
- **Festlegung geeigneter Massnahmen:** Indem die zulässige Veränderung des verfügbaren Grundwasservolumens festgelegt wurde und die entsprechenden Werte für die einzelnen Größen der Wasserbilanz bestimmt wurden, hat der Bewirtschafter des Grundwasservorkommens im Zuge einer Trockenheit zwei Steuerungsmöglichkeiten: eine Erhöhung der Grundwasserneubildung (z.B. durch künstliche Anreicherung) oder über die einzelnen Fassungsanlagen eine Einschränkung der Entnahme für den kritischen Zeitraum.

5 Allgemeine Empfehlungen

5.1 Monitoring / Auswertung historischer Daten

Studien haben gezeigt, dass die Reaktion eines Grundwasserleiters auf eine Trockenperiode in Abhängigkeit von zahlreichen Kriterien, insbesondere auch den Eigenschaften des Grundwasserleiters, stark schwanken kann [e.3]. Eine gute Kenntnis der Grundwasserressource sowie ausreichend Daten und Messungen sind für eine nachhaltige Nutzung der Ressource unabdingbar. Bei identifizierter Anfälligkeit sollte das Monitoring auch explizit auf Fragestellungen hinsichtlich Trockenheit ausgelegt sein.

Historische Daten zu beispielsweise Grundwasserständen, Pumpraten und Neubildungsmengen liefern wertvolle Informationen zur Anfälligkeit der Grundwasservorkommen gegenüber Trockenheit. Trockenjahre wie 2003 und 2011 sind in diesem Zusammenhang besonders aufschlussreich. Hier ist auf eine angemessene Archivierung und eine Auswertung unter Berücksichtigung längerer Datenreihen zu achten.

5.2 Identifizierung von Neubildungsflächen

Da das Grundwasserdargebot wesentlich von der Grundwasserneubildung abhängt, müssen diejenigen Flächen identifiziert werden, welche in besonderem Masse zur (direkten und indirekten) Neubildung beitragen. Die wichtigsten davon sind zu erhalten oder zu reaktivieren bzw. idealerweise in die Raumplanung einzubeziehen. Diese Flächen sollten nicht nur in Bezug auf die aktuell genutzten Grundwasservorkommen gesehen werden, sondern im Zusammenhang mit sämtlichen Grundwasserressourcen, die langfristig für die Wasserversorgung in Frage kommen.

5.3 Konzessionswassermenge für eine nachhaltige Nutzung

Die konzessionierten Wassermengen innerhalb eines Grundwasserleiters sollten die maximale Wassermenge, die für eine nachhaltige Nutzung des Vorkommens entnommen werden kann, nicht überschreiten. Die Konzessionswassermenge wird in der Regel auf Grundlage des Grundwasserdargebots im Bereich der jeweiligen Fassung festgelegt. Eine einheitliche und konsequente Praxis hinsichtlich der angestrebten nachhaltigen Nutzung der Grundwasserressourcen wäre wünschenswert.

Gemäss den prognostizierten Klimaszenarien wird die Grundwasserneubildung Ende Sommer und Anfang Herbst stärker zurückgehen, die jährliche Neubildungsrate jedoch unverändert bleiben. Daher sollte die Konzessionswassermenge aufgrund eines im Spätsommer durchzuführenden Pumpversuchs über einen längeren Zeitraum (mindestens 2 bis 3 Monate) bestimmt werden. Dies entspricht der maximalen Wassermenge, die entnommen werden kann, ohne dass es eine dauerhafte Absenkung des Grundwasserspiegels nach sich zieht oder Auswirkungen auf die abhängigen oberirdischen Ökosysteme und Abflüsse hat.

5.4 Prinzip der zwei Standbeine

Wird eine Trockenheitssituation festgestellt, nützt es dem Bewirtschafter der Grundwasserressource relativ wenig, wenn aus einer genauen Wasserbilanz oder einem numerischem Modell hervorgeht, dass ihm ein nachhaltig nutzbares Grundwasservorkommen zur Verfügung steht, er aber nicht über die erforderliche Infrastruktur verfügt, um den Wasserbedarf zu decken. Daher sollten Anlagen und Verteilnetze vorgängig so geplant werden, dass darüber die Grundwasserressourcen möglichst bedarfsgerecht genutzt werden können und gleichzeitig die Versorgungssicherheit gewährleistet ist [e.3].

Die Versorgungssicherheit beruht auch auf dem Grundsatz der zwei Standbeine, d.h. der Nutzung von verschiedenen Typen von Wasserressourcen, die gegenüber Trockenphasen nicht in gleichem Masse

anfällig sind. Beispielsweise könnte der Bewirtschafter eines Lockergesteins-Grundwasserleiters innerhalb der Talsohle nach Möglichkeit auch über eine Quelfassung in einem anderen Grundwasserleiter oder aber alternativ über eine Aufbereitungsanlage von Oberflächenwasser verfügen. Andererseits kann über den Verbund mit einer Fassung in einem weiteren Talgrundwasserleiter, der vielleicht auch noch grösser ist oder aus einem Fließgewässer gespeist wird, die Versorgung mit Grundwasser sichergestellt werden.

6 Literatur

- [e.1] Astrid Björnsen Gurung und Manfred Stähli: NFP 61 Nachhaltige Wassernutzung – Thematische Synthese 1. Wasserressourcen der Schweiz: Dargebot und Nutzung – heute und morgen, 2014.
 - [e.2] BAFU: Grundwasserschutz zonen bei Lockergesteinen – Ein Modul der Vollzugshilfe Grundwasserschutz, Umwelt-Vollzug Nr. 1207, 2012.
 - [e.3] D. Hunkeler, C. Möck, D. Käser, und P. Brunner: Klimaeinflüsse auf Grundwassermengen, Aqua & Gas, N° 11/2014, S. 43–49, 2014.
 - [e.4] HOLINGER AG: Regionale Wasserversorgungsplanung Kanton BL – Region 1 (Arlesheim) - Leitbild und Massnahmenplanung. Amt für Umweltschutz und Energie BL, Fachstelle Wasserversorgung, 2013.
 - [e.5] BAFU: Grundlagen für die Wasserversorgung 2025 – Risiken, Herausforderungen und Empfehlungen, Umwelt-Wissen Nr. 1404, 2014.
-

Tabelle 1: Faktoren, welche die Reaktion eines Grundwasserleiters während einer Trockenperiode beeinflussen [e.3].

Element der Wasserbilanz	Faktor, der Trockenheits-empfindlichkeit beeinflusst	Beschreibung	Beispiel
Infiltration von Flusswasser	Verhältnis von oberirdischem zu unterirdischem Abfluss	Falls während einer Trockenperiode der Niedrigwasserabfluss in einem Fließgewässer viel höher ist als der Grundwasserabfluss, steht potenziell genügend Wasser zur Grundwasserneubildung zur Verfügung.	In Tälern mit grossen alpinen Flüssen (Rhein, Rhone, Aare, Reuss) sind auch zukünftige Niedrigwasserabflüsse viel grösser als Grundwasserabflüsse/Entnahmeraten. Die Grundwasserverfügbarkeit ist gewährleistet, solange die Infiltrationsraten genügend hoch bleiben (s. nächster Punkt)
Infiltration von Flusswasser	Abhängigkeit der Infiltrationsrate vom Abfluss	Unter Niedrigwasserbedingungen kann die Infiltrationsrate rasch abnehmen aufgrund der Kolmation des Flussbettes. Selbst wenn der oberirdische Abfluss im Vergleich zum Grundwasserabfluss hoch bleibt, kann die Grundwasserverfügbarkeit stark abnehmen.	Während eines Pumpversuchs im Berner Seeland war die Infiltrationsrate bei Niedrigwasser gering, obwohl der oberirdische Abfluss immer noch 100-mal grösser als der Abfluss durch den Grundwasserleiterquerschnitt und 190-mal grösser als die Pumprate war.
Direkte Grundwasserneubildung	Mächtigkeit von Deckschichten	Aus mächtigen, feinkörnigen Deckschichten kann in Trockenperioden eine grosse Wassermenge durch Evapotranspiration entweichen. Die Grundwasserneubildung setzte im Herbst nur verzögert ein und Grundwasservorkommen erholen sich nur teilweise bei durchschnittlichen Winterniederschlägen.	Der Gäu-Grundwasserleiter erholt sich nach intensiveren und längeren Trockenphasen nicht innerhalb eines Winterhalbjahres.
Direkte Grundwasserneubildung	Mächtigkeit der ungesättigten Zone	Mächtige ungesättigte Zonen dämpfen Variationen in der direkten Grundwasserneubildung. Kurze Trockenperioden werden ausgeglichen. Längere Trockenperioden treten mit Verzögerung auf und dauern länger.	Im Grundwasserleiter von Wohlenschwil übt die 10 m mächtige ungesättigte Zone eine ausgleichende Wirkung auf die Grundwasserstände aus.
Indirekte Grundwasserneubildung	Durchlässigkeit der Umgebung des Hauptgrundwasserleiters	Falls ein Grundwasserleiter in eine wenig durchlässige Umgebung eingebettet ist (z. B. Molasse), tragen Randzuflüsse weniger zur Stabilisierung in Trockenperiode bei als bei besser durchlässigen Einheiten (z. B. geklüftete/verkarsteter Kalkstein, Moräne).	Im obersten Emmental begrenzen steile Hänge und untiefe Böden den Beitrag von Randzuflüssen bei Niedrigwasser. Im Gäu tragen Randzuflüsse aus dem Jura wesentlich zur Wasserbilanz bei Niedrigwasser bei.
Grundwasserneubildung im Allgemeinen	Verhältnis zwischen direkter Neubildung und Infiltration von Flusswasser	Grundwassersysteme mit hauptsächlich direkter Neubildung erholen sich langsamer als solche, die durch Infiltration von Flusswasser dominiert sind. Flüsse konzentrieren Niederschläge, während für direkte Neubildung nur lokale Niederschläge verfügbar sind und Bodenfeuchtedefizite zuerst gedeckt werden müssen.	Nach dem Trockensommer 2003 erholten sich Standorte mit Flusswasserinfiltration oft sehr rasch. Während des Trockenjahres 2011 blieben Grundwasserstände in flussdominierten Grundwassersystemen aufgrund der Sommer-niederschläge hoch, während sie in niederschlagsdominierten Systemen kontinuierlich abnahmen.
Speicherung	Neubildungs- versus Speicher-Limitierung	In gewissen Grundwasserleitern ist die Menge an gespeichertem Wasser durch die Neubildungsrate kontrolliert, in andern durch die Speicherkapazität des Grundwasserleiters. In Ersteren führt eine Abnahme der Neubildung zu einer kleineren gespeicherten Menge, im Letzteren nicht.	

Speicherung	Distanz zur Exfiltrationszone und deren zeitliche Variation	Bei langen Pfaden zu Exfiltrationszonen bleibt Wasser länger gespeichert. Sinkt der Grundwasserspiegel, kann die Distanz zu Exfiltrationszonen zunehmen, was Speicherzeiten verlängert. Wasser kann auch durch geringere Durchlässigkeiten zurückgehalten werden (statt längere Distanzen zu Exfiltrationszonen). Solche Systeme sind aber weniger produktiv.	Im Seeland und mittleren Emmental dissipiert zusätzlich gespeichertes Wasser rasch via Drainagen und Flusssohlen. Im Gäu oder unteren Wiggertal ist die Speicherwirkung höher aufgrund von langen Fließpfaden (>10 km) bis zu Exfiltrationszonen. Solche Grundwasserleiter eignen sich auch zur künstlichen Anreicherung.
Exfiltration	Bedeutung der Exfiltration	Falls Grundwasser-Exfiltration eine wichtige Funktion erfüllt, hat die starke Nutzung von Grundwasser während Trockenperioden eine grössere Auswirkung.	Seitentäler zu den alpinen Tälern (z.B. Wiggertal) können indirekt von alpinen Tälern profitieren, da die «untere Randbedingung» durch das alpine Tal stabilisiert wird und Grundwasserabfluss ins Haupttal nicht essenziell ist.

Anhang f) Nachhaltig verfügbare Ressourcen aus Oberflächengewässern

1	Ziele des Anhangs	2
1.1	Leitfragen	2
1.2	Resultate	2
2	Gesetzliche Rahmenbedingungen	2
3	Weiterführende Kriterien zur Bestimmung der nachhaltig verfügbaren Ressourcen aus Oberflächengewässern	3
3.1	Restwassermengen	3
3.2	Ökologische Bedürfnisse an die Gewässer	3
3.3	Berücksichtigung der Unterlieger	3
3.4	Überlegungen zur Zukunft	4
4	Methoden und Hinweise zur Umsetzung	4
4.1	Ansatz 1: Eignungskarten des kantonalen Gewässernetzes für Wasserentnahmen am Beispiel des Kantons Luzern	4
4.2	Ansatz 2: Kartierung von Biodiversitäts-Hotspots bezüglich Trockenperioden am Beispiel Smaragdgebiet Oberaargau	6
4.3	Ansatz 3: Quantifizierte Abschätzung der nachhaltig verfügbaren Wasserressourcen aus Oberflächengewässern am Beispiel Region Crans-Montana-Sierre	8
5	Referenzen	10

1 Ziele des Anhangs

1.1 Leitfragen

Welche Oberflächengewässer eignen sich für Wasserentnahmen?

Wo führen Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern oder Trockensituationen zu Beeinträchtigungen der wassergebundenen Biodiversität?

Wie gross sind die nachhaltig verfügbaren Ressourcen der Oberflächengewässer im Bilanzierungsraum?

1.2 Resultate

Ansatz 1: Einteilung der Gewässer in Eignungskategorien für Wasserentnahmen

Ansatz 2: Karte der Biodiversitäts-Hotspots bezüglich Trockenperioden

Ansatz 3: quantifizierte nachhaltig verfügbare Wasserressourcen in einem Bilanzierungsraum

Alternativen: Je nach Zielsetzung eignet sich ein anderer der drei beschriebenen Ansätze.

2 Gesetzliche Rahmenbedingungen

- Bundesgesetzes vom 24. Januar 1991 über den Schutz der Gewässer (GSchG, SR 814.20) mit gesetzlichen Grundlagen für die Festsetzung von Restwassermengen, detailliert beschrieben in BUWAL 1997 und BUWAL 2000:
 - Artikel 29: Bewilligung für Wasserentnahmen
 - Artikel 30: Voraussetzungen für die Erteilung der Bewilligung
 - Artikel 31: Mindestrestwassermenge
 - Artikel 32: Ausnahmen von der Mindestrestwassermenge
 - Artikel 33: Erhöhung der Mindestrestwassermenge
 - Artikel 34: Wasserentnahmen aus Seen und Grundwasservorkommen
 - Artikel 59: Ermittlung der Abflussmenge
- Anhang 2 Ziffer 12 Abs. 4 und Anhang 3.3 Ziffer 21 und 22 der Gewässerschutzverordnung (GSchV, SR 814.201) betreffend die Einleitbedingungen zur Nutzung des Gewässers zu Kühl- oder Heizzwecken
- Bundesgesetz vom 1. Juli 1966 über den Natur- und Heimatschutz (NHG, SR 451):
 - Art. 5: Schutz von Landschaften von nationaler Bedeutung mit gewässergebundenen Schutzzielen
 - Art. 18: Schutz von Uferbereichen und Lebensräumen wie Riedgebieten und Mooren sowie inventarisierten Biotopen und Lebensräumen mit gewässergebundenen Schutzzielen
- Natur und Heimatschutzverordnung (NHV, SR 451.1):
 - Art. 14: Kriterien der Schutzwürdigkeit (bspw. rote Liste Arten, schützenswerte Lebensräume Anhang 1, National Prioritäre Arten, detailliert beschrieben in BAFU 2011)

3 Weiterführende Kriterien zur Bestimmung der nachhaltig verfügbaren Ressourcen aus Oberflächengewässern

3.1 Restwassermengen

- Gemäss [f.7] und [f.6] sind die gesetzlichen Restwasserbestimmungen als Kompromiss des BUWAL (heute BAFU) und des Parlaments (somit damaliger Abgleich der ökologischen Ansprüche und der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Ansprüche) zu sehen.
- Vorsicht ist vor allem dort geboten, wo Wasserentnahmen vor dem Inkrafttreten der Restwasserbestimmungen am 1. November 1992 bewilligt wurden und noch keine Sanierung gemäss Art. 80 Abs. 1 und 2 GSchG stattgefunden hat.
- Die Abwägung zur Erhöhung der Mindestrestwassermengen gemäss Art. 33 GSchG muss auch im Hinblick auch zukünftige Trockenperioden umsichtig stattfinden, insbesondere dort, wo geschützte Naturwerte bestehen.

3.2 Ökologische Bedürfnisse an die Gewässer

Die Gewässer müssen je nach Kontext verschiedene ökologische Bedürfnisse zur Erhaltung der gewässergebundenen Biodiversität erfüllen. Diese lassen sich z. B. an den Schutzziele inventarisierter Schutzgebiete (Biotope, Landschaften) oder den Ansprüchen schützenswerter Arten ablesen.

- Verschiedene National Prioritäre Arten (NPA) leben ständig oder zeitweise in oder an Gewässern. Wasserqualität, (Rest)Wassermenge, Ufer- und Sohlenbeschaffenheit und Dynamik sind die wichtigsten Faktoren zur Abdeckung ihrer Bedürfnisse.
- Insbesondere sind Fischwanderung & Laichgebiete (Abflusstiefe in Abhängigkeit der Wanderfischarten) zu beachten.
- Für Amphibien sind insbesondere während der Fortpflanzungszeit genügend Gewässer in ausreichender Qualität wichtig.
- Gewässergebundene Biotope umfassen z.B. Auen, Flachmoore und Amphibienlaichgebiete. Die Qualität der Landlebensräume in diesen Biotopen ist direkt von verschiedenen Aspekten des begleitenden Gewässers abhängig. Hier sind möglichst naturnahe Zustände betreffend Grundwasserstand, Hochwasser- und Geschiebedynamik sowie Wasserqualität entscheidend. Eine auf den Einzelfall bezogene Beurteilung ist unabdingbar.
- In Mooren kann kurzzeitige Trockenheit zum Ab- oder sogar Aussterben typischer Pflanzen- und Tierarten führen.
- Auen können als wechselfeuchte Lebensräume mit einer gewissen Trockenheit umgehen. Dennoch muss ein für die Pflanzen ausreichendes Wasserangebot während der Vegetationszeit in der Regel sichergestellt sein. Weiter sind periodische Hochwasser unterschiedlicher Intensität notwendig, um Auenlebensräume in ihrer Vielfalt zu erhalten.

3.3 Berücksichtigung der Unterlieger

Im Sinne des Koordinationsgebots nach Art. 46 GSchV stehen die Oberlieger in der Verantwortung, Nutzungen und ökologische Bedürfnisse im Unterlauf durch eigene Nutzungen nicht zu verunmöglichen.

3.4 Überlegungen zur Zukunft

- Die Abflussmenge Q_{347} verändert sich mit dem Klimawandel
- Naturwerte verändern sich mit dem Klimawandel
- Die vorgesehene Renaturierung der Gewässer (Sanierung Wasserkraft und Revitalisierung) sollte dazu beitragen, die Gewässerqualität zu erhöhen und die Resilienz der Gewässerlebensräume zu verbessern. Dort, wo aktuell grosse Defizite bestehen, wird die Renaturierung möglicherweise eine neue Ausgangslage bezüglich nachhaltig verfügbarer Ressourcen schaffen. Der Kanton muss entsprechend die geplanten Sanierungen und Revitalisierungen in seine Überlegungen einbeziehen.

4 Methoden und Hinweise zur Umsetzung

Im Folgenden werden drei mögliche Ansätze aus der Praxis vorgestellt.

4.1 Ansatz 1: Eignungskarten des kantonalen Gewässernetzes für Wasserentnahmen am Beispiel des Kantons Luzern

Stärken des Ansatzes:

- grossräumig, im ganze Kanton anwendbar
- kann sowohl als Planungsinstrument für den Normalfall als auch hinsichtlich Ausnahmesituationen dienen
- ist in mehreren Kantonen bereits erfolgreich umgesetzt, siehe bspw. Geoportal des Kantons Bern

Schwächen des Ansatzes:

- die vorhandenen Wasserressourcen werden nicht zwingend in saisonaler Auflösung quantifiziert

Vorgehen:

Die Methode ist für den Kanton Bern im Rahmen des Pegellattensystems detailliert beschrieben [f.5].

Im Kanton Luzern wurde die Einteilung der Gewässer nach folgenden Kriterien vorgenommen:

Tabelle 1: Einteilung der Gewässer im Kanton Luzern in Eignungsklassen für Wasserentnahmen [f.3].

Art des Gewässers	Eignung für Wasserentnahmen	Anforderungen bezüglich Restwassermenge	Bewilligungserteilung
<ul style="list-style-type: none"> — Kleine Fließgewässer □ Kleinseen 	ungeeignet		In der Regel werden keine Bewilligungen für Wasserentnahmen erteilt.
<ul style="list-style-type: none"> — Mittलगrosse Fließgewässer mit erhöhter Mindestrestwassermenge wegen der Einleitung von gereinigtem Abwasser □ Mittलगrosse Seen 	beschränkt geeignet	Erhöhte Mindestrestwassermengen, damit die Qualitätsziele für Fließgewässer eingehalten werden. Restwassermenge im Seeabfluss ist einzuhalten.	Bewilligungen für Entnahmen, die nicht auf Trockenzeiten ausgelegt sind. Nachweis der Einhaltung der Restwassermengen. Entnahmen müssen bei Trockenzeiten eingeschränkt oder eingestellt werden.
<ul style="list-style-type: none"> — Mittलगrosse Fließgewässer ohne erhöhte Mindestrestwassermengen □ Grosse Seen 	geeignet	Einhalten der Mindestrestwassermenge. Keine Restwassermengen.	Bewilligung für Entnahmen, soweit diese den geltenden Gesetzesvorschriften entsprechen.
<ul style="list-style-type: none"> ● Abwasserreinigungsanlage 			

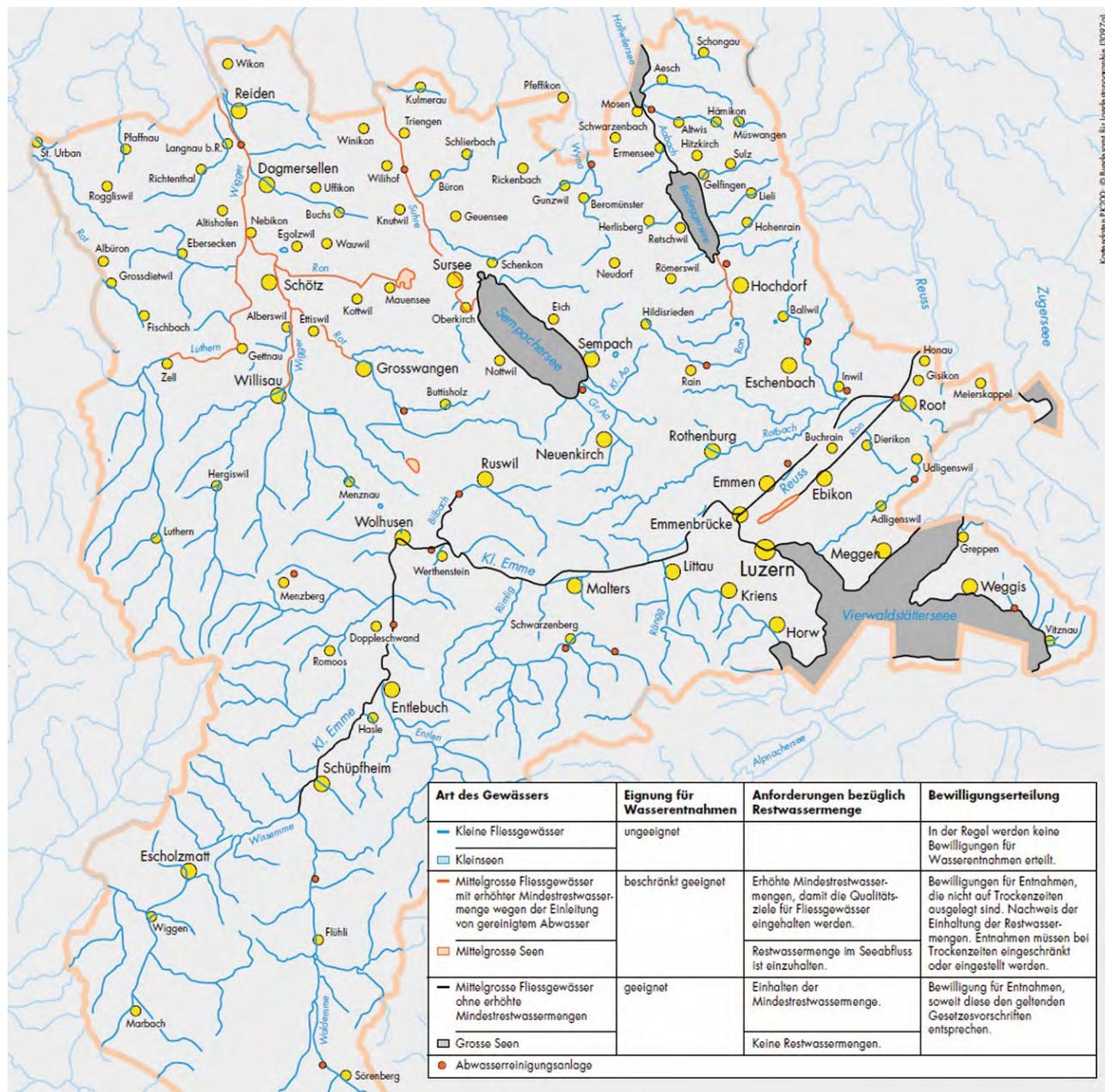


Abbildung 1: Eignung der Luzerner Gewässer für Wasserentnahmen [f.3].

4.2 Ansatz 2: Kartierung von Biodiversitäts-Hotspots bezüglich Trockenperioden am Beispiel Smaragdgebiet Oberaargau

Stärken des Ansatzes:

- Vertiefte Kenntnisse für ökologisch wertvolle Regionen/Bilanzierungsräume
- Regionale Lokalisierung der wassergebundenen Biodiversität
- Schnell umzusetzende und zielführende Massnahmen zum Schutz der wichtigsten Biodiversitätswerte, Einbezug von Fliess- und Stillgewässern

Schwächen des Ansatzes:

- sehr zeitaufwändig und darum nur in prioritären Gebieten durchführbar
- Abhängig vom Wissenstand von Lokalkennern

Vorgehen:

Für das Untersuchungsgebiet werden die Biodiversitäts-Hotspots der Arten und Lebensräume mit hoher Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit ermittelt und lokalisiert. Für diese Gebiete sind Wasserentnahmen so weit wie möglich zu vermeiden oder für die Zukunft Verteilregeln zu definieren. Die detaillierte Methodik ist im UNA-Bericht (2014) nachzulesen. Grob kann das Vorgehen wie folgt beschrieben werden:

- Mittels Abfragen der Datenbanken von Infosppecies sowie Interviews mit Lokalkennern und Experten werden die im Untersuchungsgebiet vorkommenden National Prioritären Arten ermittelt.
- Nationale, regionale und lokale Inventare und Schutzgebiete sowie Interviews mit Lokalkennern geben Aufschluss über die Vorkommen von schützenswerten Lebensräumen nach NHV.
- Die Abhängigkeit von Wasser und Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit definiert als Teilmenge die Zielarten und Ziellebensräume für die nächsten Schritte. Dabei ist die Bedeutung des Untersuchungsgebietes bezüglich der nationalen Verbreitung der Arten und Lebensräume einzubeziehen.
- Gutachterlich werden die Hotspots (überlagerte Vorkommen der Zielarten und -lebensräume, abgestuft nach der nationalen Priorität 1-4) abgeleitet und lokalisiert. Dabei sind Fliess- und Stillgewässer mit einzubeziehen.

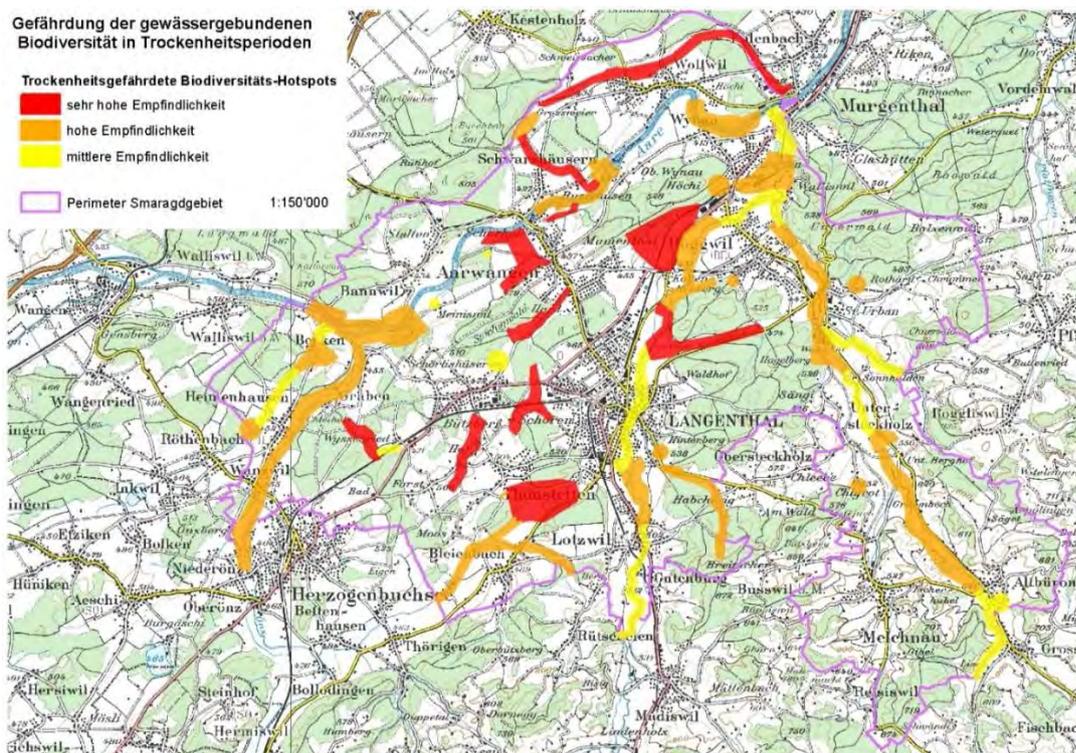


Abbildung 2: Kartierung Biodiversitäts-Hotspots bezüglich Trockenheitsperioden im Smaragdgebiet Oberaargau. [f.1].

Die Bedeutung und Menge der lokal vorkommenden Zielarten und -lebensräume ermöglichen eine verfeinerte Einschätzung der Empfindlichkeit eines Biodiversitäts-Hotspots. Ebenso kann hier eine erste Einschätzung der Gefährdung aufgrund von Prognosen zu künftigem Wasserstand und Wassertemperatur einbezogen werden. Daraus entstehen Biodiversitäts-Hotspots mit folgenden Empfindlichkeitsstufen:

sehr hohe Empfindlichkeit:

Hier sind schon bei mittlerer Dauer von Trockenheitsperioden zentrale Werte der Biodiversität gefährdet. Es kommen mehrere Zielarten oder -lebensräume vor und es besteht eine Gefährdung durch Austrocknung oder zu hohe Temperaturen des Wassers. Es darf kein Wasser entnommen werden; allenfalls müssen Sofortmassnahmen, wie Zuführen von Wasser, eingeleitet werden, um die Biodiversitätswerte zu erhalten. Beispiele: Wiesengraben mit Vorkommen der Helm-Azurjungfer oder das Gewässernetz in der Brunnamte bei Wynau.

hohe Empfindlichkeit:

Bei mittlerer Dauer von Trockenheitsperioden sind bedeutende Arten oder Lebensräume gefährdet. Die Gefährdung der Biodiversität durch Austrocknung oder zu hohen Temperaturen des Wassers kann bei zusätzlicher Wasserentnahme nicht ausgeschlossen werden. Beispiele: Naturschutzgebiet Önztäli mit Vorkommen der Sumpfschrecke, Bachabschnitte der Altache mit Vorkommen des Bachneunauges oder Tümpelgruppen als Gelbbauchunken-Laichgewässer entlang der Rot.

mittlere Empfindlichkeit:

Vor allem bei länger andauernden Trockenheitsperioden sind einzelne Arten oder Lebensräume gefährdet. Dann müssen Wasserentnahmen mit grosser Vorsicht und unter Beobachtung ausgeführt werden. Beispiel: Abschnitte der Fliessgewässer von Rot und Önz mit Vorkommen der Äsche.

4.3 Ansatz 3: Quantifizierte Abschätzung der nachhaltig verfügbaren Wasserressourcen aus Oberflächengewässern am Beispiel Region Crans-Montana-Sierre

Stärken des Ansatzes:

- Quantifizierte Abschätzung der in der Zukunft verfügbaren Ressourcen
- Betrachtung unterschiedlicher Szenarien und Jahreszeiten

Schwächen des Ansatzes:

- nur bei sehr guten Datenlage durchführbar, ansonsten sehr aufwändig

Vorgehen:

Bei guter Datenlage im Bilanzierungsraum werden:

- a) die heutigen Abflüsse wichtiger Messstationen in saisonaler/monatlicher Auflösung zusammengetragen.
- b) Abschätzungen des Abflussverhaltens für die Zukunft gemacht. Dabei kann mit Wasserhaushaltsmodellierungen unter Berücksichtigung der Klimaszenarien gearbeitet werden (sehr aufwändig). Alternativ kann mit ereignisbasierten Szenarien aus der Vergangenheit gearbeitet werden, was wesentlich weniger Aufwand verursacht (siehe Kapitel 5.1.2 im Bericht).

Für die Anwendung dieses Ansatzes wird zwingend empfohlen, mit unterschiedlichen Szenarien und in genügend hoher zeitlicher Auflösung zu arbeiten. Wichtig ist zudem, dass die Kriterien zur Beurteilung der Nachhaltigkeit (siehe Kap. 2 dieser Beilage) genügend berücksichtigt werden. Im vorliegenden Beispiel werden dazu einerseits das gesamte Dargebot und andererseits das Dargebot abzüglich der Restwassermenge dargestellt (siehe Abb. 3).

Hinweise zu den Datengrundlagen, siehe auch Anhang c):

- Abfluss- & Pegelmessstationen der Kantone und des Bundes
- viele Modellierungen zum künftigen Abflussverhalten bestehen bereits, wo keine Modellierungen vorhanden sind, können evtl. qualitative Aussagen von ähnlichen Einzugsgebieten übernommen werden (siehe dazu auch CH2014 oder CC-Hydro in Anhang c)

Beispiel Crans-Montana-Sierre

Im Rahmen des NFP61 Projekts MontanAqua wurden für die Region Crans-Montana-Sierre, die zukünftig zur Verfügung stehenden Wasserressourcen abgeschätzt. Dabei wurden unter Berücksichtigung verschiedenster sozioökonomischer- und Klimaszenarien das zur Verfügung stehende Wasserdargebot für den saisonalen Verlauf modelliert.

Abbildung 3 zeigt die modellierten Wasserressourcen der Region Crans-Montana-Sierre in normalen und trockenen Jahren nach 2050. Durch den Abzug der Restwassermengen und Wasserentnahmen werden die Monate mit Wasserknappheit identifiziert.

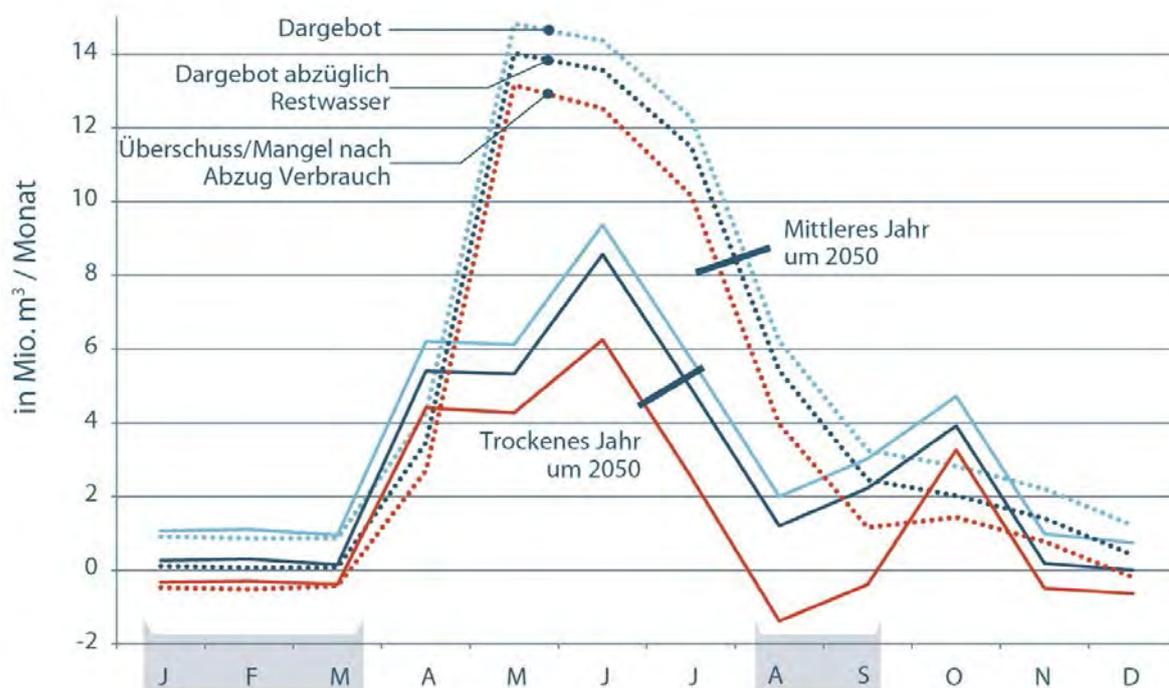


Abbildung 3: Wasserdargebot der Region Crans-Montana-Sierre in normalen und trockenen Jahren nach 2050. [3.1]

5 Referenzen

- [3.1] Björnsen Gurung, A.; Stähli, M. (2014): Wasserressourcen in der Schweiz: Dargebot und Nutzung – heute und morgen. Thematische Synthese 1 im Rahmen des NFP61.
- [f.1] UNA, Atelier für Naturschutz und Umweltfragen (in Erarbeitung): *Gefährdung der gewässergebundenen Biodiversität in Trockenheitsperioden. IST-Zustand und Trendaussagen für das Smaragdgebiet Oberaargau.*
- [f.2] Reynard, E.; Graefe, O.; Rist, S.; Schaedler, B.; Schneider, F.; Weingartner, R. (2013): MONTANAQUA. Anticiper le stress hydrique dans les Alpes – Scénarios de gestion de l’eau dans la région de Crans-Montana-Sierre (Valais). Résultats finaux et recommandations. Publikation Gewässerkunde 600, Bern.(provisorische Abb. Aus Teilsynthese 1 NFP 61
http://www.nfp61.ch/SiteCollectionDocuments/nfp61_thematische_synthese_1_d.pdf (25.11.2015)
- [f.3] Umwelt und Energie Kanton Luzern (2013): *Wasserentnahmen aus Gewässern ohne feste Einbauten.* Merkblatt.
- [f.4] BUWAL (2004): *Restwassermengen – Was nützen sie dem Fliessgewässer?* Schriftenreihe Umwelt Nr. 358.
- [f.5] Wasserwirtschaftsamt des Kantons Bern Hrsg. (2004): Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern. Sicherung der Mindestrestwassermengen.
http://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/wassernutzung/wasserentnahmen/landwirtschaftlichebewaesserung.assetref/dam/documents/BVE/AWA/de/Wanutz/Brosch%C3%BCre_Wasserentnahme%20Oberfl%C3%A4chengew.pdf (25.11.2015)
- [f.6] BUWAL (2000): *Wegleitung Angemessenen Restwassermengen – Wie können sie bestimmt werden?* Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00402/?lang=de> (25.11.2015)
- [f.7] BUWAL (1997): *Restwassermengen in Fliessgewässern. Wasserentnahmen, die insbesondere der Bewässerung dienen.* Mitteilungen zum Gewässerschutz. Nr. 24. Vollzug Umwelt. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00362/index.html?lang=de> (25.11.2015)
- [f.8] Geoportal des Kantons Bern: Wasserentnahmen aus Oberflächengewässern.
http://www.apps.be.ch/geo/index.php?tmpl=index&option=com_easysdi_catalog&Itemid=46&context=geocatalog&toolbar=1&task=showMetadata&type=complete&id=9b866ded-a805-455f-a2d6-79c0c66cffe4&lang=de
- [f.9] BAFU 2011: Liste der National Prioritären Arten. Arten mit nationaler Priorität für die Erhaltung und Förderung, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1103: 132 S.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01607/index.html?lang=de>

Annexe g)

Inventaire des captages disponibles pour l'approvisionnement en eau comme base d'une planification régionale.

Une contribution de l'Office fédéral de l'environnement OFEV

Auteur : Frédéric Guhl

Ce document montre quelles sont les informations de base nécessaires pour établir une planification régionale de l'approvisionnement en eau. Il donne aussi la marche à suivre en cas de conflits entre des zones de protection des eaux souterraines et des installations existantes situées dans la zone S2. La suppression de tels conflits est une étape indispensable permettant d'exploiter les eaux souterraines à long terme.

Table des matières

1. Questions clés.....	2
2. Description de la situation	2
3. Conflits d'intérêts	4
4. Inventaire	5
5. Littérature	6

1. Questions clés

Quels sont les captages d'eau souterraine qui peuvent être protégés conformément à la législation ?

Quelle est la quantité d'eau souterraine utilisée pour l'approvisionnement en eau disponible dans une région définie ? Suffit-elle pour subvenir aux besoins de la population en tout temps ?

Quelles sont les régions vulnérables ?

2. Description de la situation

80% de l'eau potable proviennent des eaux souterraines (puits et sources), dont environ 41% peuvent être distribuée dans le réseau sans aucun traitement. A cela s'ajoutent encore 31% pour lesquels un simple traitement est suffisant (p. ex. filtre UV) [1].

Ces ressources représentent un bien très précieux pour la population. Pour maintenir une telle qualité, il est indispensable de disposer d'une protection efficace des eaux souterraines. Il y a malheureusement de plus en plus de conflits d'intérêts dans les zones de protections des eaux souterraines. Certaines zones sont déjà très critiques car de nombreuses exigences sur la protection des eaux n'y sont pas respectées. D'autres ne sont pas encore en situation de conflit, mais fortement menacées par des constructions ou d'autres activités prévues. Par exemple, il arrive trop souvent que des installations soient autorisées en zone S2 sans justification suffisante (raisons importantes au sens de l'OEaux, annexe 4 chiffre 222 alinéa 1 lettre a et d OEaux).

Afin de garantir l'approvisionnement en eau dans le futur, il est indispensable d'en établir une planification régionale (figure 1) en se basant sur des ressources exploitées ou exploitables de façon durable, c'est-à-dire que l'on peut protéger conformément aux dispositions prévues.

Pour cela, il est nécessaire de bien connaître non seulement les besoins actuels et futurs, mais aussi les captages disponibles, les interconnexions existantes ainsi que les ressources potentiellement encore disponibles. Sur la base de cet inventaire, il doit être possible d'avoir une vue d'ensemble des captages disponibles et d'identifier quels sont ceux qui, stratégiquement, sont indispensables pour la région. En fonction du bilan obtenu, de nouvelles solutions doivent être recherchées.

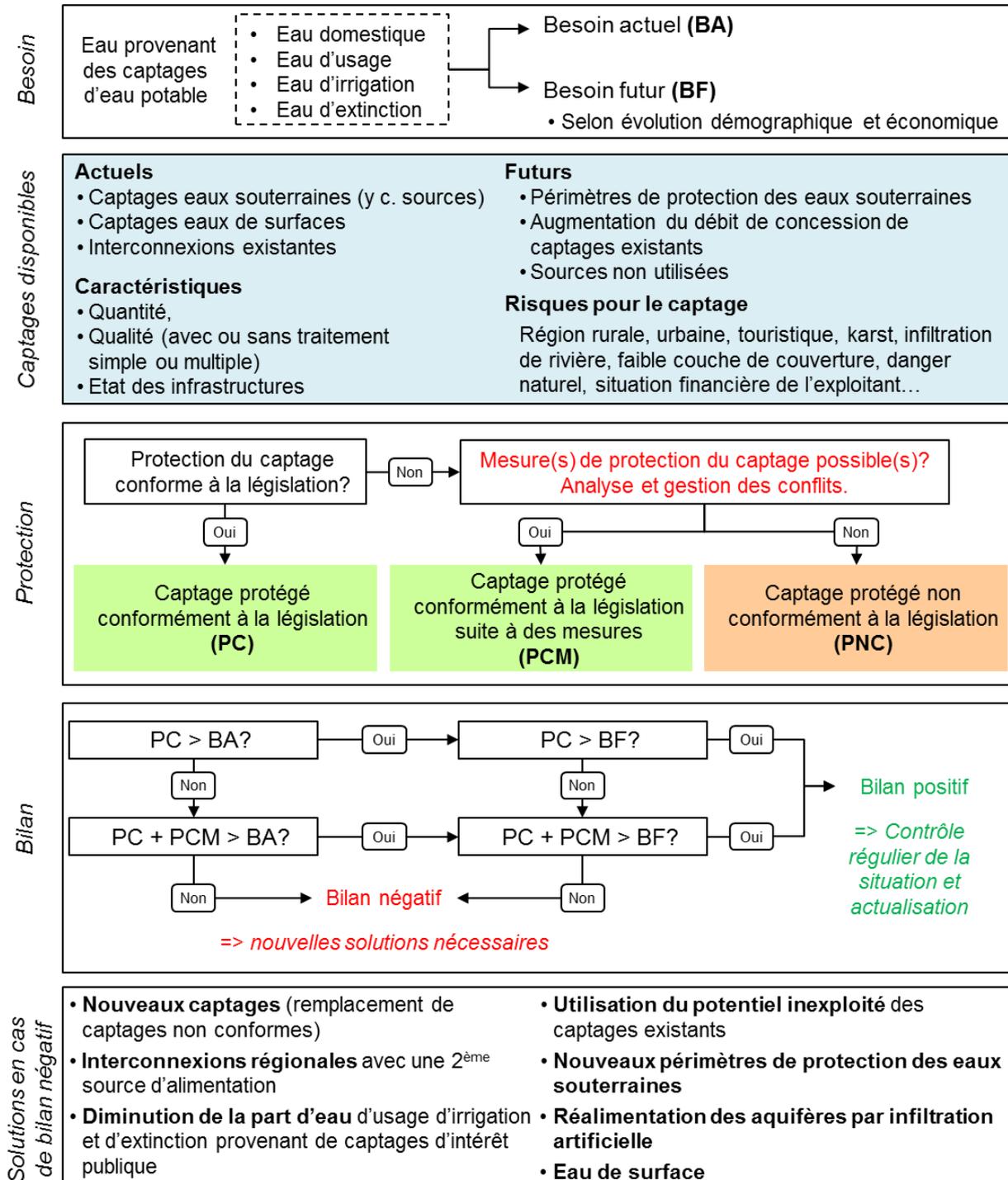


Figure 1 : Marche à suivre pour une planification régionale de l'approvisionnement en eau.

3. Conflits d'intérêts

Lorsqu'une installation selon l'annexe 4 chiffre 222 lettre a OEaux se situe en zone S2 de protection des eaux souterraines, l'autorité compétente doit évaluer la possibilité de maintenir le captage et l'installation, ou la nécessité de supprimer l'un d'eux. Le schéma de la figure 2 indique la marche à suivre lors de cette évaluation et fait partie intégrante de toute planification régionale de l'approvisionnement en eau.

En appliquant cette marche à suivre, l'autorité compétente évalue si un captage peut être maintenu et exploité de manière durable, c'est-à-dire si tout danger pour l'utilisation d'eau potable peut être exclu. Dans le cas contraire, l'installation doit être démantelée dans un délai raisonnable et d'ici là, l'autorité veille à ce que d'autres mesures propres à protéger l'eau potable, en particulier l'élimination des germes ou la filtration, soient prises dans l'intervalle (article 31 alinéa 2 lettre b OEaux). Si l'installation ne peut pas être démantelée, il ne reste à terme d'autre choix que l'abandon du captage comme ressource d'eau potable. L'eau pourrait alors être utilisée, par exemple, pour l'irrigation.

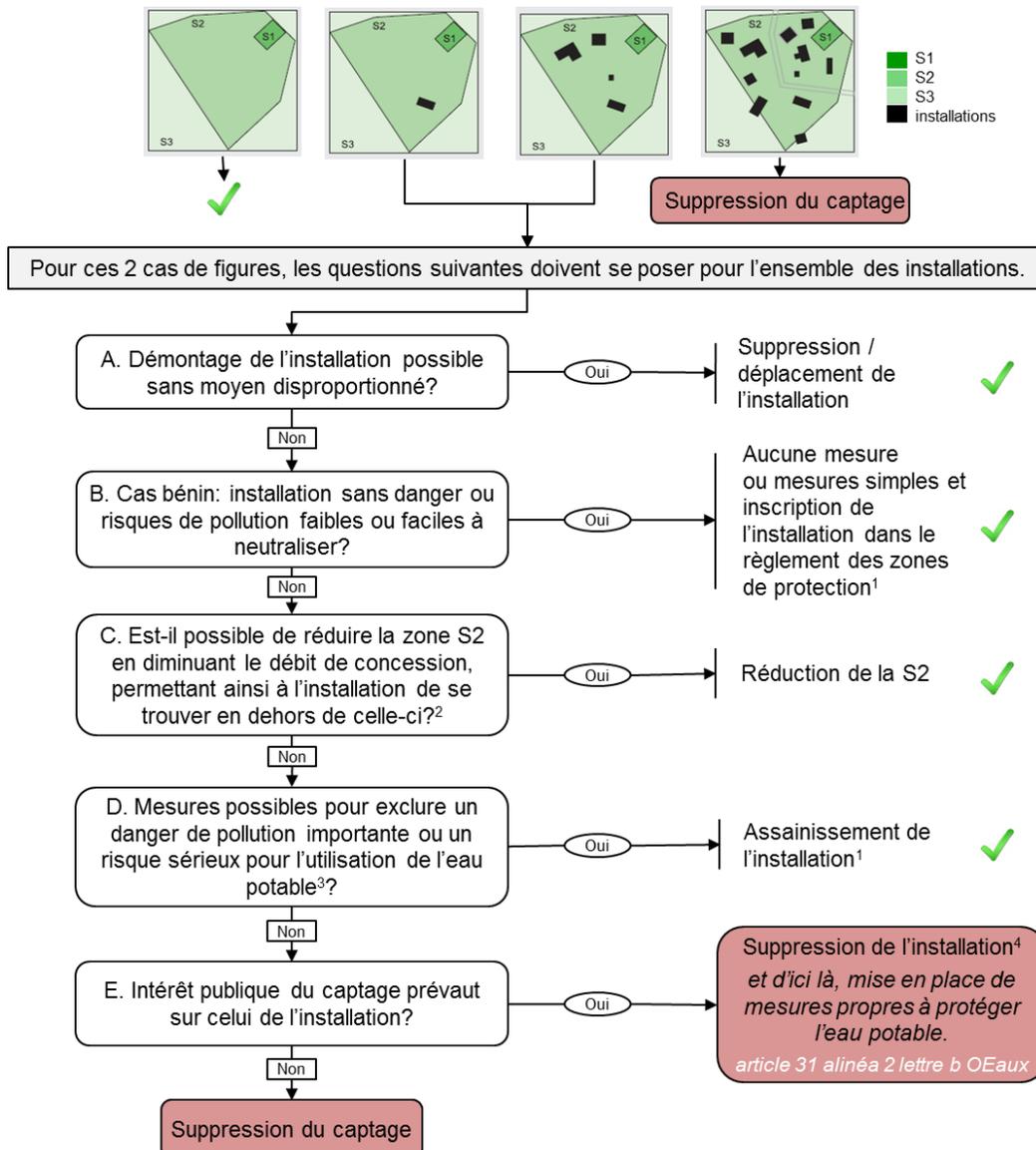


Figure 2 : Marche à suivre en cas de conflits entre des installations existantes et la protection des eaux souterraines.

Annotations de la figure 2 :

¹ Lorsque le captage doit être maintenu, toute nouvelle installation, toute extension ou modification d'activité d'installations existantes entraînant une augmentation du danger pour l'utilisation d'eau potable est interdite dans la zone S2 (Ann. 4 ch. 222 al. 1 let. a OEaux).

² La possibilité de diminuer le débit de concession doit être évaluée dans le cadre de la planification régionale des ressources en eau potable.

³ Un danger peut être considéré comme exclu, si une étude soignée adaptée au contexte apporte la certitude que l'installation considérée ne risque pas de porter atteinte au captage. Il ne suffit pas de prendre toutes les dispositions répondant à l'état de la technique, mais il convient d'y ajouter toutes les mesures que l'expérience suggère pour empêcher une pollution des eaux souterraines. Il ne faut pas se contenter d'une évaluation superficielle qui aboutirait à la conclusion qu'une menace est improbable [2].

⁴ Si la suppression de l'installation équivaut à une expropriation ou à une expropriation matérielle, le propriétaire du captage doit prendre en charge les indemnités à verser (art. 20 LEaux).

4. Inventaire

Afin de pouvoir planifier régionalement l'approvisionnement en eau (potable), l'autorité compétente doit obtenir un inventaire contenant notamment les informations suivantes :

- Nom du service des eaux
- Nom et type du/des captage(s)
- Qualité de la protection (PC=conforme, PCM=conforme avec mesures, PNC= non conforme)
- Quantité d'eau disponible
- Utilisation de l'eau (Eau potable/domestique, d'usage,...)
- Nombre d'habitants approvisionnés
- Interconnexion(s) existante(s)
- Périmètre(s) de protection des eaux disponible(s) ou prévu(s)
- Quantité d'eau disponible dans le futur

Sur la base de ces informations ainsi que de celles de l'annexe h (Darstellungsbeispiele zur Konzessionierung und Erschliessung der Wasserressourcen) il est possible de définir quels sont les captages d'importance régionale (p. ex : concession élevée ou seule source d'approvisionnement actuelle) et d'établir une carte de vulnérabilité qui permettra, dans le cadre du rapport d'expert [0.1], de trouver des solutions garantissant en tout temps l'approvisionnement en eau (potable) de la région concernée.

5. Littérature

- [0.1] Bundesamt für Umwelt Hrsg. (in Erarbeitung): Expertenbericht zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz. Expertenbericht zur regionalen Bewirtschaftung der Wasserressourcen.
 - [g.1] Freiburghaus, M. (2012) : Aufbereitung von Trinkwasser in der Schweiz : Auswertung der SVGW-Statistik 2005 und 2010, Aqua & Gas 9 : 78-81
 - [g.2] OFEFP (2004) : Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP, Berne, VU-2508. 133 p.
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00378/index.html?lang=fr>
-



Anhang h)

Darstellungsbeispiele zur Konzessionierung und Erschliessung der Wasserressourcen

1	Ziele des Anhangs	1
2	Aufbereitung von Konzessionsdaten	2
3	Darstellungsbeispiele Erschliessung	4
4	Referenzen	6

1 Ziele des Anhangs

Dieser Anhang verfolgt zwei Ziele:

In dieser Beilage werden Beispiele aufgezeigt, wie Konzessionsdaten so aufbereitet werden können, dass sie als Grundlage für die REB-Diagramme dienen.

Es sollen Beispiele gezeigt werden, wie die Erschliessung von Wasserressourcen schematisch oder kartographisch dargestellt werden kann, um einen Überblick über die Erschliessung der Ressourcen für die verschiedenen Nutzungen zu erhalten.

2 Aufbereitung von Konzessionsdaten

Tabelle 1: Mengenangaben zu den konzessionierten und geförderten Grundwassermengen für den privaten und industriellen Bereich. Beispiel aus [h.1]

GWPW	Art	Konzess. Menge [l/min]	Fördermengen		
			2003 [m ³]	2004 [m ³]	2005 [m ³]
Beringen, Bienengarten	Heizen	185	43'653	42'539	49'957
Beringen, Kies AG	Brauchwasser	300	71'879	73'552	54'287
Beringen, Simplex	Kühlen	720	0	0	0
Neunkirch, Privat-EFH	Heizen	60	---*	---*	---*
Neunkirch, Sonneck	Heizen	60	10'610	11'834	12'235
Hallau, Privat-EFH	Heizen	80	13'871	13'651	13'244
Neunkirch, Privat-EFH	Heizen	70	---*	11'920	9'240
Trasadingen, Privat	Tropfbewässerung	100	0	2'387	3'079
Wilchingen, Hablützel	Brauch	800	71'407	70'836	92'241
Total Klettgaurinne		2'375 (= 40 l/s)	211'420 (= 7 l/s)**	226'719 (= 7 l/s)**	234'283 (= 7 l/s)**

* keine Zahlen erhoben ** berechnet unter der Annahme, dass ohne Unterbruch gefördert wird

Ausschnitt aus [h.1]: Kt. Schaffhausen Hrsg. (2009): *Wasserwirtschaftsplan Teil Klettgau*

In Tabelle 1 findet sich ein Beispiel von Konzessionsdaten und effektiv genutzten Mengen. In Abbildung 1 wurden diese Zahlen verwendet, um einen Teil des REB-Diagramms zu erstellen.

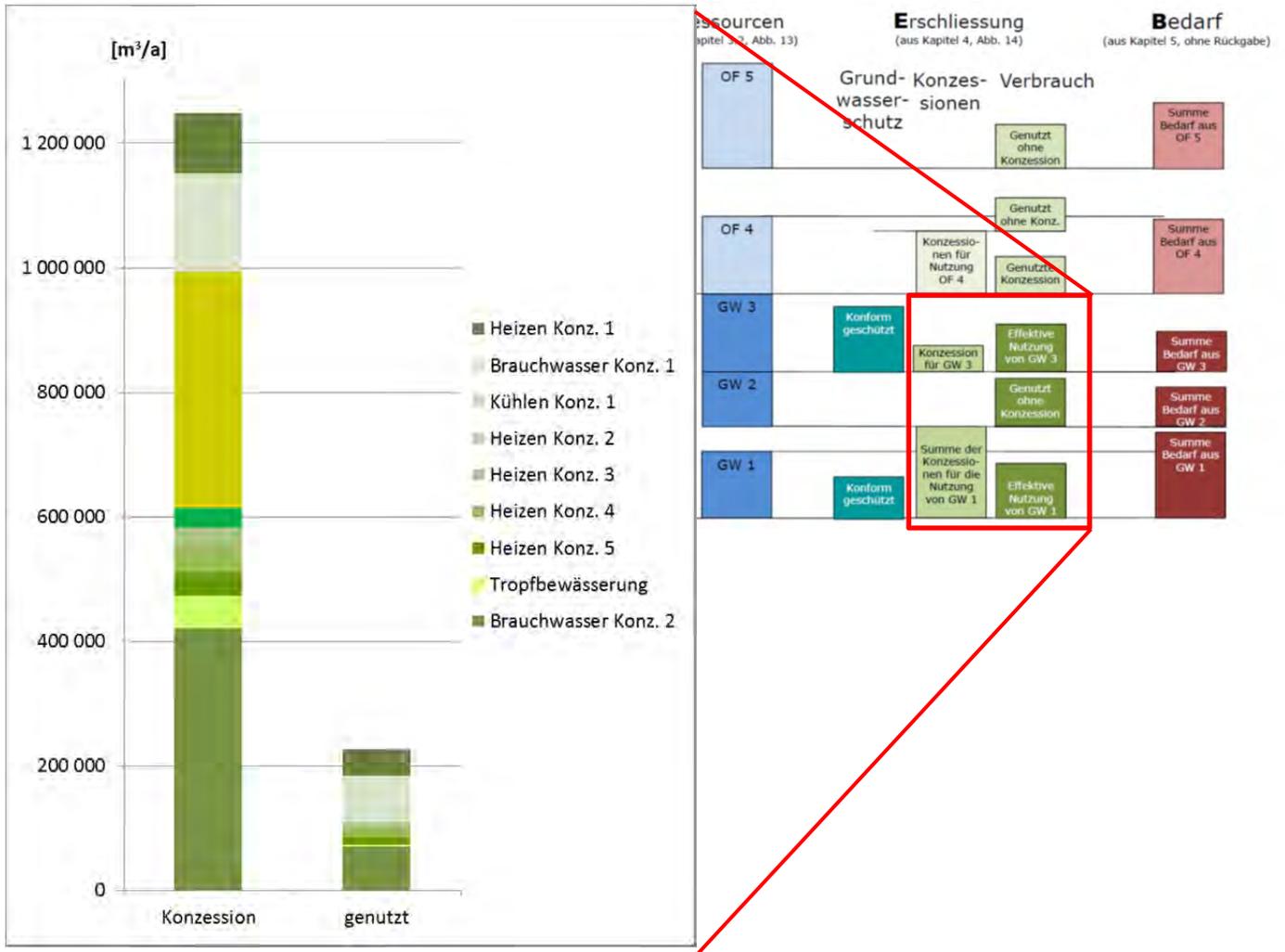


Abbildung 1: Graphische Darstellung der erteilten und genutzten Konzessionsmengen des Beispiels aus dem Kt. Schaffhausen. Zahlen aus [h.1] (OF: Ressource aus Oberflächengewässer; GW: Grundwasserressource)

3 Darstellungsbeispiele Erschliessung

In Abbildung 2 findet sich ein Darstellungsbeispiel zu den thermischen Wassernutzungen im Kanton Bern. Rot umrahmt sind die für den Kanton Bern gewählten Bilanzierungsräume.

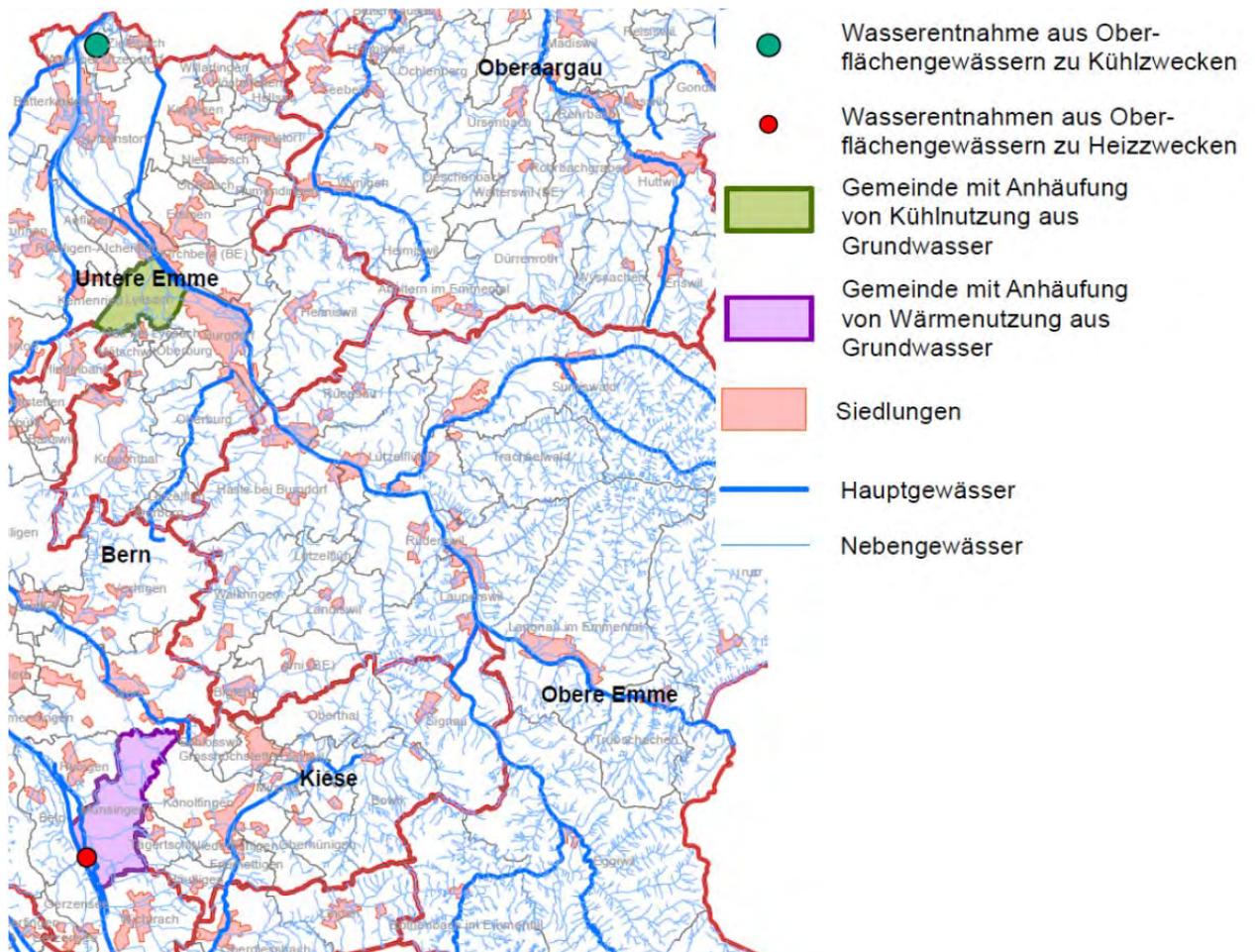


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Plan Thermische Nutzungen im Rahmen des Projektes „Situationsanalyse und Wasserbilanz in Trockenperioden - Pilotanwendung im Kanton Bern“ (unveröffentlicht)

In Abbildung 3 sind die verschiedenen Konzessionen nach Art der Wassernutzung geographisch aufgezeichnet.

Schliesslich ist in Abbildung 4 die bestehende und geplante Erschliessung im Bereich der Wasserversorgung dargestellt.

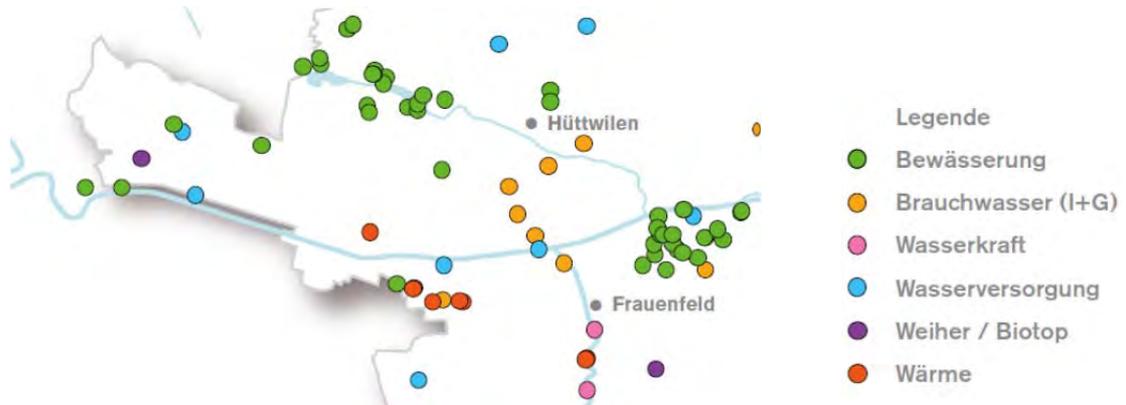


Abbildung 3: Konzessionen im Kanton Thurgau Ausschnitt aus [h.2]



Abbildung 4: Erschliessung durch öffentliche Wasserversorgung Kanton Thurgau (Ausschnitt aus [h.3])



4 Referenzen

- [h.1] Kt. Schaffhausen Hrsg. (2009): *Wasserwirtschaftsplan Teil Klettgau*
http://www.interkantlab.ch/fileadmin/files/sharing/dokumente/Berichte/Wasser/WWP_Klettgau.PDF
 (25.11.2015)
- [h.2] Amt für Umwelt des Kantons Thurgau Hrsg. (2012): *Wassernutzung im Thurgau*
http://www.umwelt.tg.ch/xml_21/internet/de/application/d1073/f8612.cfm (25.11.2015)
- [h.3] Amt für Umwelt des Kantons Thurgau Hrsg. (2011): *Trinkwasser im Thurgau*
http://www.umwelt.tg.ch/xml_21/internet/de/application/d1073/f8612.cfm (25.11.2015)

Anhang i)

Ermittlung des Trinkwasserbedarfs aus öffentlichen Trinkwasserversorgungen

1	Ziel des Anhangs i)	2
1.1	Leitfragen	2
1.2	Resultate	3
2	Methodik	4
2.1	Effektiv genutzte Mengen aus der öffentlichen Wasserversorgung	4
2.2	Hochrechnung des Wasserbedarfs aus der öffentlichen Wasserversorgung	5
2.2.1	Durchschnittliche Wassernutzung	5
2.2.2	Saisonale Variabilität in der Wassernutzung	5
2.2.3	Tagesspitzenbedarf	6
2.2.4	Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung während einer Trockenperiode	6
2.3	Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung in den festgelegten Szenarien	6
2.3.1	Durchschnittliche Wassernutzung	7
2.3.2	Saisonale Variabilität in der Wassernutzung	7
2.3.3	Tagesspitzenbedarf	8
2.4	Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit	8
3	Hinweise zur Umsetzung	9
3.1	Beispiel-Berechnungen für effektiv genutzte Mengen	9
3.2	Beispiele für Hochrechnungen der genutzten Mengen	11
4	Referenzen	13

1 Ziel des Anhangs i)

1.1 Leitfragen

Wie gross ist der Wasserbedarf aus der öffentlichen Wasserversorgung im Bilanzierungsraum:
 Heute in einem Durchschnittsjahr?
 In einem Trockenjahr?
 Saisonal?
 Welche Veränderungen werden für die Zukunft erwartet?

Abgrenzung:

Abschätzungen des Wasserbedarfs für die öffentliche Wasserversorgung werden im Normalfall im Rahmen einer Generellen Wasserversorgungsplanung (GWP) gemacht, wozu es zahlreiche Beispiele gibt. Für die Anwendung im Rahmen dieses Berichtes wird beispielhaft auf die Wegleitung GWP aus dem Kanton Bern [i.1] oder auf die Regionalen Wasserversorgungsplanungen im Kanton Basel-Landschaft [i.6] verwiesen.

Die Standardverfahren einer GWP werden in diesem Bericht nicht ausführlich behandelt, der Fokus wird auf die Aspekte sommerliche Trockenheit und eine regionale Planung gelegt. Der Wasserbedarf aus der öffentlichen Wasserversorgung ist seit mehreren Jahrzehnten rückläufig. Für den Normalfall haben darum kaum Wasserversorgungen Mühe, den Bedarf zu decken. Doch führt der Klimawandel zu häufigeren Trocken- und Hitzeereignissen. Im Sommer 2003 war der Wasserbedarf beispielsweise in vielen Gemeinden deutlich höher. Für künftige Abschätzungen des Wasserbedarfs sollten darum vermehrt solche extreme Szenarien berücksichtigt werden.

In diesem Anhang wird nur behandelt, wie der Wasserbedarf aus der öffentlichen Wasserversorgung bestimmt werden kann.

Für die Wassernutzung aus privaten Versorgungen können folgende Hinweise gegeben werden:

b) Grössere Industriebetriebe: Diese verfügen häufig über eigene private Versorgungsanlagen, mit welchen sie grössere Wassermengen fördern. Da diese Entnahmen konzessioniert sein sollten, müssten in der Regel beim Kanton die entsprechenden Daten zu den Wasserentnahmen vorhanden sein. Wichtig ist zwischen der konzessionierten und der effektiv genutzten Menge zu unterscheiden. Im Optimalfall sind Angaben zu beiden Mengen (konzessioniert und effektiv genutzt) beim Kanton vorhanden. Ansonsten muss der genutzte Anteil durch den Kanton abgeschätzt oder bei sehr grossen Verbrauchern angefragt werden.

a) Trinkwasser in abgelegenen Regionen ohne öffentliches Trinkwassernetz oder Trinkwasser für einzelne Landwirtschaftsbetriebe: Es handelt sich meist um private Quellen, welche oft nicht konzessioniert sind. Falls beim Kanton keine Angaben zu diesen Nutzungen bestehen und grössere Regionen über private Trinkwassernetze versorgt werden, sollte der Kanton die genutzte Menge aus diesen Vorkommen über die Anzahl angeschlossener Einwohner abschätzen. In den meisten Fällen wird dies jedoch vernachlässigbar sein, da es sich um eine sehr geringe Anzahl Haushalte handelt.

Annahme:

Für die nachfolgenden Erhebungen wird davon ausgegangen, dass die Wassernutzung nicht eingeschränkt wird, d.h. dass beispielsweise während einer Trockenperiode keine Verbote der Nutzung für Gartenbewässerung oder Autowäsche durch die Wasserversorgungen ausgesprochen werden.

1.2 Resultate

Nach der Bearbeitung dieses Arbeitsschritts werden folgende Zahlen erhoben sein:

- jährlicher Wasserverbrauch
- Tagesspitzenverbrauch
- Angaben zu saisonalen Spitzen (z.B. maximaler Monatsverbrauch) für ein Trocken/Hitzejahr

Alle Zahlen jeweils für heute sowie für die definierten Szenarien.

Beispiele von Darstellungsmöglichkeiten (Graphiken, Tabellen) finden sich im Kapitel 3.

2 Methodik

Für den Ist-Zustand kann die genutzte Wassermenge grundsätzlich auf zwei verschiedene Arten eruiert werden.

Erhebung der effektiv genutzten Mengen (siehe Kapitel 2.1): Die im Bilanzierungsraum genutzte Wassermenge aus öffentlicher Wasserversorgung wird direkt bei den Wasserversorgungen angefragt.

Hochrechnungen (siehe Kapitel 2.2): Falls der Aufwand für eine Erhebung zu gross ist (z.B. sehr viele verschiedene Wasserversorgungen), kann die genutzte Menge durch Hochrechnung (z.B. über die Anzahl Einwohner oder die Anzahl Arbeitsplätze in einer Arbeitszone) eruiert werden.

Für die Abschätzung der genutzten Wassermenge **bei verschiedenen Szenarien** werden die aufgrund Kapitel 2.1 oder 2.2 erhobenen Daten mit Gewichtungen oder spezifischen Faktoren für die Zukunft multipliziert. Die Methodik hierzu findet sich in **Kapitel 2.3**.

2.1 Effektiv genutzte Mengen aus der öffentlichen Wasserversorgung

Hinweise: Die Wasserversorgungen im Bilanzierungsraum sollen angefragt werden, Angaben zu machen

	Bemerkungen
zur abgegebenen Trinkwassermenge (Summe in einem durchschnittlichen Jahr)	
aus welchen Ressourcen (einzelne Quellen und Grundwasserträger) diese stammen	
zur abgegebenen Trinkwassermenge (Summe in einem trockenen Jahr)	Es können die effektiv genutzten Mengen in einem Trockenjahr (z.B. 2003 oder 2011) angefragt werden.
zur saisonalen Variabilität der abgegebenen Trinkwassermenge	Falls von den Wasserversorgungen Angaben zu effektiv genutzten Mengen vorliegen, ist abzuklären, ob diese möglicherweise sogar monatlich differenziert zur Verfügung gestellt werden können.
zum Tagesspitzenbedarf	Viele grössere Wasserversorgungen erheben für den SVGW die maximalen Tageswasserabgaben. Für die kleineren Wasserversorgungen muss die Methodik gemäss Kapitel 2.2.3 gewählt werden

Ein Beispiel hierzu findet sich im Kapitel 3.

2.2 Hochrechnung des Wasserbedarfs aus der öffentlichen Wasserversorgung

2.2.1 Durchschnittliche Wassernutzung

Die Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung (inkl. Gewerbe und Industrie, Verluste, etc.) beträgt im Durchschnitt **309 l/E/d** [5.1]). Sie variiert jedoch stark. In sehr ländlichen Gemeinden kann sie unter 100 l/E/d liegen, in touristischen Regionen über 1000 l/E/d.

Um die Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung differenzierter zu erheben, sollte deshalb zwischen „Haushalten und Kleingewerbe“, „Grossbezügern“ und „Landwirtschaft“ unterschieden werden.

- Die Wassernutzung aus Haushalten und Kleingewerbe beträgt zwischen **160 und 170 l/E/d** [5.1].
- Angaben zu Grossbezügern finden sich oft in GWP oder GEP.
- Landwirtschaft: Die Wegleitung GWP des AWA Kt. Bern [i.1] rechnet mit 100 l/GVE/d.

Wenn möglich sollten am Schluss die hochgerechneten Daten mittels Stichproben plausibilisiert werden.

2.2.2 Saisonale Variabilität in der Wassernutzung

Falls keine Daten zur effektiv genutzten monatlichen Mengen vorliegen, kann der saisonal variierende Anteil der gesamten Nutzung abgeschätzt werden. Dazu können die folgenden Hinweise gemacht werden:

Zur saisonalen Variabilität in der Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung tragen vor allem zwei Faktoren bei:

1. der Tourismus
2. die Gartenbewässerung

Hochrechnung des touristischen Verbrauchs:

In touristischen Regionen variiert der Wasserbedarf aus öffentlicher Wasserversorgung vor allem je nach Belegung der Hotels und Ferienwohnungen. In touristischen Regionen sollten deshalb Informationen über die Anzahl Übernachtungen in den verschiedenen Monaten vorhanden sein (beispielsweise über die Kurtaxen).

Kennzahlen:

In einer Literaturstudie aus Österreich [i.2] wurden verschiedenste Studien, Normen und Fachliteratur zusammengefasst. Gemäss dieser Studie beträgt die Wassernutzung **pro Gast und Tag 290 l** (Median). Die Wassernutzung pro Gast ist stark abhängig von der Art des Hotels: Die Spannweite beträgt ca. 150 l bis 600 l pro Tag und Gast bzw. Angestellten (vom einfacheren Hotel bis zum Luxushotel).

Abschätzung des Verbrauchs für Gartenbewässerung:

Über die Gartenbewässerung bestehen leider nur grobe Abschätzungen, da die genutzte Menge in den Haushalten nicht nach Ort der Nutzung (Bad, Küche, Aussenwasserhahn) sondern nur als Gesamtes gemessen wird. Es gibt jedoch (relativ alte) Abschätzungen über den Anteil der Wassernutzung für die Gartenbewässerung. Diese liegen bei rund 4% der Wassernutzung durch Haushalte (inkl. Kleingewerbe) [i.3]. Je nach Region verteilen sich diese 4% vermutlich auf 2 bis 6 Monate, in welchen Gartenbewässerung aus öffentlicher Versorgung stattfindet. Die Gartenbewässerung variiert sehr stark mit dem Wettergeschehen und steigt stark an bei Trockenperioden. Es ist darum zu empfehlen mit einem ereignisbasierten Szenario für Trockenheit zu arbeiten (siehe 2.2.4)

2.2.3 Tagesspitzenbedarf

Falls keine maximalen Tageswasserabgaben für den untersuchten Bilanzierungsraum vorliegen, kann für den Tagesspitzenbedarf ein Faktor verwendet werden (z.B. Tagesspitzenfaktor nach DVGW W410 [i.4]).

$$\frac{Qd_{max}}{Qd_{mittel}}$$

Der Tagesspitzenfaktor ist das Verhältnis von Spitzentag zu durchschnittlichem Tag und ist von der Grösse des Versorgungsgebiets abhängig. Siehe Tabelle 1.

Tabelle 1: Tagesspitzenfaktor nach DVGW W 410; berechnet Tabelle aus [i.2]

Einwohner im Versorgungsgebiet	nach DVGW W 410 berechnet [-]
bis 1 500	bis 2.3
1 501 bis 5 000	2.3 bis 2.1
5 001 bis 20 000	2.1 bis 1.9
20 001 bis 50 000	1.9 bis 1.7
über 50 000	1.7 bis 1.3

2.2.4 Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung während einer Trockenperiode

Aus früheren Ereignissen ist bekannt, dass der Wasserbedarf während Trockenzeiten stark zunehmen kann (Gartenbewässerung, Swimmingpools, landwirtschaftliche Bewässerung etc.). Mit dem häufiger erwarteten Auftreten solcher Ereignisse im Rahmen des Klimawandels wird empfohlen, den Wasserbedarf für ein Trocken- /Hitzeszenario abzuschätzen. Kapitel 1.5 des Berichtes zeigt verschiedene Möglichkeiten auf. Am einfachsten wird der saisonale Spitzenwasserbedarf aus einem früheren Ereignis (z.B. 2003) als Referenz verwendet.

2.3 Wassernutzung aus öffentlicher Wasserversorgung in den festgelegten Szenarien

Die schweizweiten Szenarien (siehe Kapitel 1.5 des Berichtes) sollen für den betreffenden Bilanzierungsraum interpretiert werden, so dass die für den Wasserverbrauch aus öffentlicher Wasserversorgung nötigen Kenngrössen abgeschätzt werden können.

Dies sind:

	Bemerkungen	hat Einfluss auf
die Anzahl Einwohner	absolut oder Veränderung in Prozent gegenüber heute	<ul style="list-style-type: none"> • \emptyset Wassernutzung • saisonale Variabilität
die Entwicklung von Gewerbe und Industrie	Welche Industriezweige nehmen im Bilanzierungsraum zu oder ab? Nutzen diese Wasser aus der öffentlichen Versorgung?	<ul style="list-style-type: none"> • \emptyset Wassernutzung • evtl. saisonale Variabilität
die Entwicklung des Tourismus	Zunahme oder Abnahme von Übernachtungen? In welchen Jahreszeiten?	<ul style="list-style-type: none"> • \emptyset Wassernutzung • saisonale Variabilität • Tagesspitzenbedarf
die klimatische Entwicklung (saisonale Extreme)	Abnahme der Niederschläge, Zunahme der Verdunstung und Erhöhte Temperaturen können zu einem erhöhten Bewässerungsbedarf in privaten Gärten führen. Ob sich erhöhte Temperaturen auch nebst der Gartenbewässerung auf den spezifischen Bedarf auswirken (z.B. vermehrtes Duschen) ist für die Schweiz nicht untersucht.	<ul style="list-style-type: none"> • \emptyset Wassernutzung • saisonale Variabilität • Tagesspitzenbedarf

2.3.1 Durchschnittliche Wassernutzung

Die durchschnittliche Wassernutzung setzt sich wie folgt zusammen:

$$\emptyset \text{ Wassernutzung} = \text{WN}_{\text{Haushalte und Kleingewerbe}} + \text{WN}_{\text{Grossverbraucher}} + \text{WN}_{\text{Tourismus}}$$

Die durchschnittliche Wassernutzung in einem bestimmten Szenario ist deshalb abhängig von:

- Anzahl Einwohner
- Entwicklung der Industrie (Grossverbraucher)
- Entwicklung des Tourismus.

2.3.2 Saisonale Variabilität in der Wassernutzung

Die saisonale Variabilität in der Wassernutzung setzt sich wie folgt zusammen:

$$\Delta \text{ Wassernutzung} = \Delta \text{WN}_{\text{Tourismus}} + \Delta \text{WN}_{\text{Gartenbewässerung}}$$

$\Delta \text{WN}_{\text{Tourismus}}$ und $\Delta \text{WN}_{\text{Gartenbewässerung}}$ müssen deshalb für das gewählte Szenario abgeschätzt werden können, um die gesamte saisonale Variabilität zu erhalten.

2.3.3 Tagesspitzenbedarf

Die GWP Wegleitung des Kantons Bern [i.1] verwendet den sogenannten Spitzenfaktor S . Dieser ist definiert als

$$S = \frac{Q_{max}}{Q_{mittel}}$$

wobei Q_{max} dem Durchschnitt der zehn höchsten Tageswerte pro Jahr entspricht, wenn möglich gemittelt über die letzten Jahre.

Mit diesem Wert kann dann der Tagesspitzenbedarf zum Beispiel für gewisse Szenarien berechnet werden unter der Annahme, dass der Spitzenfaktor S konstant bleibt.

2.4 Anforderungen an die Wasserbeschaffenheit

Die gesamte genutzte Menge aus der öffentlichen Wasserversorgung muss die Bestimmungen gemäss Lebensmittelgesetzgebung¹ erfüllen, auch wenn nicht für alle Zwecke auch wirklich diese Qualität nötig wäre (Bsp. Autowäsche, Rasenbewässerung).

¹ Lebensmittelgesetz LMG, Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV), Fremd- und Inhaltsstoffverordnung (FIV) sowie Verordnung über Trink-, Quell- und Mineralwasser

3 Hinweise zur Umsetzung

3.1 Beispiel-Berechnungen für effektiv genutzte Mengen

Zur Verfügung stehende Daten / Angaben:

Folgende Angaben wurden von den Wasserversorgungen im Bilanzierungsraum zur Verfügung gestellt:

Tabelle 2: Beispiel Angaben für die jährliche Nutzung in einem Bilanzierungsraum (orange hinterlegt, wo Angaben fehlen)

Wasserversorgung	Versorgte Einwohner im eigenen Versorgungsgebiet	aus Quelle in Gemeinde A	Aus Grundwasserträger Mustertal	aus Quelle in Gemeinde D	Versorgte Einwohner	durchschn. Tagesverbrauch l/E/d	max. Tagesverbrauch l/E/d	Tagesspitzenfaktor	Juli	August
		1000 m ³ /a	1000 m ³ /a	1000 m ³ /a					m ³ /Mt	m ³ /Mt
Gemeinde-Wasserversorgung A	3 000	900	0	0	3 000	822	1 000	k.A.	90 000	85 000
Wasserverbund B	12 000	300	1 200	0	12 000	342	k.A.	2.0	150 000	150 000
Wasserverbund C	7 000	0	1 500	0	7 000	587	800	k.A.	k.A.	k.A.
Gemeinde-Wasserversorgung D	650	0	10	30	650	169	k.A.	2.3	4 000	k.A.

Ergänzung der Daten und Auswertungen:

Wo Angaben fehlen, müssen diese mittels Abschätzungen ergänzt werden, z.B. bei den Angaben zur saisonalen Variabilität. Wo mehrere Angaben zur monatlichen Nutzung vorliegen, wird der Maximalwert gewählt. Wo gar keine Angaben vorliegen, werden diese aufgrund der vorhandenen durchschnittlichen Monatsnutzung abgeschätzt (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Beispiel Angaben für die monatliche Nutzung in einem Bilanzierungsraum (orange hinterlegt, wo Angaben fehlen, grün hinterlegt, wo diese ergänzt wurden)

Wasserversorgung	Versorgte Einwohner im eigenen Versorgungsgebiet	Juli oder August	durchschnittlicher Monat	Juli bzw. August/ durchschn. Monat
		m ³ /Mt	m ³ /Mt	-
Gemeinde-Wasserversorgung A	3 000	90 000	75 000	1.2
Wasserverbund B	12 000	150 000	125 000	1.2
Wasserverbund C	7 000	k.A.	125 000	1.2
Gemeinde-Wasserversorgung D	650	4 000	3 333	1.2

Damit kann dann folgende Grafik erstellt werden, welche Hinweise auf die saisonale Variabilität der Wassernutzung liefert.

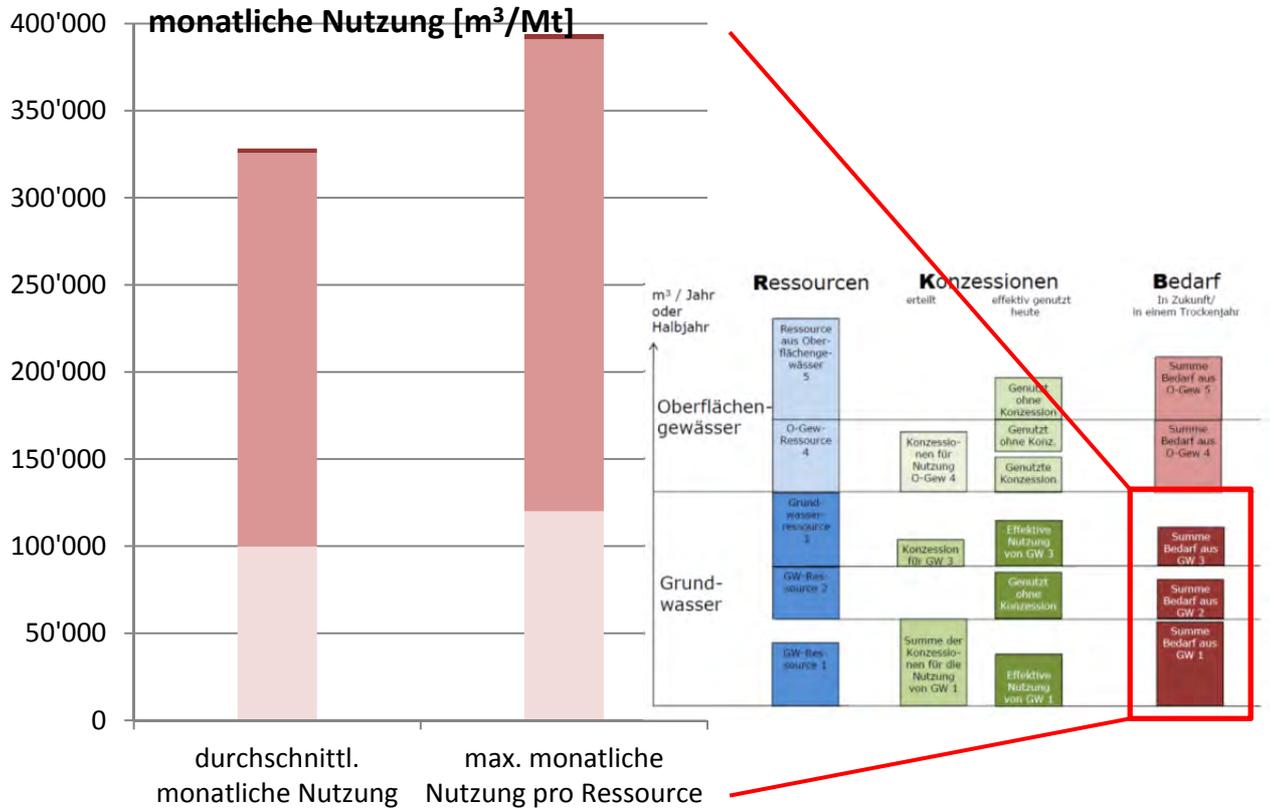


Abbildung 1: Mögliche Darstellung der monatlichen Nutzung in einem durchschnittlichen Monat und einem Monat mit hohem Verbrauch (im Beispiel Juli oder August). Die Abbildung liefert einen Teil des REB-Diagramms (siehe rechte Abbildung).

3.2 Beispiele für Hochrechnungen der genutzten Mengen

Zur Verfügung stehende Daten / Angaben:

Folgende Angaben stehen für den Bilanzierungsraum zur Verfügung:

Angaben Ist-Zustand

- Einwohnerzahl im Bilanzierungsraum: 50 000
- Von den 3 grössten Wasserversorgungen ist bekannt, aus welchen Ressourcen sie das Wasser beziehen. Diese 3 Wasserversorgungen beliefern zusammen 35 000 der 50 000 Einwohner im Bilanzierungsraum.
- Angaben von insgesamt 15 Grossbezügern: Diese haben zusammen einen Verbrauch von durchschnittlich 680 000 m³/a. Die Grossbezüger beziehen ihr Wasser von den 3 Wasserversorgungen, von welchen bekannt ist, aus welchen Ressourcen sie ihr Wasser beziehen.
- Tourismus: Im Bilanzierungsraum gab es im vergangenen Jahr 250 000 Logiernächte, davon zwei Drittel im Winter.

Angaben „Kantonsszenario“

Das vom Kanton festgelegte Szenario führt im Bilanzierungsraum gemäss Experteneinschätzung zu

- einer Zunahme der Bevölkerung auf 55 000
- einer Stabilisierung im Tourismusbereich, wobei der Wintertourismus eher rückläufig ist
- einer stabilen Entwicklung des Verbrauchs der Grossbezüger (Industrie)
- einer Abnahme des Niederschlags im Sommer um 10%.

Auswertungen Ist-Zustand: Durchschnittliche Wassernutzung

$$WN_{\text{Haushalte und Kleingewerbe}} = 50\,000 \cdot 190 \text{ l/E/d} = 3.47 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$$

$$WN_{\text{Grossverbraucher}} = 0.68 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$$

$$WN_{\text{Tourismus}} = 250\,000 \text{ Logiernächte} \cdot 290 \text{ l} = 72\,500 \text{ m}^3/\text{a}$$

$$\emptyset \text{ Wassernutzung} = WN_{\text{Haushalte und Kleingewerbe}} + WN_{\text{Grossverbraucher}} + WN_{\text{Tourismus}}$$

$$\emptyset \text{ Wassernutzung} = 3.47 \text{ Mio. m}^3/\text{a} + 0.68 \text{ Mio. m}^3/\text{a} + 72\,500 \text{ m}^3/\text{a} = 4.22 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$$

Auswertungen Ist-Zustand: Saisonale Variabilität

$$WN_{\text{Gartenbewässerung}} = 4\% \text{ von } 190 \text{ l/E/d} = 365 \cdot 190 \text{ l} \cdot 4\% = 2\,774 \text{ l/E/a.}$$

Annahme: diese ca. 2.8 m³/E fallen in den Monaten Juni, Juli, August an.

$$\text{monatl. } WN_{\text{Haushalte und Kleingewerbe ohne Gartenbewässerung}}^2 = 30 \text{ d} \cdot 190 \text{ l} \cdot 96\% \cdot 50\,000 \text{ E} = 273\,600 \text{ m}^3/\text{Mt.}$$

$$\text{monatl. } WN_{\text{Haushalte und Kleingewerbe mit Gartenbewässerung}}^3 =$$

$$WN_{\text{Haushalte und Kleingewerbe ohne Gartenbewässerung}} + 2.8 \text{ m}^3/\text{E/a} \cdot 50\,000 \text{ E} / 3 \text{ Mt.} =$$

$$273\,600 \text{ m}^3/\text{Mt} + 46\,700 \text{ m}^3/\text{Mt.} = 320\,300 \text{ m}^3/\text{Mt.}$$

² alle Monate ausser Juni, Juli, August

³ Monate Juni, Juli, August

WN _{Tourismus}

Annahme: von den 72 500 m³ entfallen $\frac{1}{3}$ auf die 6 Sommermonate und $\frac{2}{3}$ auf die 6 Wintermonate:

monatl. WN _{Tourismus Sommer} = $\frac{1}{3} * 72\,500\text{ m}^3 / 6\text{ Mt.} = \text{ca. } 4\,000\text{ m}^3/\text{Mt.}$ (April bis September)

monatl. WN _{Tourismus Winter} = $\frac{2}{3} * 72\,500\text{ m}^3 / 6\text{ Mt.} = \text{ca. } 8\,050\text{ m}^3/\text{Mt.}$ (Oktober bis März)
 $72\,500 / 3 / 6 = \text{ca. } 4\,000\text{ m}^3 / \text{Sommermonat}$
 und $2/3 = \text{ca. } 8\,050\text{ m}^3 / \text{Wintermonat}$ auf die Wintermonate.

WN _{monatlich}

Wassernutzung _{April, Mai, September}

= WN _{Haushalte und Kleingewerbe ohne Gartenbewässerung} + WN _{Grossverbraucher} + WN _{Tourismus Sommer}
 = 273 600 m³/Mt. + 56 700 m³/Mt. + 4 000 m³/Mt.
 = 334 300 m³/Mt.

Wassernutzung _{Oktober bis März}

= WN _{Haushalte und Kleingewerbe ohne Gartenbewässerung} + WN _{Grossverbraucher} + WN _{Tourismus Winter}
 = 273 600 m³/Mt. + 56 700 m³/Mt. + 8 050 m³/Mt.
 = 338 350 m³/Mt.

Wassernutzung _{Juni, Juli, August}

= WN _{Haushalte und Kleingewerbe mit Gartenbewässerung} + WN _{Grossverbraucher} + WN _{Tourismus Sommer}
 = 320 300 m³/Mt. + 56 700 m³/Mt. + 4 000 m³/Mt.
 = 381 000 m³/Mt.

Auswertungen „Kantons-Szenario“:

Annahme zur Gartenbewässerung: Die Abnahme der Niederschläge um 10% führt zu einer Verdopplung der Gartenbewässerung auf durchschnittlich 15 l/E/d.

Dadurch erhöht sich die WN _{Haushalte und Kleingewerbe mit Gartenbewässerung} auf 198 l/E/d.

WN _{Haushalte und Kleingewerbe mit Gartenbewässerung} = 55 000 * 198 l/E/d = 3.97 Mio. m³/a

WN _{Grossverbraucher} = 0.68 Mio. m³.

WN _{Tourismus} = 250 000 * 290 l: 72 500 m³.

Gesamte Nutzung: WN _{Total} = WN _{Haushalte und Kleingewerbe mit Gartenbewässerung} + WN _{Grossverbraucher} + WN _{Tourismus} =
 3.97 Mio. m³/a + 0.68 Mio. m³/a + 72 500 m³/a = ca. 4.72 Mio. m³ /a.

Von 70% der Nutzung der Haushalte und von 100 % der Nutzung der Grossbezüger können Angaben zur Herkunft der Ressource gemacht werden.

4 Referenzen

- [5.1] Freiburghaus, M. (2015): *Wasserverbrauch. Sinkender Wasserabsatz im Schweizer Haushalt*. AQUA & GAS N°3
http://www.svgw.ch/fileadmin/resources/svgw/web/Wasser-Eau/SVGW_Wasserverbrauch_Haushalt_AeG_3_2015.pdf (25.11.2015)
- [i.1] AWA Amt für Wasser und Abfall des Kantons Bern Hrsg. (2011): *Generelle Wasserversorgungsplanung GWP - Wegleitung 2011*.
http://www.bve.be.ch/bve/de/index/wasser/wasser/wasserversorgung/planung_gwp.assetref/content/dam/documents/BVE/AWA/de/SWW_WV/2011_GWP_Leitfaden_dt.pdf (25.11.2015)
- [i.2] Lebensmittelministerium Österreich (2010): *Studie Wasserverbrauch und Wasserbedarf. Teil 1: Literaturstudie zum Wasserverbrauch – Einflussfaktoren, Entwicklung und Prognosen*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.
http://www.bmlfuw.gv.at/publikationen/wasser/wasserwirtschaft_wasserpolitik/wasserverbrauch_und_wasserbedarf.html (25.11.2015)
- [i.3] Scheele, U.; Malz S. (2004): *Wassernutzung und Eingriffe des Menschen in den Wasserhaushalt*. in: Lozán J. L., Graßl H., Huper P., Menzel L., Schönwiese C.-D. (Hrsg.) 2004, Warnsignal Klima: Genug Wasser für alle?, S. 91-95.
http://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user_upload/wire/fachgebiete/wipol/download/scheele.pdf (25.11.2015)
- [i.4] DVGW (Hrsg.) 2008: *Arbeitsblatt W410: Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen*.
- [i.5] Lebensmittelgesetzgebung: Relevant bzgl. Trinkwasserversorgung:
 Bundesgesetz vom 9. Oktober 1992 über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (817.0)
 Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung vom 23. November 2005 (LGV) (817.02)
 Verordnung des EDI vom 26. Juni 1995 über Fremd- und Inhaltsstoffe in Lebensmitteln (817.021.23)
 Verordnung des EDI vom 23. November 2005 über Trink-, Quell- und Mineralwasser (817.022.102)
- [i.6] Holinger (2014): *Regionale Wasserversorgungsplanung Kanton BL – Region 3 (Sissach)*. Situationsanalyse. Amt für Umweltschutz und Energie BL, Fachstelle Wasserversorgung.
http://www.baselland.ch/fileadmin/baselland/files/docs/bud/aue/wasser/wasserversorgung/wasserversorgung_region-3_situationsanalyse.pdf (25.11.2015)



Anhang j)

Ermittlung des Bewässerungsbedarfs für die Landwirtschaft

Ein Beitrag von Agroscope Reckenholz
Autoren: Dr. Pascale Smith, Prof. Dr. Jürg Fuhrer

Dieser Anhang beschreibt, wie mittels separat zur Verfügung gestellten Tabellen der Bewässerungsbedarf (im Sinne von Pflanzen-Zusatzwasserbedarf) pro angepflanzte Kultur und ausgewählte Wetterstation in Abhängigkeit von Klimaszenarien und Bodentypen auf monatlicher Skala abgeschätzt und, darauf basierend, der Bewässerungsbedarf (im Sinne von Nachfrage an Wasserressource) in einem Bilanzierungsraum hochgerechnet werden kann.

1	Ziele des Anhangs	2
1.1	Leitfragen	2
1.2	Resultate	2
2	Methodik Modellrechnungen Agroscope	3
2.1	Ausgewählte Regionen/Stationen	3
2.2	Herleitung der Klimaszenarien	4
2.3	Berechnungsansatz	5
2.4	Tabellen und Lesehilfe	6
3	Hochrechnung des Bewässerungsbedarfs auf den Bilanzierungsraum	7
3.1	Darstellungsbeispiel	7
3.2	Hochrechnungsbeispiel	7
4	Referenzen	9

1 Ziele des Anhangs

1.1 Leitfragen

Dieser Anhang gibt Antwort auf folgende Leitfragen:

- Wie gross ist der Bewässerungsbedarf im Bilanzierungsraum:
 - Heute in einem Durchschnittsjahr? In einem Trockenjahr?
 - Saisonal? Kultur- und bodenspezifisch?
- Welche Veränderungen ergeben sich aufgrund von Klimaszenarien für die Zukunft?

Abgrenzung:

Zur Sicherung von Ertrag und Qualität landwirtschaftlicher Kulturen ist in vielen Fällen eine Bewässerung unumgänglich. Die dafür nutzbare Wassermenge ist aber oft begrenzt. Besonders während längerer Trockenperioden kann es zu Wasserknappheit kommen. Mit dem Klimawandel könnten solche kritischen Situationen künftig häufiger werden. Um diese Situationen zu entschärfen und sich auf künftige Bedingungen vorzubereiten, braucht es eine gute Planung der Wasserreserven und des Wasserverbrauchs verschiedener Nutzer, einschliesslich der Landwirtschaft.

Der Bewässerungsbedarf ist abhängig von Kulturart, Entwicklungszustand, Witterung und Boden und ist deshalb räumlich und zeitlich variabel. Er kann mit dynamischen Modellen zeitlich fein aufgelöst und räumlich präzise berechnet werden. Die Anforderungen an solche Modellrechnungen sind allerdings sehr hoch. Für die Praxis bietet sich deshalb eine vereinfachte Methode an, welche es erlaubt, für wichtige Kulturen und Bodentypen eine zeitlich grob aufgelöste Angabe zum Bewässerungsbedarf zu machen, sowohl für ‚normale‘ Jahre, wie auch für Extremjahre oder Klimabedingungen der Zukunft (Klimaszenarien).

1.2 Resultate

Nach der Bearbeitung dieses Arbeitsschrittes ist der Bewässerungsbedarf für eine Region in m³ hochgerechnet. Mit Hilfe der Faktoren gemäss Tabelle 1 können unterschiedliche Szenarien der Bewirtschaftung und des Klimas berücksichtigt werden.

Tab. 1: Faktoren zur Hochrechnung des Bewässerungsbedarfs mit der vorliegenden Methode

Wetterstation	14 Stationen in verschiedenen grossen Klimaregionen, in welche die Schweizer Ackerbau- und Grünlandnutzungsgebiete unterteilt werden können (siehe 2.1).
Kultur	Ohne voralpine und alpine Hanglagen: Beeren (Erdbeere), Gemüse (Randen frisch und Lager und Zwiebel), Kartoffel, Zuckerrübe, Obst (Kirsche, Zwetschge und Apfel; begrünt), Reben, Mais, Weizen, Grünland (gemäht und beweidet). Wo angebracht, Unterscheidung zwischen 3 Durchwurzelungstiefen (30, 60 oder 110 cm).
Boden	3 Werte der nutzbaren Feldkapazität (rundwasserfern), die einen Teil der breiten Spanne möglicher Bodeneigenschaften (Körnigkeit, Gründigkeit, Skelettgehalt u.s.w.) decken.
Klimaszenario	3 Klimaszenario-Typen unter Einbezug der Daten entsprechender Wetterstationen (siehe 2.2): -Mittleres Klima: Referenzperiode 1981-2010 -Verändertes Klima Zeithorizont 2060: Zukunftsperiode 2045-2074 -Extrem-Szenario „4014“: Kombination der Jahre 2011 und 2003

2 Methodik Modellrechnungen Agroscope

2.1 Ausgewählte Regionen/Stationen

Die Auswahl der Stationen richtete sich nach (a) der Lage in wichtigen Anbaubereichen, (b) der Verfügbarkeit der Wetterdaten (1981-2013, täglich), die in der Datenbank von MeteoSchweiz abrufbar sind (Ausnahme: Chaumont, Daten der NABEL Station), und (c) unterhalb 1000 m ü.M. liegen (Ausnahmen: Samedan und Chaumont).

Tab. 2: Liste der grossen Klimaregionen und ausgewählten Stationen mit ihren Namencode und m ü.M

Grosse Klimaregion (nach Schüepp und Gensler, 1980)	Stationen (siehe Abb. 1)	Höhe (m ü.M.)
Östlicher Jura	Basel-Binningen, BAS	316
Westlicher Jura	Chaumont, CHM	1136
Nordöstliches Mittelland	Zürich-Affoltern, REH; St. Gallen, STG	444, 776
Zentrales Mittelland	Wynau, WYN ; Bern-Zollikofen, BER	422, 553
Westliches Mittelland	Payerne, PAY; Genève-Cointrin, GVE	490, 420
Zentraler Alpennordhang /Tallagen	Altdorf, ALT	438
Nord- und Mittelbünden /Tallagen	Chur, CHU	556
Engadin /Tallagen	Samedan, SAM	1709
Wallis /Tallagen	Aigle, AIG (feuchter); Sion SIO (trockener)	381, 482
Alpensüdseite /Tallagen	Magadino, MAG	203

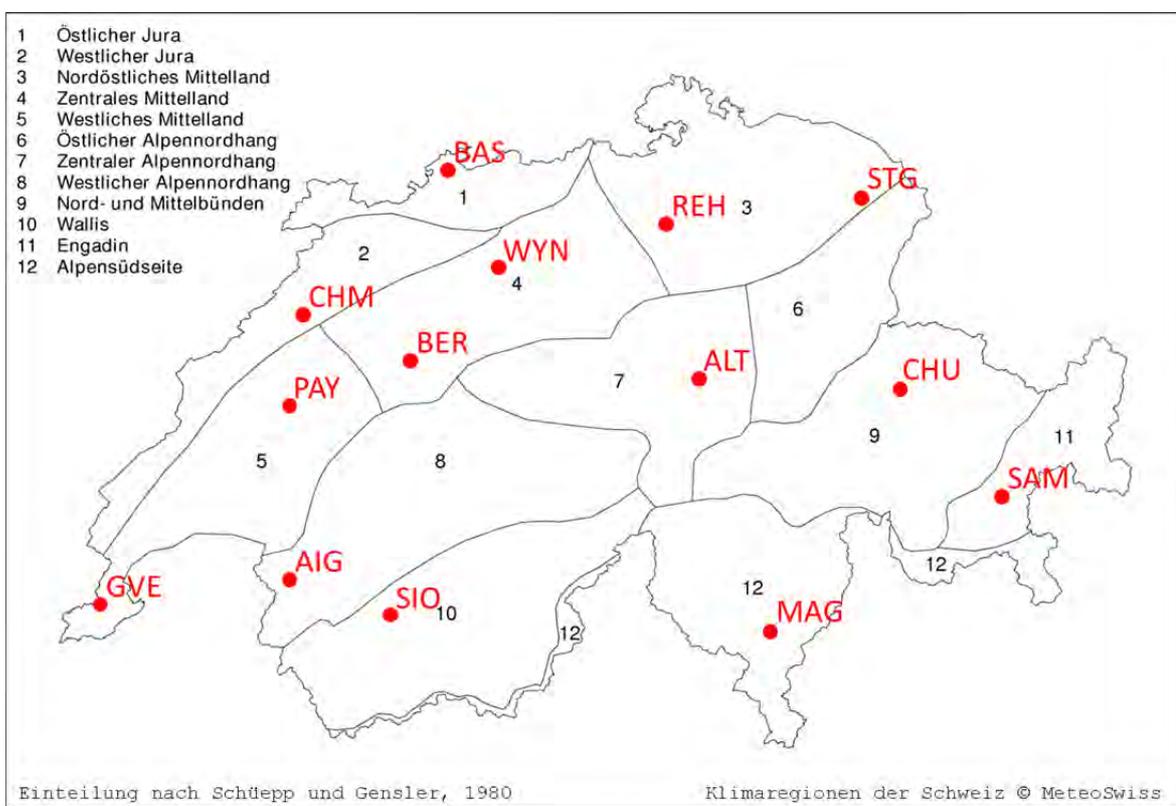


Abb. 1: Lage der ausgewählten Stationen in den grossen Klimaregionen der Schweiz

2.2 Herleitung der Klimaszenarien

Die Klimadaten für heutige mittlere Bedingungen (Temperatur, Strahlung und Niederschlag) stammen von repräsentativen Wetterstationen (siehe 2.1). Als Referenzperiode wurden die Jahre 1981-2010 verwendet. Das ‚Normaljahr‘ (**Ref**) entspricht dem Mittelwert dieser Periode. Als fiktives künftiges Extremjahr (‚4014‘) wurde eine Kombination aus den Jahren 2003 (warm-trockener Sommer) und 2011 (trockenes Frühjahr) verwendet (**Extrem**). Dazu wurde jeweils der Monat mit der tiefsten kumulierten atmosphärischen Wasserbilanz (Niederschlag minus Verdunstung: P-ETo) gewählt. Die Werte für ETo wurden aus täglichen Strahlungs- und Temperatur-Daten aufgrund der Formel von Turc berechnet. In der folgenden Tabelle ist für die ausgewählten Stationen dargestellt, welches Jahr für den jeweiligen Monat berücksichtigt wurde:

Tab. 3: Auswahl des Jahres 2003 oder 2011 für jeden Monat und Station in der Kombination ‚4014‘

Station	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
AIG	2011	2011	2003	2011	2003	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
ALT	2011	2011	2003	2011	2003	2003	2003	2003	2003	2011	2011	2003
BAS	2011	2011	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
BER	2011	2003	2011	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
CHM	2011	2003	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
CHU	2011	2011	2003	2011	2003	2003	2003	2003	2003	2011	2011	2003
GVE	2011	2011	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2011	2011	2011	2003
MAG	2003	2003	2003	2011	2003	2003	2003	2003	2003	2011	2011	2011
PAY	2011	2011	2011	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
REH	2011	2011	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
SAM	2011	2011	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
SIO	2011	2011	2003	2011	2011	2003	2003	2011	2003	2011	2011	2003
STG	2011	2003	2003	2011	2011	2003	2003	2003	2003	2011	2011	2003
WYN	2011	2011	2011	2011	2011	2003	2003	2003	2003	2011	2011	2003

Als Klimaszenarien für den Zeithorizont 2060 (2045-2074) wurden basierend auf dem A1B Emissionsszenario (das A2 Szenario ist bis 2060 unwesentlich anders) die Ergebnisse aus zwei Klimamodellketten verwendet: SMHI-RCA-BCM als mildes (**CC min**) und ETHZ-HadCM3Q0-CLM als starkes (**CC max**) Klimaszenario. Die beiden Szenarien stellen, besonders in Bezug auf die Änderung der Temperatur, einen unteren und oberen Bereich aller verfügbaren Projektionen für A1B dar. Mögliche Veränderungen der Strahlung wurden vorderhand nicht berücksichtigt. Für diese Szenarien (und nur A1B) liefert das Projekt CH2011 (www.ch2011.ch/de) tägliche Werte für die Abweichungen der Temperatur (absolut) und des Niederschlags (%) im Durchschnittsjahr der Zukunftsperiode relativ zum Mittel der Referenzperiode (sog. Delta-Werte) für die ausgewählten Stationen [1].

Für die Berechnung des Bewässerungsbedarfs wurden diese täglichen Inputdaten über die 30-Jahre Perioden (oder 1 Jahr im Falle des Extremjahres) verwendet. Die Simulationsergebnisse wurden auf der Outputdaten-Ebene pro Monat aggregiert und über die entsprechenden Zeitperioden gemittelt (Referenz, Zukunft). Der gesamte saisonale Bewässerungsbedarf entspricht schliesslich der Summe der monatlichen Werte für die Periode März bis Oktober.

2.3 Berechnungsansatz

Eine ausführlichere Beschreibung des Berechnungsansatzes (der nicht für Tropfbewässerung gilt, ausser es handelt sich um Mikro-Sprinkler, die mindestens 50% der gesamten Oberfläche benetzen, <http://www.agrometeo.ch/de>) ist im Bericht „Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft“ am Beispiel der Station Basel-Binningen zu finden [4].

Die Berechnung des täglichen Bewässerungsbedarfs unter einem bestimmten Klima, für eine ausgewählte Kultur und auf einem gegebenen Boden, beruht auf der Arbeit von Smith et al. [2a Abschnitt 3.3, 2b Abschnitt 2.4] und orientiert sich an der Methode des FAO-Berichts zur Bewässerung [3]. Die Darstellung der Wasserflüsse im System Boden-Pflanze-Atmosphäre, die von Klima, Kultur und Boden beeinflusst werden, basiert auf den Konzepten der Verdunstung (Evapotranspiration) ETo einer Referenz-Kultur und der vertikalen Wasserbilanz nach dem Bucket-Ansatz in einer angenommenen homogenen grundwasserfernen Bodenschicht (Wurzelbereich).

Die angepasste, sog. aktuelle Evapotranspiration ETa wurde ausgehend von der täglichen ETo für die gewählte Station und Anbau-„Situation“ berechnet, wobei die spezifischen Bedürfnisse der Kultur (über den Verlauf des Kulturkoeffizienten für Hauptentwicklungsstadien) und die variierende Bodenwasserverfügbarkeit im Wurzelbereich (über den Trockenstresskoeffizienten) berücksichtigt wurden. Für die einzelnen Kulturen wurden typische Saat- und Erntezeitpunkte festgelegt und die wichtigen Kenngrössen wie Durchwurzelungstiefe und spezifische Toleranz der Kultur gegenüber Bodenwasserdefiziten aus der Literatur verwendet, wobei das Wasserdefizit von der nutzbaren Feldkapazität (nFK) der einzelnen Böden und der täglichen Bodenwasserbilanz abhängt (Niederschläge, ETa und andere Wasserverluste inkl.).

Fällt die ETa unter 80% ihres Kultur-spezifischen potentiellen Niveaus, so wird die minimale Bodenspezifische Menge Wasser berechnet, die zusätzlich zu den Niederschlägen gebracht wird, um das potentielle Niveau wieder herzustellen. Die so berechneten täglichen Werte für den Bewässerungsbedarf wurden monatlich aggregiert.

2.4 Tabellen und Lesehilfe

Pro Station werden bis zu 20 Tabellen zu Verfügung gestellt (je eine pro Kultur und Durchwurzelungstiefe), welche die berechneten Daten des Bewässerungsbedarfs (für alle Kombinationen aus Boden und Klimaszenarien in 12 Zeilen) und für die Monate von März bis Oktober sowie die Jahressumme (9 Spalten) zusammenfassen. Der Bewässerungsbedarf wird in mm (= l/m² oder 10 m³/ha), gerundet auf 5 mm, angegeben. Die Tabellen für alle Stationen sind in einer separaten Beilage, zusammen mit einer Zusammenfassung des Klimas jeder Station zusammengestellt.

Tab. 4: Beispiel Bewässerungsbedarf-Tabelle (Bewässerungsbedarf in mm) für Zuckerrüben (mit Durchwurzelungstiefe max. 110 cm) aufgrund der Klimadaten der Station Basel-Binningen. Boden 1: Braunerde tiefgründig; Boden 2: Parabraunerde tiefgründig; Boden 3: Kalkbraunerde mässig tiefgründig (für mehr Details siehe Abb. 2).

Boden	Klima	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Total
1	Ref	0	0	0	0	20	30	5	0	55
1	CC min	0	0	0	0	25	40	5	0	70
1	CC max	0	0	0	0	50	70	15	0	135
1	Extrem	0	0	0	70	85	60	25	0	235
2	Ref	0	0	0	5	45	40	10	0	100
2	CC min	0	0	0	10	50	45	10	0	115
2	CC max	0	0	0	10	80	75	20	0	185
2	Extrem	0	0	0	100	75	80	25	0	275
3	Ref	0	0	0	25	60	45	15	0	145
3	CC min	0	0	0	25	70	50	15	0	160
3	CC max	0	0	0	35	95	75	25	0	225
3	Extrem	0	0	10	120	90	75	30	0	325

3 Hochrechnung des Bewässerungsbedarfs auf den Bilanzierungsraum

3.1 Darstellungsbeispiel

In der folgenden Abbildung ist der Verlauf des monatlichen Bewässerungsbedarfs am Beispiel Zuckerrüben für die Station Basel-Binningen (in der Region 1 'Östlicher Jura') dargestellt (Daten gemäss Tab. 4). Dabei kann der saisonale Verlauf des monatlichen Bewässerungsbedarfs zwischen den verschiedenen Klimaszenarien verglichen sowie die Auswirkung verschiedener Böden dargestellt werden.

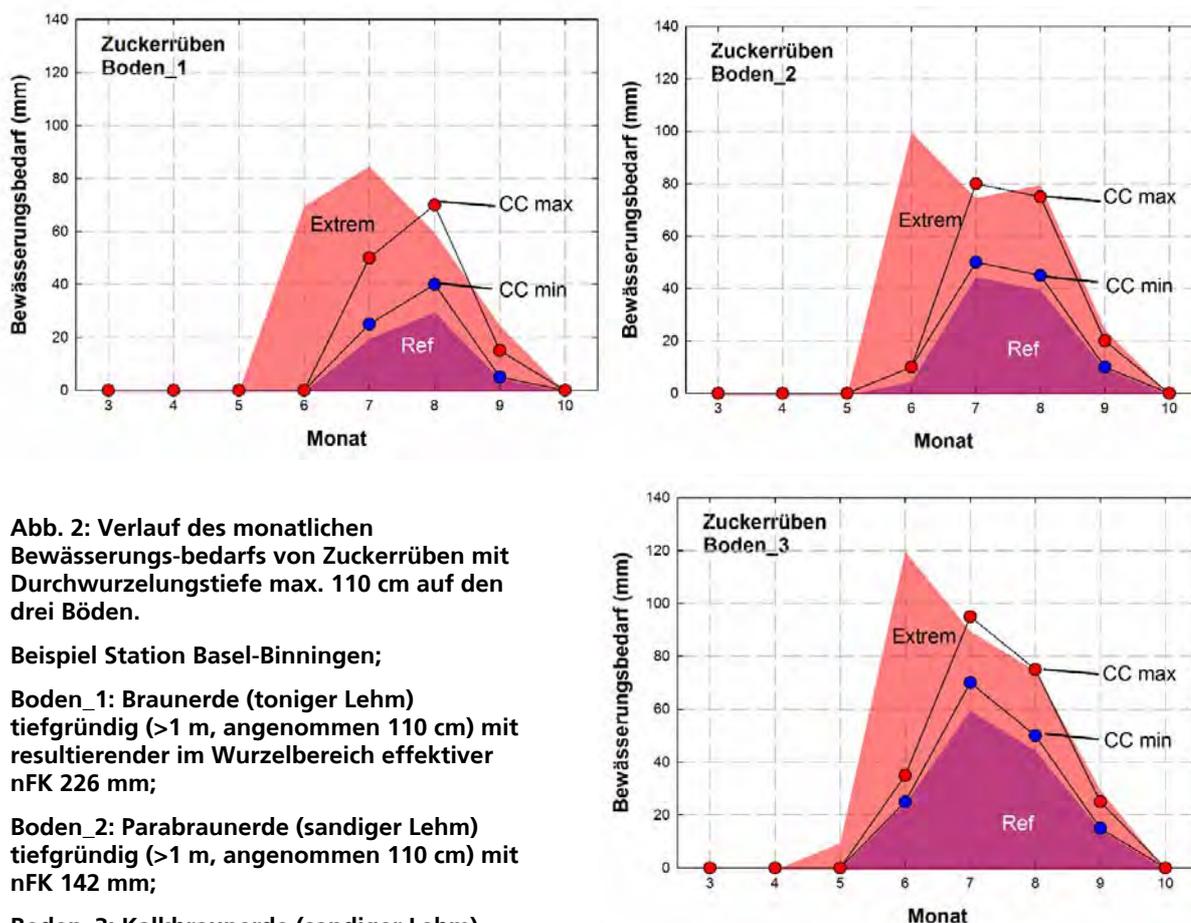


Abb. 2: Verlauf des monatlichen Bewässerungsbedarfs von Zuckerrüben mit Durchwurzelungstiefe max. 110 cm auf den drei Böden.

Beispiel Station Basel-Binningen;

Boden_1: Braunerde (toniger Lehm) tiefgründig (>1 m, angenommen 110 cm) mit resultierender im Wurzelbereich effektiver nFK 226 mm;

Boden_2: Parabraunerde (sandiger Lehm) tiefgründig (>1 m, angenommen 110 cm) mit nFK 142 mm;

Boden_3: Kalkbraunerde (sandiger Lehm) mässig tiefgründig (50-70 cm, angenommen 60 cm) mit nFK 77 mm.

3.2 Hochrechnungsbeispiel

Für die praktische Umsetzung der beigelegten Tabellen für eine oder mehrere ausgewählte Station(en) können die tabellarischen Angaben für den monatlichen Bewässerungsbedarf in mm mit statistischen Angaben zu Landnutzung und Boden in den repräsentierten Regionen kombiniert (d.h. mit den betroffenen Flächen multipliziert und räumlich aggregiert) werden. Der kultur- und bodenspezifische Bewässerungsbedarf pro Flächeneinheit (z.B. Hektare, ha) und Monat (oder Saison) unter einem bestimmten Klimaszenario kann so für einen ausgewählten Raum mit vielfältigen Anbaubedingungen hochgerechnet werden.

Bei der Hochrechnung muss der Bewässerungsbedarf aufgrund der bei der Vereinfachung getroffenen Annahmen je nach vorliegenden Gegebenheiten korrigiert werden. Die vorliegenden Zahlen gehen von einer Bewässerungseffizienz von 100% aus, d.h. dass keine System- und Verdunstungsverluste auftreten (z.B. auf 70% Effizienz für Beregnungsanlagen korrigieren).

Kultur: A (mit Beregnungsanlage)

Anbaufläche auf Boden_1: b1 (ha)

Anbaufläche auf Boden_2: b2 (ha)

Bewässerungsbedarf W (mm) pro Monat m wird für Boden_1 bzw. Boden_2 aus der Tabelle für Kultur A gelesen

Beispiel-Berechnung des korrigierten Bewässerungsbedarfs über die ausgewählten Monate m1-mx für das Referenzklima der Station Basel-Binningen: $W_{BAS,Ref,A}$

$$W_{BAS,Ref,A} = [(W_{m1,b1} + \dots + W_{mx,b1}) \times b1 + (W_{m1,b2} + \dots + W_{mx,b2}) \times b2] / 0.7 / 10 \quad (m^3)$$

Ähnliche Berechnung für Kultur B

$$W_{BAS,Ref} = W_{BAS,Ref,A} + W_{BAS,Ref,B}$$

Ähnliche Berechnung für andere Stationen, z.B: Chaumont

$$W_{Ref} = W_{BAS,Ref} + W_{CHM,Ref}$$

W_{Ref} liefert am Ende den Bewässerungsbedarf (m^3) über ausgewählte Monate. In diesem Beispiel für das Referenzklima und für den Raum Jura, wo die Kulturen A und B je auf den Böden 1 und 2 im westlichen und östlichen Teil angebaut werden und die Anbauflächen der verschiedenen Kombinationen bekannt sind.

Mit der Verwendung des Extremszenarios wird ein sehr hoher Wasserbedarf berechnet. Es wird davon abgeraten, die Bewässerungsplanung auf dieses Extremszenario auszurichten, viel mehr zeigt es eine potentielle Ausnahmesituation für das künftige Klima auf.

Unsicherheiten (bez. Repräsentativität der Stationen, Kultursorten, Bodenheterogenität, statistischen Daten usw., zusätzlich zu den Unsicherheiten der Modellparameter und Klimaprojektionen) können bei einer Anwendung der vereinfacht dargestellten Modellierungsergebnisse durch zusammenfassende Tabellen leider nicht vermieden werden.

4 Referenzen

- [j.1] C2SM; MeteoSwiss; ETH; NCCR Climate; OcCC (2011): *Swiss Climate Change Scenarios CH2011*, Zürich. 88 S.
- [5.3] Smith, P.C. ; Calanca, P. ; Fuhrer, J. (2012): *A simple scheme for modeling irrigation water requirements at the regional scale applied to an alpine river catchment*. *Water*, 4, S. 869-886.
- [j.2] Smith P.C., Heinrich G., Suklitsch M., Gobiet A., Stoffel M., Fuhrer J. (2014): *Station-scale bias correction and uncertainty analysis for the estimation of irrigation water requirements in the Swiss Rhone catchment under climate change*. *Climatic Change*, DOI 10.1007/s10584-014-1263-4.
- [j.3] Allen, R.G. ; Pereira, L.S. ; Raes, D. ; Smith, M. (1998): *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*: FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Rom. 300 S.
- [j.4] Fuhrer, J.; Smith, P.C. (2015): *Grundlagen für die Abschätzung des Bewässerungsbedarfs im Kanton Basel-Landschaft*: Agroscope im Auftrag des Kantons Basel-Landschaft, 28 S.



Anhang k)

Ermittlung des Wasserbedarfs für die Beschneigung

1	Ziele der Beilage	2
1.1	Leitfragen	2
1.2	Resultate	2
2	Methodik	3
2.1	Gesetzliche Rahmenbedingungen	3
2.2	Effektiver Wasserbedarf für die Beschneigung	3
2.3	Extrapolation des Wasserbedarfs für die Beschneigung	3
2.3.1	Grundlagen für die Extrapolation	4
3	Hinweise zur Umsetzung	6
3.1	Beispiel Darstellung für effektiven Wasserbedarf	6
3.2	Beispiel für Extrapolation des Wasserbedarfs für die Beschneigung	6
4	Referenzen	7

1 Ziele der Beilage

1.1 Leitfragen

- Wie gross ist der Wasserbedarf für die technische Beschneigung im Bilanzierungsraum?
- Wie ist der Trend der letzten Dekade?
- Was ist die Ressource des Wassers für die technische Beschneigung?

Abgrenzung:

In dieser Beilage wird aufgezeigt, wie der Wasserbedarf für die technische Beschneigung in den Bilanzierungsräumen eruiert werden kann.

1.2 Resultate

Nach der Bearbeitung dieses Arbeitsschritts werden folgende Daten erhoben sein:

- Wasserbedarf für Beschneigungsanlagen pro Wintersaison
- Herkunft des Wassers für die Beschneigung
- Grundlagedaten für eine Schätzung des Wasserbedarfs (durch Extrapolation)

2 Methodik

Der Wasserbedarf für die technische Beschneigung kann auf mehrere Arten eruiert werden:

- Effektiver Wasserbedarf direkt vom Betreiber der Anlage (Kapitel 2.2)
- Wasserbedarf ermitteln durch Extrapolation und Annahmen (Kapitel 2.3)

Das Wasser für die technische Beschneigung stammt in der Regel aus Oberflächengewässern, Quellwasser oder in viel geringerem Masse aus der Trinkwasserversorgung. Am ehesten wissen die Anlagebetreiber darüber Bescheid. Falls für die Beschneigung Trinkwasser benötigt wird, können oft auch die Gemeinden Auskunft über die Wassermenge geben.

2.1 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die gesetzlichen Grundlagen für Wasserentnahmen aus Fliessgewässern finden sich in Art. 29 -34 GSchG. Diese regeln die Bewilligungen und Konzessionierung von Entnahmen und deren Voraussetzungen. Für den Einzelfall bestimmen die Behörden die Dotierwassermenge und die Massnahmen, die für den Schutz der Gewässer unterhalb der Entnahmestelle notwendig sind. Die Behörde kann die Dotierwassermenge zeitlich unterschiedlich festlegen.

2.2 Effektiver Wasserbedarf für die Beschneigung

Um Angaben über das Wassermanagement der Beschneigungsanlagen machen zu können, sollten die Anlagebetreiber angefragt werden. Folgende Daten und Angaben sind von Interesse:

Daten	Bemerkungen
Wassermenge für Beschneigung pro Wintersaison	Wassermenge z.B. in m ³
Ressourcen für das Beschneigungswasser	Oberflächenwasser, Quellwasser, Grundwasser, Regenwasser, Trinkwasser
Betriebszeit der Beschneigungsanlagen	z.B. Einschneiphase Anfangs Winter (Nov., Dez.); eventuelle Nachbeschneigung Mitte Winter (Jan., Feb.)

2.3 Extrapolation des Wasserbedarfs für die Beschneigung

Bei fehlenden Daten oder bei grosser Anzahl von Betrieben mit technischer Beschneigung kann der Wasserbedarf auch durch Schätzung ermittelt werden. Dies gelingt umso besser, je mehr Daten als Grundlage für eine Extrapolation vorhanden sind.

Wenn keine genaueren Angaben vorhanden sind, können folgende allgemeingültigen Angaben verwendet werden.

2.3.1 Grundlagen für die Extrapolation

In der folgenden Tabelle 1 finden sich weitere Angaben, welche für die Extrapolation wichtig sind. Die Informationen sollten bei den Skigebieten vorhanden sein.

Tabelle 1: Angaben aus Bericht von SLF [B].

	Bemerkungen
Pistenfläche	Totale Fläche, wenn möglich mit Angaben über Beschneigungsanteil
Wasserbedarf pro Pistenfläche	600 – 1500 m ³ pro ha und Schneedecke von 30 cm
Beschneigungsphasen	Hängen oft von Klimafaktoren und meteorologischen Schwankungen ab
Pistenlänge	Totale oder beschneite Länge der Piste. Falls die Fläche unbekannt ist, kann sie über die Pistenlänge abgeschätzt werden.

Wenn die zu beschneidende Pistenfläche und die Beschneigungsphasen bekannt sind, können Angaben über den Wasserbedarf gemacht werden. Dabei wird angenommen, dass für einen Hektar Piste mit einer Mächtigkeit von 30 cm 600 – 1500 m³ Wasser benötigt wird.

Für den Fall, dass die beschneite Pistenfläche nicht bekannt ist, müssen zusätzliche Annahmen getroffen werden. Eine Möglichkeit ist, den schweizerischen Durchschnittswert für den Anteil der beschneiten Pistenfläche für den konkreten Fall zu übernehmen. In Abbildung 1 ist dieser Anteil der technisch beschneiten Pistenfläche im Vergleich zur gesamten Pistenfläche in der Schweiz der letzten 23 Jahren dargestellt. Im Winter 2012/13 wurde in der Schweiz 92 km² (41 %) Piste technisch beschneit [SBS]. Der Trend in den letzten Jahren ist stark steigend.

Oft sind die Pistenflächen der Skiegebiete nicht bekannt, sondern nur die Pistenlänge. Das hat zu Folge, dass man auch für die Ermittlung der Pistenfläche Annahmen treffen muss, wodurch sich die Unsicherheit des Resultats für den Wasserbedarf weiter vergrössert. In Tabelle 2 ist die Pistenbreite mit einem ziemlich grossen Spielraum angegeben. Je nach Topographie des Skigebiets kann hierfür ein kleinerer oder grösserer Wert angenommen werden.



Abbildung 1: Prozentualer Anteil der künstlich beschneiten Pistenflächen von 1990 - 2013

Neben der Beschneigungsfläche sind die Beschneigungsphasen ein wichtiger Faktor. Dieser variiert je nach lokalem Klima von Skipiste zu Skipiste und in Abhängigkeit der Wetterverhältnisse. Wenn die meteorologischen Bedingungen zu starker Schneeschmelze oder Windverfrachtung im Verlauf des Winters führen, kann es sinnvoll sein, die Pistenbedingungen durch eine Nachbeschneigung zu verbessern. Dadurch nimmt der Wasserbedarf für die Beschneigung in einem Skigebiet stark zu, obwohl die beschneite Fläche gleich bleibt.

Tabelle 2: Angaben aus Berichte von der SBS [A] und SLF [B]

		Bemerkungen
Pistenfläche Total CH	22440 ha	
Beschneite Pistenfläche	9200 ha (41 %)	Für den Winter 2012/13, Tendenz steigend
Wassermenge für 1 ha Schnee (Mächtigkeit: 30 cm)	600-1500 m ³	
Pistenbreite	15 – 40 m	Falls geschätzt werden muss

3 Hinweise zur Umsetzung

3.1 Beispiel Darstellung für effektiven Wasserbedarf

Folgende Angaben stehen zur Verfügung. Sie wurden durch Anfragen bei den Beschneigungsbetreibern eruiert:

Tabelle 3: Resultate aus Nachfragen bei Betreibern der Skigebiete und/oder Gemeinden

Skigebiet	Wasserbedarf (m ³)	Ressourcenherkunft	Beschneigungsphasen	
			1. Phase	2. Phase
Skigebiet A	500 000	OW und QW	3. Dez. – 10. Dez.	15. Feb. – 19. Feb.
Skigebiet B	65 000	GW und TW	15. Dez. – 18. Dez.	-
Skigebiet C	650 000	OW und GW	2. Dez. – 8. Dez.	27. Jan. – 3. Feb.

3.2 Beispiel für Extrapolation des Wasserbedarfs für die Beschneigung

Grundlage für die folgende Berechnung sind die Angaben aus den vorherigen Tabellen und der Abbildung 1 dieses Anhangs. Falls keine weiteren Angaben vorhanden sind, müssen die Pistenflächen und die Beschneigungsdauer geschätzt werden. Minimale Angaben für die Abschätzung der Pistenfläche ist die Pistenlänge, welche von den Skigebieten zur Verfügung gestellt werden sollte. Je nach Skigebiet kann eine andere Pistenbreite als Annahme getroffen werden. (vgl. Tabelle 1).

4 Referenzen

- [k.1] BFE Bundesamt für Energie Hrsg. (2009). Energetische Bedeutung der technischen Pistenbeschneigung und Potentiale für Energieoptimierung. Schlussbericht.
<http://www.seilbahnen.org/de/index.php?section=downloads&category=68> (25.11.2015)
- [k.2] Teich, M.; Lardelli, C.; Bebi, P.; Gallati, D.; Kytzia, S.; Pohl, M.; Pütz, M.; Rixen, C. (2007): Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneigung. Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf. 169 S.
www.wsl.ch/publikationen/pdf/8408.pdf (25.11.2015)
- [k.3] Weingartner, R.; Schädler, B. Reynard, E.; Bonriposi, M. Graefe, O.; Herweg, K.; Homewood, C.; Huss, M.; Kauzlaric, M.; Liniger, H.; Rey, E.; Rist, St.; Schneider, F.: (2013). MontanAqua: Wasserbewirtschaftung in Zeiten von Knappheit und globalem Wandel Wasserbewirtschaftungsoptionen für die Region Crans-Montana-Sierre im Wallis. Forschungsbericht des Nationalen Forschungsprogramms NFP 61, Bern.
http://www.hydrologie.unibe.ch/projekte/2014_MontanAqua_Forschungsbericht_NFP-61_D.pdf (25.11.2015)



ANNEXE I)

Exemples d'applications simples au niveau cantonal

1	Introduction à l'annexe I)	2
1.1	Questions de base	2
1.2	Présentation succincte des deux exemples	2
1.2.1	Exemple cantonal (Berne)	2
1.2.2	Exemple intercantonal : commission de surveillance du lac des Quatre-Cantons (AKV)	3
1.2.3	Comparaison des deux exemples	4
1.2.4	Remarques concernant les exemples présentés	4
2	Types de problèmes analysés	5
3	Subdivision en bassins à évaluer	6
3.1	Canton de Berne	6
3.2	Lac des Quatre-Cantons (AKV)	7
4	Définition de la pertinence et de la gravité	8
4.1	Canton de Berne	8
4.2	Lac des Quatre-Cantons (AKV)	11
5	Détermination du besoin d'agir	14
5.1	Exemple : problème n° 6 „Irrigation agricole“	14
5.2	Cartes représentant le besoin d'agir par problème	15
6	Cartes indicatives cantonales de pénuries d'eau	16
7	Sources	17

1 Introduction à l'annexe I)

1.1 Questions de base

Quelle forme peut prendre l'application dans la pratique des parties A et B de la présente méthode :

- à l'exemple d'un canton ?
- à l'exemple d'un périmètre intercantonal ?

Comment a-t-on procédé ?

Quels étaient les résultats – provisoires – à fin 2015 ?

1.2 Présentation succincte des deux exemples

1.2.1 Exemple cantonal (Berne)

Dans le **canton de Berne**, l'office des eaux et des déchets (OED) est l'organe responsable d'appliquer la législation sur la protection des eaux. L'OED prévoit d'actualiser prochainement la stratégie cantonale de l'eau. Dans cette optique, il a saisi l'occasion de l'élaboration du présent rapport d'experts pour faire analyser succinctement la situation du canton de Berne sous l'angle de la gestion des pénuries d'eau en cas de sécheresse.

L'étude a poursuivi principalement deux **objectifs** :

- 1) obtenir une première vue d'ensemble de la problématique des pénuries d'eau au niveau cantonal, afin d'identifier les régions où il pourrait être utile d'approfondir l'analyse ;
- 2) centraliser et documenter le savoir et les connaissances des spécialistes de l'OED relatives à cette problématique.

La méthode choisie se base de manière pragmatique sur les connaissances des experts cantonaux. Elle correspond en principe aux **parties A et B** du présent rapport et repose sur l'**expérience des sécheresses passées**. Seuls les problèmes considérés comme prioritaires ont été évalués et **aucun scénario d'avenir** n'a été développé ou appliqué.

Avec le soutien d'un mandataire externe spécialisé, les informations disponibles ont été récoltées et documentées lors de quatre séminaires de travail avec les collaborateurs de l'OED. Puis ces données ont été exploitées et résumées sous forme d'une synthèse avec des tableaux et des cartes, en suivant la méthode du présent rapport.

Les résultats relatifs aux cours d'eau situés en bordure du canton n'ont pas fait l'objet d'une coordination avec les cantons voisins.

L'exemple montre que la méthode des parties A et B du présent rapport peut être appliquée avec succès, de manière pragmatique et sans récolte de données supplémentaires, pour autant que les spécialistes du canton disposent de bonnes connaissances et soient bien informés dans leur domaine.

L'analyse a été documentée dans le rapport [I.1] en novembre 2015. Dans ses conclusions, il est recommandé d'approfondir certains problèmes de manière ciblée, d'envisager l'application de scénarios d'avenir et de vérifier s'il ne serait pas utile d'élaborer une planification des ressources en eau pour les bassins où le besoin d'agir est le plus élevé.

1.2.2 Exemple intercantonal : commission de surveillance du lac des Quatre-Cantons (AKV)

La **Commission de surveillance du lac des Quatre-Cantons**, en allemand Aufsichtskommission Vierwalstättersee (**AKV**) regroupe les cinq cantons de Suisse centrale que sont Uri, Schwyz, Obwald, Nidwald et Lucerne. Dans le cadre du programme de la Confédération sur l'adaptation au changement climatique, l'AKV développe un projet-pilote pour l'élaboration d'une carte indicative de pénuries d'eau sur l'ensemble du bassin versant du lac des Quatre-Cantons.

Ce projet poursuit principalement deux **objectifs** :

- 1) Évaluer le risque futur de pénuries d'eau locales dans les différents sous-bassins versants du lac des Quatre-Cantons, afin de se préparer aux défis du changement climatique ;
- 2) Appliquer la méthode du présent rapport d'experts dans l'optique d'un projet-pilote intercantonal, afin de la tester dans la pratique et proposer des améliorations le cas échéant. (Cette application sera ensuite mise à disposition comme modèle envisageable pour des projets semblables dans d'autres régions de Suisse.)

Le démarrage effectif du projet a eu lieu en août 2015 à l'occasion d'un séminaire de travail où participaient 1 à 2 représentants de chaque canton et lors duquel, avec le soutien d'un modérateur, ont été définis : les objectifs du projet, la méthodologie à appliquer et le groupe de travail opérationnel pour la suite des études. Les problèmes à analyser et la subdivision du bassin versant en bassins à évaluer a été discutée.

Lors d'un second séminaire de travail en septembre 2015, les éléments suivants ont été fixés: le choix des problèmes à analyser, les bassins à évaluer (sur la base de propositions élaborées entretemps), les échelles d'évaluation de la pertinence et de la gravité de chaque problème à analyser.

Sur ces bases, il est prévu en 2016 de procéder à l'évaluation de la situation pour tous les problèmes choisis sur l'ensemble des bassins. Ces travaux seront non seulement pilotés, mais aussi effectués principalement par les spécialistes des différents cantons, conseillés et soutenus de manière ciblée par des mandataires externes.

Les **résultats provisoires** présentés ci-après proviennent des deux premiers séminaires de travail. Les exemples sont tirés de la documentation [I.2] du second séminaire de septembre 2015. Ce sont les seuls résultats disponibles pour le moment.

1.2.3 Comparaison des deux exemples

Les deux exemples sont à considérer, comme leur nom l'indique, comme *exemples* et non pas comme directives. Chaque situation est différente, comme le démontre la comparaison des deux cas ci-dessous :

Tableau 1: Comparaison de certaines caractéristiques des deux exemples présentés

	Canton de Berne (OED)	Lac des Quatre-Cantons (AKV)
Périmètre :	1 canton	Bassin versant d'un lac (tout ou partie de 5 cantons)
Région topographique :	Alpes, Préalpes, Plateau et Jura	Seulement Alpes et Préalpes
Spécificités :	Maraîchage intensif dans le Seeland, régions d'approvisionnement en eau parfois de très grande taille (Berne p. ex.)	Exploitation hydroélectrique dans des bassins versants avec des glaciers de petite taille, pas d'agriculture intensive, paysage de petites vallées et d'alpages
Coordination intercantonale:	Aucune	Entre les 5 cantons
Coordination entre secteurs :	Au sein de l'OED, mais pas avec d'autres offices	Entre les services de l'environnement, mais pas avec d'autres services
Méthodologie générale :	Basée sur les connaissances d'experts (avec le soutien opérationnel d'un mandataire)	Basée sur les connaissances d'expert avec certaines tâches effectuées par des mandataires.
Bassins à évaluer :		
Nombre:	21 - 23, selon les problèmes	31
Taille (km ²):	70 km ² – 527 km ²	env. 25 km ² – env. 250 km ²
Habitants par bassin :	1'200 à 342'000 habitants	150 à 27'300 habitants (+ bassin de Lucerne 115'100 hab.)
Nombre de problèmes évalués (sur un total de 14):	6 évalués 3 évalués succinctement 6 non évalués	5 seront évalués en priorité 4 seront éventuellement évalués 5 ne seront pas évalués
Scénarios d'avenir:	Aucun	Prévus pour le climat et les aspects socio-économiques
Parties de la méthode appliquée :	Parties A et B	Parties A et B, puis approfondissement ciblé selon partie C
Budget :	CHF 30'000.- pour la modération et le soutien externe	CHF 140'000.- pour les mandats externes
Délais :	2015	2015-2017

1.2.4 Remarques concernant les exemples présentés

La plupart des informations ci-après ont été traduites directement à partir rapport final [I.1] et de la documentation du séminaire de travail [I.2] respectivement. Ces résultats ont un caractère **provisoire**. Pour le lac des Quatre-Cantons, il s'agit d'un „**Work in Progress**“!

2 Types de problèmes analysés

Les problèmes suivants ont été ou seront analysés :

Tableau 2: Liste des problèmes selon section 1.2 du présent rapport et degré de détail de l'analyse dans les deux exemples du canton de Berne et du lac des Quatre Cantons (AKV)

Types de problèmes selon rapport d'experts, figure 5:	Berne	AKV
1 Captages d'eaux souterraines insuffisamment protégés	non	év.
2a Sécurité d'approvisionnement non garantie (services des eaux publics)	oui	oui
2b Sécurité d'approvisionnement non garantie (approvisionnements privés)	non	oui
3a Prélèvements excessifs dans les nappes pour l'eau potable (service public)	oui	év.
3b Prélèvements excessifs dans les nappes pour l'eau potable par des privés	non	non
4 Prélèvements excessifs dans les nappes souterraines aux fins d'irrigation	non	non
5a Débits résiduels insuffisants au droit de captages de sources etc. (public)	peu	év.
5b Débits résiduels insuffisants au droit de captages de sources etc. (privés)	non	non
6 Débits résiduels insuffisants dans les cours d'eau aux fins d'irrigation	oui	non
7 Débits résiduels insuffisants en raison de prélèvements pour l'enneigement	oui	oui
8 Hausse de température des nappes ; causes climatiques ou anthropiques	peu	non
9 Hausse de température des cours d'eau, causes climatiques / anthropiques	non	év.
10 Débits résiduels insuffisants causés par des ouvrages hydroélectriques	peu	oui
11 Dilution insuffisante des eaux usées rejetées dans les cours d'eau	oui	oui

Légende:

A été analysé / Sera analysé en priorité	oui
A été peu analysé, ou brièvement / Sera éventuellement analysé	év.
N'a pas été analysé / Ne sera pas analysé	non

3 Subdivision en bassins à évaluer

3.1 Canton de Berne

Les 23 bassins à évaluer dans le canton de Berne sont représentés ci-dessous :

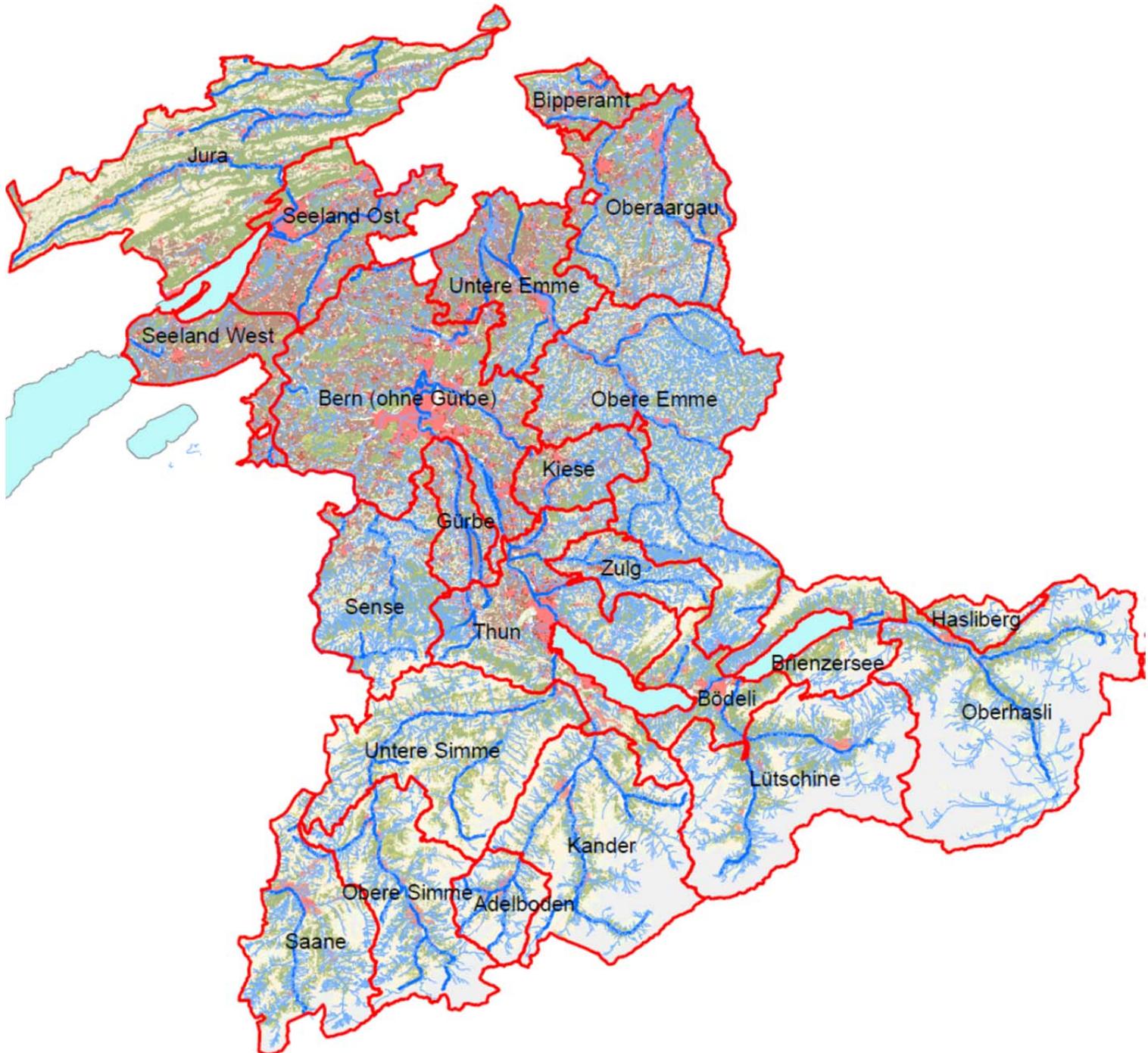
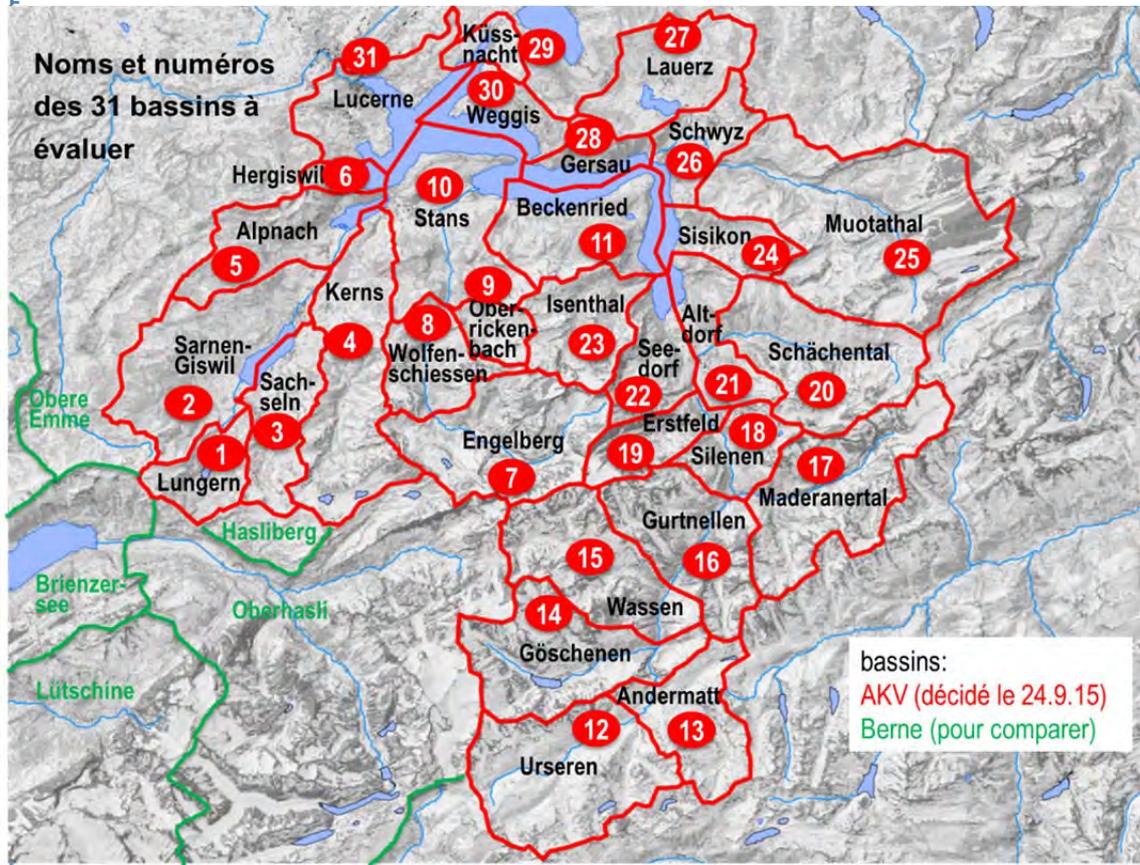


Figure 1: Subdivision du canton en 23 bassins à évaluer avec représentation des cours d'eau et de l'utilisation du sol (gris = improductif, vert = forêt, jaune = pâturages, rose = urbanisé, brun = terres ouvertes). Données utilisées: réseau hydrographique du canton de Berne GN5; zones urbanisées et utilisation du sol : statistique de la superficie, OFS.

3.2 Lac des Quatre-Cantons (AKV)

Les 31 bassins à évaluer dans le périmètre de l'AKV sont représentés ci-dessous, à peu près à la même échelle que la carte des bassins du canton de Berne :



re de l'AKV en 31 bassins à étudier (en rouge) et comparaison avec les bassins voisins du canton de Berne (en vert, voir aussi la carte de la figure 1)

N°	Nom	Canton	Habitants
1	Lungern		2'200
2	Sarnen-Giswil		13'700
3	Sachsels		5'000
4	Kerns		7'100
5	Alpnach		5'820
6	Hergiswil		5'600
7	Engelberg		4'100
8	Wolfenschiessen		2'000
9	Oberriickenbach		150
10	Stans		27'300
11	Beckenried		5'700
12	Urseren		340
13	Andermatt		1'400
15	Göschenen		430
16	Wassern		430
17	Gurtellen		570
17	Maderanertal		480
18	Silenen		1'600
19	Erstfeld		3'780
20	Schächental		5'510
21	Altdorf		16'100
22	Seedorf		3'420
23	Isenthal		500
24	Sisikon		400
25	Muotathal		1'370
26	Schwyz		23'700
27	Lauerz		7'000
28	Gersau		2'200
29	Küssnacht		12'400
30	Weggis		6'500
31	Lucerne		115'100

Tableau 3: Répartition des bassins entre les 5 cantons concernés, avec indication des habitants

4 Définition de la pertinence et de la gravité

4.1 Canton de Berne

Les échelles de pertinence et de gravité des 6 problèmes analysés dans le canton de Berne sont représentées ci-après :

Problème :			
		Sécurité d'approvisionnement en eau non garantie (approvisionnements publics)	
Critère :	Nombre d'habitants desservis		
Pertinence :	Valeurs :	Variante 1	Variante 2
élevée - très élevée		plus de 50'000	idem
moyenne - élevée		5'000 - 50'000	10'000 - 50'000
faible - moyenne		jusqu'à 5'000	jusqu'à 10'000
nulle - faible	Il n'y a que des approvisionnements en eau privés.		
Critère :	Possibilité d'exploiter plusieurs ressources en eau grâce à des interconnexions entre les réseaux des différents distributeurs d'eau		
Gravité :	Valeurs :		
forte à très forte	Il n'existe aucune solution raisonnable pour améliorer la sécurité d'approvisionnement grâce à l'interconnexion de ressources en eau.		
moyenne à forte	Il existe des solutions pour améliorer la sécurité d'approvisionnement, mais le principe et les délais de leur mise en œuvre sont incertains.		
faible à moyenne	La mise en œuvre des projets d'interconnexion est décidée n'est plus qu'une question de temps.		
aucune à faible	La sécurité d'approvisionnement est déjà garantie grâce à l'interconnexion des réseaux qui permettent d'exploiter plusieurs ressources en eau.		

Problème :	
	 Exploitation excessive des eaux souterraines par les approvisionnements en eau publics
Pertinence :	Même échelle que pour le problème 2a ci-dessus.
Critère :	Ressources en eau durablement disponibles en cas de sécheresse. Note : la réduction de capacité des captages « conflictuels » (p. ex. en conflit avec la protection des zones alluviales ou qui ne bénéficient pas d'une protection des eaux souterraines suffisante à cause de l'urbanisation) est déjà prise en compte.
Gravité :	Valeurs :
forte à très forte	Les ressources en eau durablement disponibles ne suffisent pas en cas de sécheresse, causant de graves problèmes à de réitérées reprises.
moyenne à forte	Il arrive parfois que les ressources durablement disponibles soient insuffisantes.
faible à moyenne	Il est déjà arrivé que les ressources durablement disponibles ne suffisent pas en cas de sécheresse, mais de tels problèmes sont rares.
aucune à faible	Les ressources disponibles sont toujours suffisantes, même en cas de sécheresse.

Problème :   6 Débits résiduels insuffisants en raison de prélèvements dans les eaux superficielles à des fins d'irrigation		
Critère :	Part des cultures nécessitant une irrigation dans le bassin à évaluer	
Pertinence :	Valeurs :	Variante 2 : part des surfaces de terres ouvertes dans le bassin selon statistique
	Variante 1 : Évaluation « descriptive »	
élevée - très élevée	Le maraîchage est dominant	> 50%
moyenne - élevée	Terres ouvertes et maraîchage	30% - 50%
faible - moyenne	Terres ouvertes et élevage	10% - 30%
nulle - faible	L'élevage est dominant	< 10%
Critère :	Manifestation de problèmes écologiques dans des cours d'eau superficiels naturels ou artificiels en relation avec l'irrigation lors de périodes de sécheresse	
Gravité :	Valeurs :	
forte à très forte	De graves problèmes surviennent à chaque sécheresse.	
moyenne à forte	Les problèmes sont relativement répandus et se manifestent périodiquement.	
faible à moyenne	Des problèmes peuvent se manifester localement ou régionalement ; il est arrivé par le passé qu'il y ait de temps en temps de tels problèmes.	
aucune à faible	Il n'existe pas de conflit entre l'écologie des eaux et l'irrigation	

Problème :   7 Débits résiduels insuffisants en raison de prélèvements dans les eaux de surface pour l'enneigement artificiel		
Critère :	Surface de la zone de pistes enneigées selon l'Office des affaires communales et de l'organisation du territoire (OACOT) rapportée à la surface totale du bassin à évaluer	
Pertinence :	Valeurs :	
élevée - très élevée	> 0.5%	
moyenne - élevée	0.1% - 0.5%	
faible - moyenne	0.01% - 0.1%	
nulle - faible	Pas de pistes enneigées	
Critère :	N'a pas été défini	
Gravité :	Valeurs :	
forte à très forte	Les connaissances manquent à ce jour pour estimer et catégoriser la gravité du problème causé par l'enneigement artificiel (voir page 5 du compte rendu du 08.04.2015 en annexe du rapport [I.1]).	
moyenne à forte		
faible à moyenne		
aucune à faible		

Problème :   Hausse de la température des eaux de surface due à des causes climatiques ou anthropiques	
Critère :	Nombre de concessions octroyées par l'OED dans le bassin à évaluer pour des prélèvements dans les cours d'eau superficiels à des fins d'exploitation thermique (« exploitations thermiques importantes »)
Pertinence :	Valeurs (proposées a posteriori par les auteurs) :
élevée - très élevée	4 et plus, dont quelques-unes sont importantes
moyenne - élevée	2-3 et/ou au minimum une importante
faible - moyenne	1
nulle - faible	0
Critère :	Augmentation de la température de l'eau et température absolue de l'eau
Gravité :	Valeurs : (voir aussi chap. 2 du compte rendu du 08.04.2015 en annexe 2.4 du rapport [I.1])
forte à très forte	Ne devrait pas arriver, selon l'OED, car le processus d'octroi de la concession tient compte des exigences légales relatives aux températures.
moyenne à forte	
faible à moyenne	Devrait être la règle
aucune à faible	

Problème :   Dilution insuffisante des eaux usées épurées rejetées par les stations d'épuration	
Critère :	Équivalents-habitants EH (DCO) raccordés à chaque station d'épuration (STEP)
Pertinence :	Valeurs:
élevée - très élevée	> 50'000 EH _{DCO}
moyenne - élevée	10'000 - 50'000 EH _{DCO}
faible - moyenne	2'000 - 10'000 EH _{DCO}
nulle - faible	< 2'000 EH _{DCO}
Critère :	Var. 1 : part d'eau usée dans le cours d'eau par STEP [%] (Q_{TS} / Q_{347} amont STEP) Variante 2 : idem variante 1, mais cumulé [%] (Q_{TS} cumulé / Q_{347} amont STEP)
Gravité :	Valeurs (valables pour les variantes 1 et 2) :
forte à très forte	> 20%
moyenne à forte	10% - 20%
faible à moyenne	5% - 20%
aucune à faible	> 5%

4.2 Lac des Quatre-Cantons (AKV)

Les échelles de pertinence et de gravité qu'il est prévu d'utiliser dans le bassin versant du lac des Quatre-Cantons sont représentées ci-après, y compris les variantes envisagées et les décisions du groupe de travail.

Remarque importante : Les informations qui suivent constituent les résultats provisoires de séances de travail ; ils sont présentés à titre d'exemple et ne sont pas définitifs. Les remarques en rouge sont des décisions prises lors du 2^{ème} séminaire de travail et ne sont pas définitives non-plus.

2a Sécurité d'approvisionnement non garantie (approvisionnements en eau publics)

Pertinence du problème	Variante 1) Habitants permanents	Décision: Variante 2) Habitants permanents + lits liés au tourisme
	Très élevée	
élevée	20'000	20'000
moyenne	5'000	5'000
faible	0	0
nulle		

Gravité de pénurie d'eau pour ce problème	Décision analogue au rapport d'experts / canton de Berne : Caractérisation basée sur l'exploitation des ressources en eau et leur interconnexion selon la planification générale de l'approvisionnement en eau	
	Très forte	A ce jour, on n'a trouvé aucune solution raisonnable pour améliorer la sécurité d'approvisionnement. Elle restera donc longtemps non garantie.
Forte	Les solutions pour garantir la sécurité d'approvisionnement existent, mais leur mise en œuvre n'est pas encore clarifiée. La sécurité d'approvisionnement n'est pas garantie.	
Moyenne	Il existe des projets d'interconnexion et c'est <u>uniquement</u> une question de temps pour qu'ils soient mis en œuvre. La sécurité d'approvisionnement sera donc bientôt garantie.	
Faible	La sécurité d'approvisionnement est garantie grâce à une bonne interconnexion entre les différentes ressources en eau exploitées.	
Aucune		

2b Sécurité d'approvisionnement non garantie (approvisionnements en eau privés)

Pertinence du problème	Très élevée	Variante 1) Habitants (permanents ou saisonniers) desservis par l'approvisionnement en eau privé 1'000 500 0	Décision : Variante 2) Les approvisionnements en eau privés constituent la seule source d'eau potable dans la majeure partie du bassin à évaluer Plus de la moitié du bassin à évaluer est desservi essentiellement par des approvisionnements en eau privés. Une minorité des habitants du bassin à évaluer est desservie par des approvisionnements en eau privés Il n'y a pas ou que peu d'approvisionnements en eau privés dans le bassin à évaluer.
	élevée		
	moyenne		
	faible		
	nulle		

Gravité de pénurie d'eau pour ce problème	Très forte	Décision analogue au rapport d'experts, problème ^{3a} Caractérisation de la disponibilité d'eau en cas de sécheresse Les ressources en eau durablement disponibles ne suffisent pas en quantité et/ou en qualité en cas de sécheresse, causant de graves problèmes à de répétées reprises.
	Forte	Il arrive parfois que les ressources durablement disponibles soient insuffisantes en termes de quantité et/ou de qualité .
	Moyenne	Il est arrivé, par le passé, que les ressources durablement disponibles aient été insuffisantes en termes de quantité et/ou en qualité , mais de tels problèmes sont rares.
	Faible	Les ressources en eau sont toujours suffisantes.
	Aucune	

5a Problèmes de débits résiduels, sources et zones humides (approvisionnements publics)

Pertinence du problème	Très élevée	Problème: assèchement de sources, c'est-à-dire manque d'eau dans le cours d'eau à l'aval (il n'y a pas de débit de dotation aux sources captées). Décision :
	élevée	Plusieurs cours d'eau de grande valeur écologique s'assèchent périodiquement dans le bassin à évaluer à cause de ce problème
	moyenne	Plusieurs cours d'eau ou un cours d'eau de grande valeur écologique peuvent s'assécher périodiquement à cause de ce problème dans le bassin à évaluer.
	faible	Un cours d'eau peut s'assécher dans le bassin à évaluer à cause de ce problème.
	nulle	Il n'y a pas de cours d'eau à l'aval de sources dans le bassin à évaluer.

Gravité de pénurie d'eau pour ce problème	Très forte	Conséquences écologiques d'un assèchement. Décision : L'assèchement du cours d'eau peut avoir de graves conséquences écologiques et affecter irrémédiablement la biodiversité locale.
	Forte	L'assèchement du cours d'eau a des conséquences écologiques négatives qui peuvent se faire ressentir durant plusieurs années.
	Moyenne	Il est arrivé, par le passé, que le cours d'eau s'assèche, mais il s'est remis relativement rapidement de cet épisode.
	Faible	Les cours d'eau ne s'assèchent jamais, ou alors leur assèchement n'aurait pas de conséquences écologiques perceptibles.
	Aucune	

7 Problèmes de débits résiduels suite à des prélèvements pour l'enneigement artificiel

Pertinence du problème	Très élevée	Décision : Variante 1) Kilomètres de pistes de ski dans le bassin à évaluer	Variante 2) Part des pistes de ski enneigées par rapport à la surface du bassin à évaluer selon planification du territoire ou autres
	élevée	60 km	0.5%
	moyenne	10 km	0.1%
	faible	0 km	0%
	nulle		

Gravité de pénurie d'eau pour ce problème	Très forte	Décision: Évaluation sur le base de l'état du cours d'eau comparé à des conditions naturelles (sans prélèvements pour l'enneigement)
	Forte	L'état du cours d'eau est fortement dégradé et l'écologie des eaux est durablement affectée.
	Moyenne	L'état du cours d'eau est affecté négativement jusque durant l'été.
	Faible	L'état du cours d'eau peut être affecté localement et/ou temporairement, mais le cours d'eau se rétablit rapidement.
	Aucune	L'état du cours d'eau n'est pas ou pratiquement pas affecté.

11 Dilution insuffisante des eaux usées déversées

Pertinence du problème	Très élevée	Décision: Variante 1) Charge moyenne de la STEP en équivalent-hab. (EH selon VSA)	Variante 2) Habitants raccordés à la STEP
	élevée	20'000	20'000
	moyenne	5'000	5'000
	faible	1'000	1'000
	nulle	Rejet dans un lac	Rejet dans un lac

Gravité de pénurie d'eau pour ce problème	Très forte	Variante 1) part d'eau usée par Q_{347} (1) cours d'eau par STEP ($Q_{TS} \text{ STEP} / Q_{347} \text{ amont STEP}$)	Décision: Variante 2) part eau usée par Q_{347} (1), cumulé ($\sum Q_{TS} \text{ STEPs} / Q_{347} \text{ amont STEP}$)
	Forte	20%	20%
	Moyenne	10%	10%
	Faible	5%	5%
	Aucune	Rejet dans un lac	Rejet dans un lac

(1) Q_{347} ou débit résiduel dans le cours d'eau (valeur la plus faible des deux)

5 Détermination du besoin d'agir

5.1 Exemple : problème n° 6 „Irrigation agricole“

L'exemple ci-dessous illustre l'évaluation du besoin d'agir selon la méthode proposée dans le présent rapport, pour le problème n° 6 „Débits résiduels insuffisants en raison de prélèvements dans les eaux de surface à des fins d'irrigation“ :

Bassin à évaluer :	Pertinence	Gravité	Besoin d'agir
1 Sarine			
2 Simmental supérieur			
3 Simmental inférieur			
4 Adalboden			
5 Kander			
6 Lütchine			
7 Oberhasli			
8 Hasliberg			
9 Lac de Brienz			
10 Bördeli			
11 Thoune			
12 Zug			
13 Kiese			
14a Berne (sans Gürbe)			
14b Gürbe inférieure			
15a Singine (sans Gürbe)			
16a Seeland Ouest			
16b Seeland Est			
17 Jura			
18 Emme supérieure			
19 Emme inférieure			
20 Haute Argovie			
21 Bipperamt			

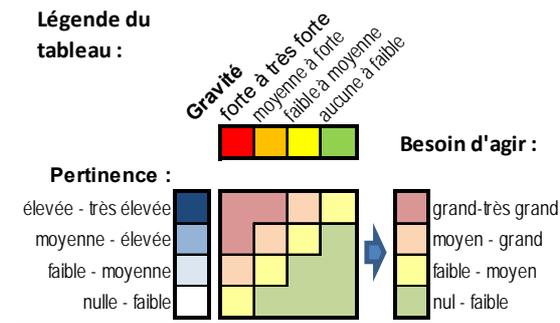
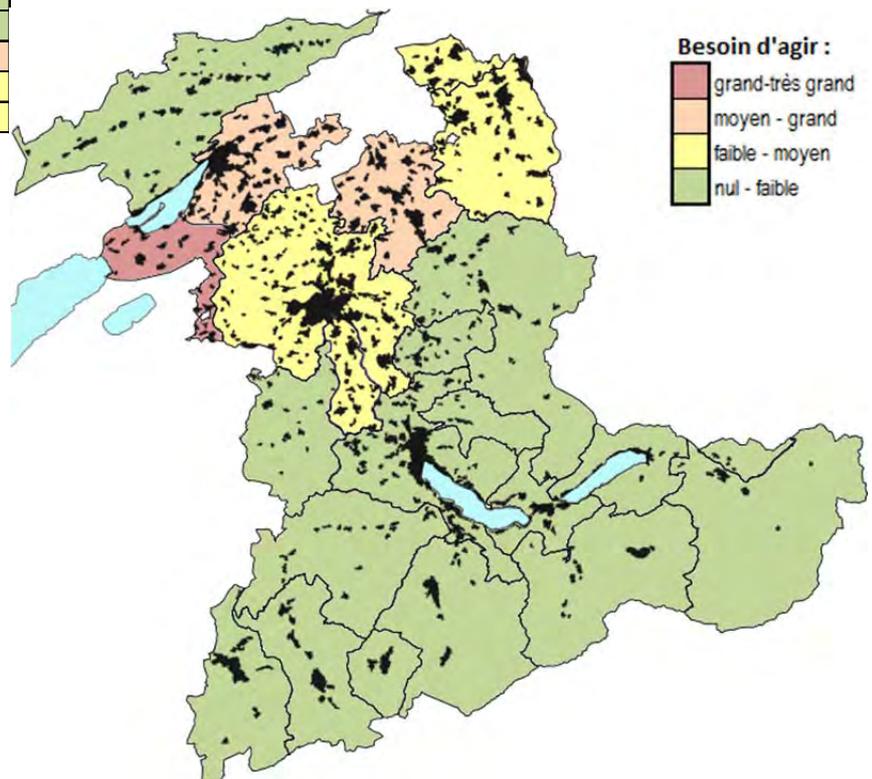


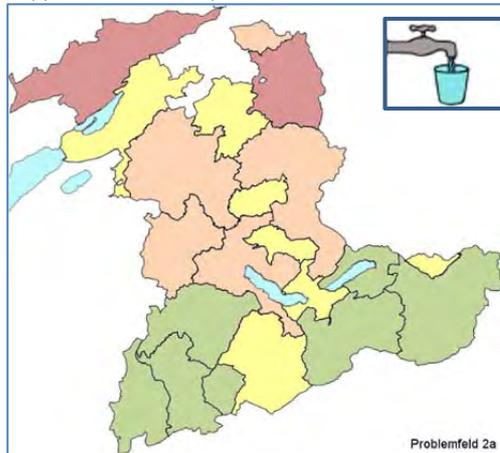
Figure 3 (à gauche et en haut):
 Évaluation du besoin d'agir pour le problème n° 6 „Débits résiduels insuffisants en raison de prélèvements dans les eaux de surface à des fins d'irrigation“, à partir de la pertinence et de la gravité du problème dans les 23 bassins à évaluer du canton de Berne

Figure 4 (à droite):
 Représentation cartographique du besoin d'agir

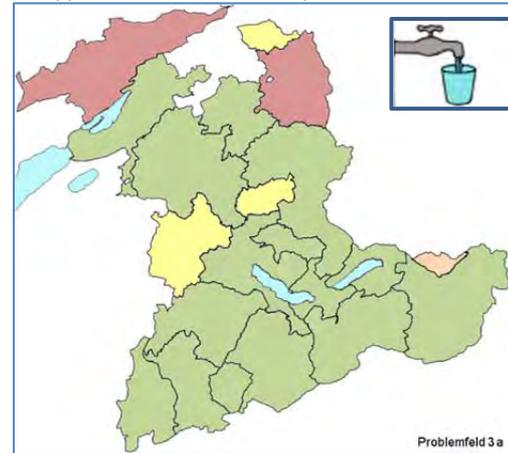


5.2 Cartes représentant le besoin d'agir par problème

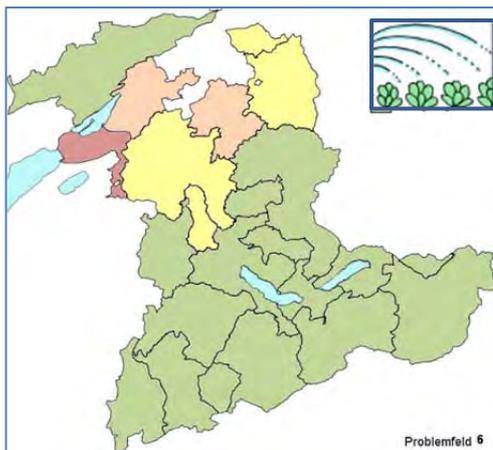
2a) Sécurité d'approvisionnement en eau non garantie (approvisionnement publics)



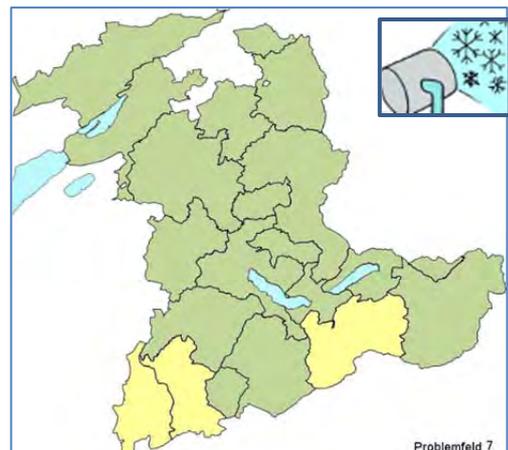
3a) Exploitation excessive des eaux souterraines par les approvisionnements en eau publics



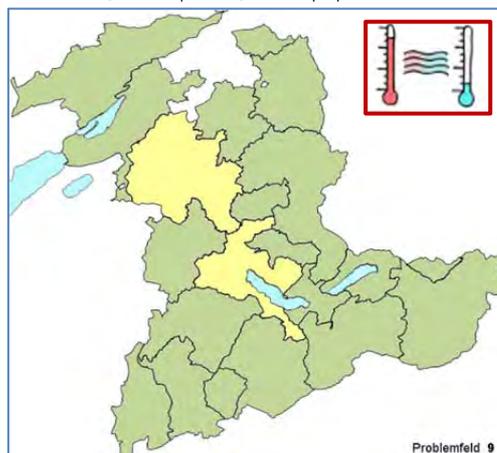
6) Débits résiduels insuffisants en raison de prélèvements dans les eaux de surface à des fins d'irrigation



7) Débits résiduels insuffisants en raison de prélèvements dans les eaux de surface pour l'enneigement



9) Hausse de la température des eaux de surface due à des cause [climatiques et] anthropiques



11) Dilution insuffisante des eaux usées épurées rejetées par les stations d'épuration

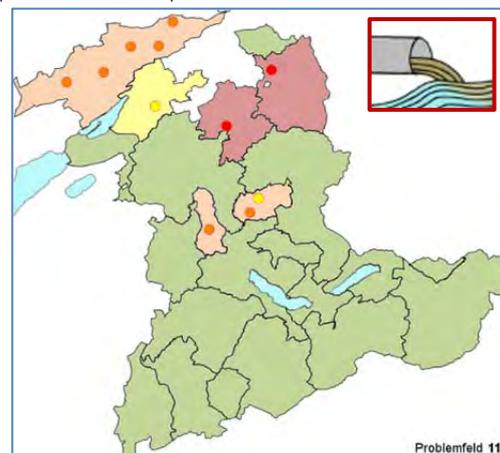


Figure 5 : Cartes provisoires du besoin d'agir pour les six problèmes évalués

6 Cartes indicatives cantonales de pénuries d'eau

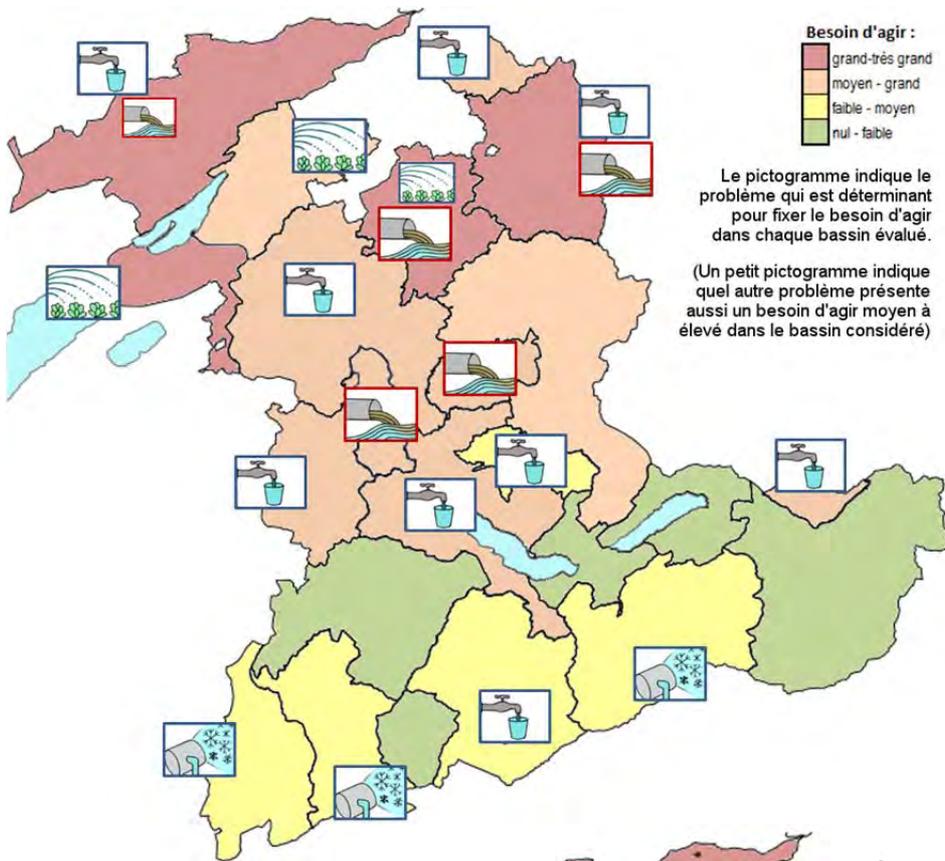


Figure 6 : Besoin d'agir global par bassin évalué. Hypothèse pour élaborer la carte : Le besoin d'agir global = le besoin d'agir le plus grand de chacun des problèmes évalués dans le bassin concerné.

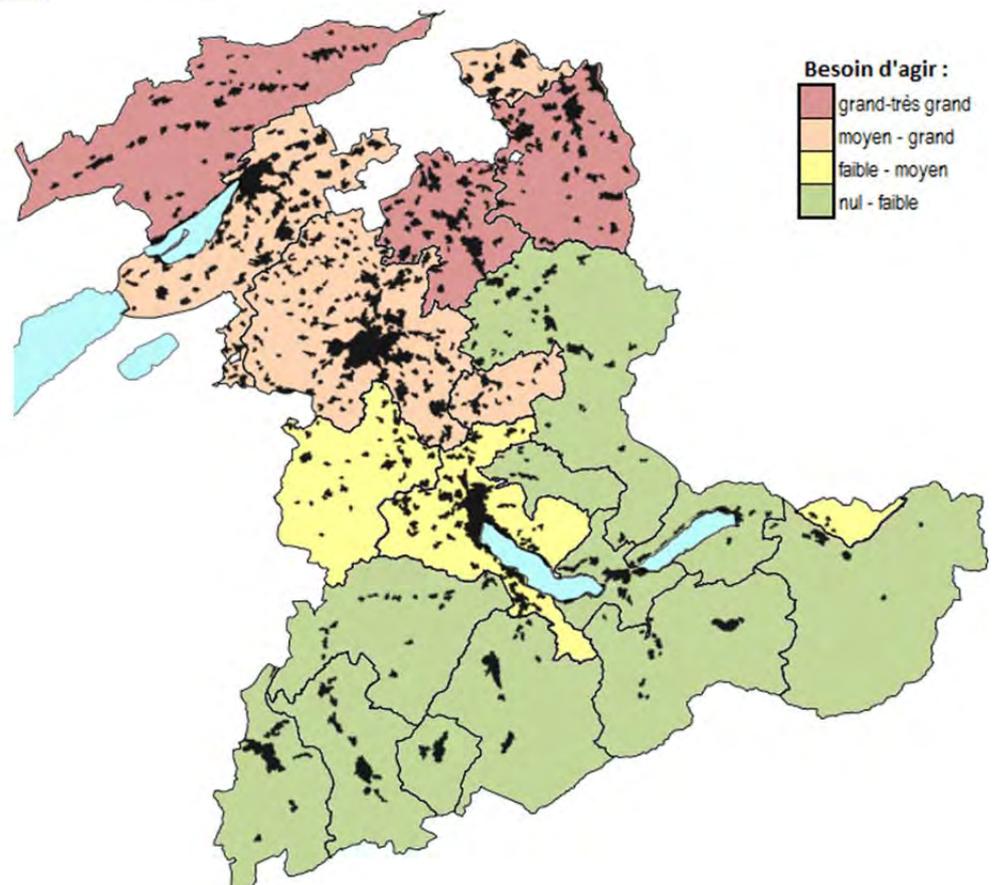


Figure 7: Besoin d'agir global par bassin évalué. Hypothèse pour élaborer la carte : Le besoin d'agir global = moyenne des besoins d'agir de tous les problèmes dans chacun des bassins évalués

Ces cartes sont à considérer comme provisoires.

7 Sources

[I.1] INTEGRALIA et Hunziker Betatech (2015) : *Wasserknappheitshinweiskarten im Kanton Bern aus Sicht AWA*. Aufzeigen von Regionen mit Handlungsbedarf für gezieltere Abklärungen. Pilotanwendung des Expertenberichtes zum Umgang mit lokaler Wasserknappheit in der Schweiz [...]. Rapport élaboré sur mandat de l'Office des eaux et des déchets (OED) du canton de Berne. Berne. 34 p. et 56 p. d'annexes (non publié).

[I.2] INTEGRALIA (2015) : Aufsichtskommission Vierwaldstättersee (AKV), Projekt Wasserknappheitskarten Vierwaldstättersee, *Dokumentation des 2. Workshops*. Berne. 9 p. et 24 p. d'annexes (non publié).