

Groundwater and surface water relationship / Relation eau de surface – eau karstique

Bailly-Comte V. & Pistre S.

A physical explanation of the empirical relationship between modal time, mean residence time and peak concentration derived from tracer breakthrough curves

Since the 60's, many authors proposed mathematical simulations of tracer breakthrough curves (BTC) based on the conceptual framework of the Advection-Diffusion Equation (ADE). Theoretical relationships between parameters of the tracer BTC have been proposed for decades, and particularly between parameters that are useful for vulnerability assessment to contamination: mean residence time, modal time and peak concentration. These theoretical relationships have often been used to demonstrate that the ADE failed to explain empirical tracer BTC, leading authors to reject the simple assumption of Fickian transport. Our work shows that another interpretation can be given. Indeed, we derive another relationship between travel time and peak concentration, following the ADE in 1 dimension but with an equivalent scale-dependent dispersivity. This relationship is confirmed by tracer BTC from numerous tracer tests performed in karst aquifers. This new interpretation has important implications for the characterization and the simulation of transport at the tracing system's scale, especially for karst aquifers for which understanding and modelling transport processes is still a real challenge.

Résumé

Depuis les années 60, de nombreux modèles mathématiques ont été développés sur la base théorique d'un transport Fickien suivant l'équation d'advection et de dispersion cinématique. A partir de la distribution des temps de séjour qui dérive de cette équation (réponse impulsionnelle), il est possible d'exprimer une relation théorique entre les paramètres les plus utiles pour l'étude du transfert de contaminant, à savoir le temps modal, le temps moyen de séjour et le maximum de concentration. De nombreuses études antérieures montrent que ces relations ne se vérifient pas expérimentalement, ce qui a poussé ces auteurs à rejeter une expression simple de l'équation de transport pour l'interprétation des traçages. Nous démontrons dans ce travail la relation qui existe entre le temps moyen de séjour et le temps modal, et nous proposons une nouvelle relation entre le temps modal et le pic de concentration sous l'hypothèse d'un écoulement Fickien équivalent, en 1 dimension, utilisant une dispersivité dépendante de l'échelle d'observation. Ces relations sont validées par un ensemble de données issues de la bibliographie et relatives aux aquifères karstiques. Ces résultats ont d'importantes conséquences sur la caractérisation et la simulation du transport de contaminants dans les aquifères karstiques, pour lesquels la compréhension et la modélisation des processus hydrodispersifs constituent un réel défi scientifique.

Démery S., Vouillamoz J., Eichenberger U., Weber E. & Jeannin P.Y.

Identification Cards of karst systems as tools for a sustainable management of karst systems.

Results of the KARSYS approach are presented as Identification Cards (ID Cards) for each main karst system, including maps, 3D views, a basic data-base and a series of attachments (typically literature). Identification Cards intend synthesizing the main karst system characteristics. They have to be at once concise and enough complete. They must address questions from cantons, communities, water-supply agencies or any further water-users of a karst area. For this reason, some aspects of the ID Cards are being adjusted to the respective demands and priorities of users. Furthermore, ID Cards consider the following potential user conflicts and interactions: drinking water supply, hydropower production, artificial snow, irrigation, geothermic. The KARSYS documentation approach of karst systems is an important step towards a better understanding of karst hydrogeology at a regional scale. It is a necessary step for a sustainable management of karst groundwater and it represents a necessary base for any further step including modelling of water quantity, quality, or the assessment of global change on karst systems.

Dević N., Radojević D. & Filipović S.

Impact of superficial water on geochemical properties of groundwater in the karstic aquifer system

This paper contains a description of geochemical indicators of the water flow system of the heterogenous karstic aquifer in the lower part of Morača river watershed. Mutual ratios of water ingredients, expressed as values of the

molar ratio of Ca/Mg, and equivalent ratio SO₄/Cl indicate the infiltration of pollutants into the aquifer, and a hydrological connection existing between the superficial water and the groundwater of that system.

Douay D. Subias Ch., Delporte C., Tarrisse A. & Jahan L.

Participation des eaux de la rivière Lot à l'alimentation des sources Bleues (Causses du Quercy – Lot – France)

Au début des années 80, la Direction départementale de l'agriculture (DDA) du Lot avait pressenti le considérable potentiel pour l'adduction en eau potable (AEP) que pouvait constituer la source Bleue de Soturac.

Cette source émerge en rive droite de la rivière Lot, dans la partie occidentale du département. Avec un débit estimé à près de 2 m³/s à l'étiage, la DDA avait proposé au syndicat d'eau potable (Aquareso) de capter cette source. La configuration actuelle du traitement et les potentialités hydrogéologiques de la source permettraient d'alimenter près de 12 000 abonnés. A noter qu'une autre source non captée (source bleue de Touzac) émerge juste en face du captage de Soturac dans une parcelle privée.

L'analyse comparée des températures des principales sources émergent dans la basse vallée du Lot indiquaient une anomalie thermique sur la source Bleue de Soturac, à mettre en relation avec des remontées plus profondes de l'aquifère jurassique.

Des investigations hydrochimiques et isotopiques sur un cycle hydrologique complet (EGS – 98-99) ont confirmé qu'en période d'étiage, les eaux du Lot participaient à l'alimentation des sources Bleues à hauteur de 50 à 75%. Un traçage réalisé dans un forage de la vallée de la Thèze (affluent nord du Lot) a ainsi pu fournir une explication sur une des provenances des eaux plus minéralisées des sources Bleues (EGS - 99).

La DDA a proposé des hypothèses des zones contributives au débit des sources Bleues : la majeure partie provenant des pertes du Lot et des remontées plus profondes de l'aquifère du Jurassique puis dans une moindre mesure, des plateaux en rive sud du Lot et du secteur de la vallée de la Thèze au nord du Lot.

En septembre 2009, dans le cadre de la définition du bassin d'alimentation par multi-traçages (CALLIGEE - 2009), deux injections de 50 et 35 kg colorants ont été réalisées en amont de secteurs a priori favorables pour alimenter la nappe du Jurassique par les eaux du Lot (pertes potentielles du Lot au droit d'affleurements de calcaires du Kimméridgien inférieur) à 17 et 35 km en amont des Sources Bleues.

Les résultats ont confirmé la participation des eaux du Lot, en de multiples pertes, pour l'alimenter cet aquifère du Jurassique. Avec des vitesses de transit relativement rapides en étiage (80 m/h), cette étude apporte un nouvel éclairage sur la stratégie de protection de ce captage.

En parallèle, des traçages sur le plateau de Thézac au Sud et sur les pertes de la Thèze au Nord ont montré l'étendue et la complexité du système karstique des sources bleues.

Ces différents résultats montrent une complexe interdépendance entre les eaux souterraines et les eaux de surfaces et ouvrent le champ de nouvelles investigations méthodologiques. Il s'agirait notamment de compléter les approches par bilan hydrologique avec une dimension dynamique du fonctionnement de ces aquifères pour répondre aux attentes des collectivités locales. D'autres captages du Lot à enjeux considérables (notamment la source des Chartreux) sont concernés par cette problématique.

Fleury P., Maréchal J.C., Ladouche B., Raymond M. & Dörfliger N

Modelling of karst aquifer contribution to flash floods. Nîmes city case study

In Nîmes city, flash floods have been previously considered to be the result of very intensive rainfall events coupled to high runoff due to the downhill geographic position of the city. Recent studies on a strong rainfall event (September 2005) show that groundwater from the karst plays an important role in the flood genesis. When karst aquifer is not saturated, it plays the role of "sponge" capable of storing water. In opposite, when karst aquifer is saturated, spring discharge increases and several temporary outlets occur. Also runoff on landscape increases due to an infiltration decrease. This phenomenon (increase of spring and runoff discharge) is identified as the "karst component". During large floods, the karst component constitutes the major contribution to high flows. The main characteristics of the Nîmes karst system provoking karst flash flooding are described. It allows developing a conceptual model of hydrologic processes involved in flood generation. Karst saturation is modelled using water level at the Fontaine de Nîmes spring (Mazaure Aven); karst contribution discharge is then modelled. This model was used to develop a global abacus linking rainfall to stream discharge rate. The model will be included in the flash flood warning system of Nîmes city.

Jourde H., Lafare A. & Mazzilli N.

Flash flood mitigation as a positive consequence of anthropogenic forcings on the groundwater resource in a karst catchment

The Mediterranean coastal region is prone to high-intensity rainfall events (the Cevenols events) that are frequently associated with devastating flash floods. This paper investigates the role of a karst aquifer system in the flash floods of a Mediterranean river, the Lez River. Most of the Lez river watershed is located on karst terrains where surface water/groundwater interactions take place. During extreme rainfall events, the presence of fractures and well developed karst features in carbonate terrains allows increased infiltration, concentrates flow and quickly transfers water underground towards the natural outlets of the karst system. The role of the karst aquifer system in the river floods dynamics is analyzed while considering the spatial distribution and intensity of rainfall, the water table level dynamics within the aquifer and the discharge of the Lez River at various gauging stations. A special attention is dedicated to the relative importance of the surface and underground processes involved in flash flood genesis. It is shown that karst groundwater contributes to flash floods under certain conditions, while the active management of the karst aquifer, which generates significant drawdown, may mitigate flash floods under other conditions.

Kraller G., Warscher M., Strasser U., Kunstmann H. & Franz H.

Distributed hydrological modeling in high Alpine karst at regional scale. The water balance in the Berchtesgaden National Park – KarstNPB

Distributed hydrological modeling in karst dominated catchments is challenging as various unknown underground flow conditions and underground flow directions lead to unknown storage quantities. Missing parameterization in karst catchments at regional scale prevents reliable hydrological modeling of subsurface (unsaturated and saturated) water fluxes and consequently, climate impact modeling in karst dominated catchments is until today insufficient. We describe the water balance in the Alpine catchment of the river Berchtesgadener Ache with the deterministic model WaSiM-ETH (Schulla & Jasper, 2007) to determine and quantify karst impact on the hydrological processes at different time and space scales in the watershed. The study area is situated in the northern limestone Alps, characterized by a huge carbonate stratum, exposed to karstification processes since Alpine lift. It is assumed, that subsurface flow channels and heterogeneous storage effects lead to groundwater redistribution through mountain ranges and influence hydrological processes of neighboring valleys. In a first step, former karst research in the area was evaluated to draw the main subsurface flow directions within or in between sub-basins. Based on this, the water balance of the sub-basins was examined to get further information on the regional hydrology.

This was done by analyzing model results of the distributed model WaSiM-ETH. A systematic mismatch between modeled and measured runoff (over and underestimation) was detected in three high Alpine karst dominated sub-basins, indicating hydrological processes at sub-basin scale that are not included in model algorithms. Analyses of monthly sums of modeled and measured water storage indicated subsurface water inflow, outflow or redistribution in sub-basins and enabled quantification of those processes. Next steps will be to develop a neural net to predict future water storage in the Berchtesgaden Karst and to implement adapted groundwater flow in WaSiM-ETH to improve the model for karst dominated catchments.

Mazzilli N., Jourde H., Guinot V., Bailly-Comte V. & Fleury P.

Hydrological modelling of a karst aquifer under active groundwater management using a parsimonious conceptual model

A reservoir conceptual model is proposed for the hydrological modelling of a karst spring under active groundwater management. The main feature of the proposed model is a transfer function between the karst conduit and the fissured matrix that is proportional to the head gradient between the conduit and the fissured matrix. The model accounts for both discharge and piezometric level at the spring, which makes it suitable for both flood prediction and groundwater management.

Résumé

Un modèle conceptuel à réservoirs est proposé pour la modélisation hydrologique des sources karstiques en exploitation active. La caractéristique principale du modèle proposé est l'utilisation d'une loi de transfert entre les conduits karstiques et la matrice fissurée, proportionnelle au gradient piézométrique entre ces deux volumes. Ce

modèle simule de façon satisfaisante à la fois le débit et la piézométrie à la source, ce qui le rend pertinent pour des problématiques de prédiction de débit de crue et de gestion de la ressource

Mihoubi N., Mebarki A. & Laignel B.

Reservoir water balance and karst water leaks: Hammam Grouz Dam (Oued Rhumel basin, Algeria)

This research, supported by the Agence Universitaire de la Francophonie (scientific cooperation projects between universities), focuses on upper Oued Rhumel basin (1130 km²), controlled by the Hammam Grouz Dam (region of Constantine). The basin contains karst formations drained by several springs, partly hydrothermal. The aim of this paper is the assessment of water dam leaks according to the water balance in the dam, springs discharge and other karst dynamic behaviors. The hydrological functioning of the dam (capacity: 45 hm³) is studied using data from the monthly balance of the reservoir, covering the period from September 1987 to August 2010. After the hard deficit observed during fifteen years of exploitation of the reservoir, the floods of the high rainy 2002/2003 year are at the origin of the first discharge of the spillway. Eventually, remarkable flow leaks were observed, which were confirmed using dye tracers. Analysis of the calculated inflow of the dam reservoir compared with discharge measured at the gauging station located at the upstream of the dam, has revealed leakage (7.0 hm³ in 2002/03, 32.2 in 2003/04 and 26.2 in 2004/2005). The leakages appear to be much larger than those measured at Hammam Grouz springs. More detailed morpho-structural and hydrogeological studies are required to be applied at the regional scale of the hydrosystem.

Résumé

Ce travail de recherche qui bénéficie du soutien de l'Agence universitaire de la francophonie (projets de coopération scientifique inter-universitaire), s'intéresse au bassin du haut Rhumel (1130 km²), contrôlé par le barrage de Hammam Grouz (région du Constantinois). Le bassin renferme des formations karstiques à partir desquelles émergent plusieurs sources, en partie thermales. Le but de cette contribution est l'évaluation des pertes en eau du barrage en relation avec le bilan de régularisation, les débits des sources et autres manifestations de la dynamique du karst. Le fonctionnement hydrologique du barrage (capacité : 45 hm³) est étudié à travers les données du bilan de régularisation mensuelle, couvrant la période de septembre 1987 à août 2010. Après le sévère déficit qui a caractérisé ce bilan pendant quinze années d'exploitation du réservoir, les apports en écoulement de l'année très pluvieuse 2002/2003 sont à l'origine du premier déversement de crue du barrage. Aussi, de remarquables débits de fuites d'eau, confirmées à l'aide des traçages chimiques, ont été enregistrés. L'analyse comparative des apports au barrage (affluent) avec ceux mesurés à la station de jaugeage, située à l'amont, a mis en évidence des volumes de fuites (7.0 hm³ en 2002/03, 32.2 en 2003/04 et 26.2 en 2004/2005), bien plus importants que ceux mesurés aux sources du Hammam. Une investigation morpho-structurale et hydrogéologique approfondie s'impose à l'échelle régionale de l'hydrosystème.

Morel L., Jaillet S., Maire R. & tous les membres des Expéditions Ultima Patagonia

Etude des crues souterraines des karsts subpolaires océaniques de l'Archipel de Madre de Dios (Patagonie, Chili)

Sur le front pacifique de l'archipel de Madre de Dios (50° S), en Patagonie chilienne, une zone karstique importante se développe dans les calcaires récifaux du Paléozoïque supérieur. La pluviométrie est supérieure à 8 m/an avec une moyenne des vents de 70 km/h quasi unidirectionnels (secteur W à NW), entraînant des crues violentes et à fréquences élevées. Afin de mieux comprendre le fonctionnement original de ces crues, plusieurs centrales d'acquisition ont été installées en 2008 sur différents sites souterrains présentant une dynamique totalement différente. En février 2010 ce matériel a été récupéré et les données analysées.

Abstract

Madre de Dios archipelago is located, at 50°30' S, on the Pacific front. The karst areas in the reef limestone of Upper Paleozoic of Chilean Patagonia have long remained unexplored because of their remoteness, difficult access and very inhospitable cold, wet, windy climate. Annual rainfall is 7-8 m/yr⁻¹ and the average wind speed reaches 70 kph⁻¹ almost unidirectional (W to NW), involve strong floods at a high rate. To study the dynamic, the floods number, different underground sites have been instrumented in 2008 and recovered in 2010 (data loggers).

Mouhri A., Dupont J.P., Massei N., Brown J., Jardani A., Fournier M. & Laignel B.

Les relations nappe/rivière dans les aquifères karstiques de la craie de l'Ouest du Bassin de Paris (Seine Maritime)

En domaine karstique, la relation entre les écoulements souterrains et les écoulements de surface est complexe. Dans l'aquifère karstique de la craie de Haute-Normandie, il existe une dualité entre écoulement régional en milieu poreux et fissuré, largement dominant sur le plan quantitatif, et les circulations karstiques localisées. Dans cette étude, nous nous proposons de discuter leurs contributions respectives à partir de la relation entre le gradient hydraulique et le débit de rivières. La démarche est appliquée sur dix bassins versants qui drainent l'aquifère de la craie de l'Ouest du Bassin de Paris (France). Deux principaux types de comportements hydrauliques sont mis en évidence : i) les relations principalement linéaires dont la pente exprime une transmissivité hydraulique, ii) et celles qui s'ajustent convenablement à une progression exponentielle qui traduisent une modification du régime des écoulements en fonction de la charge hydraulique. Cette démarche conduit à la proposition d'un modèle conceptuel de la décomposition de l'hydrogramme à partir de la relation gradient hydraulique/débit qui permet la séparation de trois composantes du débit : i) la part des écoulements associés aux débits minima qui, dans le cas de telles rivières majoritairement alimentées par l'aquifère, représente une contribution de l'ordre de 40 à 60 % du débit total ; cette part pourrait correspondre aux écoulements lents de type «slow flow» dans laquelle le drainage karstique est minimal et serait issue du drainage de la nappe par la fissuration et, dans une bien moindre mesure, par la perméabilité de matrice ; ii) une part équivalente du débit issue du renforcement du drainage de l'aquifère par les conduits karstiques en fonction de l'augmentation du gradient hydraulique selon des relations linéaires à exponentielle en fonction des bassins étudiés ; cette part pourrait être assimilée au «mixed flow» de la littérature (fissures/conduits) iii) la part événementielle du débit issue des transports rapides ou «quick flow» qui ne représente que 1 % du débit total. Plus de 98 % du débit (slow flow + mixed flow) correspondent ainsi à des écoulements de nappe, alors que les faibles valeurs du ruissellement (quick flow) peuvent traduire que le volume du karst drainant est négligeable par rapport à celui de la partie poreuse/fissurée de la craie. Hors des périodes de crue, l'aquifère de la craie peut alors être assimilé à un milieu poreux équivalent.

Mots clés : Aquifère karstique crayeux, relation gradient hydraulique /débit, séparation de l'hydrogramme.

Abstract

In karst areas, the relationship between the groundwater and river flows is complex. In the chalk karstic aquifer of Upper Normandy, there is a duality between the karst conduit flows and the dominant regional flow in porous and fractured media. In this study, we propose to discuss their respective contributions using the relationship between hydraulic gradient and river flows. The approach is applied in ten watersheds in the western Paris Basin (France). Two main types of hydraulic behavior are highlighted: i) the predominantly linear relationship whose slope expresses a hydraulic transmissivity, ii) and those that properly fit to an exponential rise, reflecting a change in flow regime according to the increase of hydraulic gradients. This leads to a conceptual model of the decomposition of the hydrogram, based on the relationship between the hydraulic gradient and the river flow and allows the separation of three components of the flow: i) the part of flows associated with minimum discharge which, in the case of such rivers mainly supplied from the aquifer, may correspond to a rate of 40 to 60 %; this could correspond to the notion of "slow flow" in which, the karst drainage is minimal and should come from the aquifer drainage in fractured and porous medias; ii) an equivalent part of flow comes from the increasing of the aquifer drainage through karst conduits due to the increase of the hydraulic gradient by linear or exponential relations according to the studied basins; this part of flow could be considered as "mixed flow" (fractured media and karst conduits); iii) the part of event flows comes from "quick flow" which represents less than 1 % of the total flow. Over 98 % of the river flow (slow flow and mixed flow) correspond to groundwater discharge, while the low values from quick flow may reflect that the volume of karst conduits is negligible compared to the storage capacity of the chalk aquifer.

keywords : karstic chalk aquifer, hydraulic gradient and discharge relationship, hydrograph separation.

Petrič M.

Spatial and temporal variations of natural tracers in a karst spring catchment at the Planina polje (SW Slovenia)

The karst spring catchment at the Planina polje in south-western Slovenia is a complex karst system that is characterized by interchange between surface and subsurface flow. From 2007 to 2010, selected physical and chemical properties of water (precipitation, discharge or water level, temperature, electrical conductivity) were monitored at different points of the system. Based on the comparison of measured properties in selected flood events at low and high water levels, the influences of different types of recharge, exchange between surface water and groundwater, relations between inflows from various parts of the catchment, and their contributions to spring discharge were assessed. It is demonstrated that these characteristics depend strongly on meteorological and hydrological conditions and change very rapidly.

Robert A., Mondain P.H., Pivette B., Sandri-Mouze D., Marguet T. & Touminet A.G.

Réalimentation d'un aquifère karstique exploité pour l'AEP à partir des eaux d'exhaure d'une carrière : exemple de la carrière de Torcé-Viviers-en-Charnie

Dans le département de la Mayenne, à TORCÉ-VIVIERS-EN-CHARNIE, une carrière, exploitant des dolomies d'âge cambrien, réinjecte une partie de ses eaux d'exhaure en amont du captage d'eau potable de la Houlberdière. Ce dispositif, prévu dans l'arrêté d'autorisation de la carrière, a été construit entre 2005 et 2007 et a été mis en service de façon continue en août 2010. L'impact sur le niveau de la nappe est très net et une légère dilution des nitrates présents au niveaux du captage semble aussi s'opérer.

Abstract

In the department of Mayenne, in the city called TORCÉ-VIVIERS-EN-CHARNIE, a quarry, exploiting dolomites of Cambrian age, reinjects a part of its pumping water upstream to the drinking water harnessing of Houlberdière.

This device, provided in the authorization order, was built between 2005 and 2007 and was put in service in a continuous way in august 2010. The impact on the level of groundwater is very clear and a light dilution of nitrates in the water harnessing also seems to take place

Selles A., Leonardi V., Bailly-Comte V. & Jourde H.

Influence des relations karst/rivière sur la restitution plurimodale d'un traçage artificiel : Cas du Causse d'Aumelas

A dye tracer test was performed on the Aumelas-Thau karst system, southwest of Montpellier. The tracing system is fed by water loss from the temporary Coulazou River, involving a high variability of the recharge conditions. Results clearly show a bimodal breakthrough curve at the monitored spring. At the same time, a hydrodynamic monitoring of the tracing system including water level measurements of surface water and groundwater is used to understand the influence of recharge dynamics on the tracer breakthrough curve. Data analyses show that the result of the tracer test is due to complex karst/river interactions through successive siphons. This tracer test shows that only a precise hydrodynamic analysis of the system allows understanding when the tracer cloud is actually flowing within the tracing system.

A conceptual model explaining the complexity of these transport processes is proposed as an alternative to the classical analysis of such breakthrough curve, which is based on the existence of distinct flowpaths toward the spring. Indeed, as injection conditions are driven by karst /river connectivity and hydrodynamics of the tracing system, this has great consequences on the physical interpretation of the breakthrough curve. This study shows that, in this type of karst hydrosystem, a clear physical interpretation of breakthrough curve allowing the determination of transport properties is not possible without a hydrodynamic monitoring of both groundwater and surface water together with continuous discharge measurements.

Résumé

Une expérience de traçage à la fluorescéine a été effectuée sur le système karstique d'Aumelas-Thau, au sud-ouest de Montpellier. Le système traçage étudié est alimenté par la perte d'un cours d'eau superficiel, ce qui favorise une forte variabilité des conditions de recharge lors de l'expérience. L'analyse des données hydrodynamiques montre que les interactions karst/rivière, associées à une structure en siphons successifs, permettent d'expliquer une restitution bimodale en réponse à une modification des conditions de recharge, et donc des conditions hydrodynamiques dans le système. En effet, seule l'analyse précise de l'évolution hydrodynamique du système traçage permet de comprendre à quels moments le traceur est réellement mobilisé.

Cette mobilisation dépendant directement des modalités de recharge. Un schéma conceptuel permettant d'expliquer la complexité des processus de transport, à la fois dans l'espace et dans le temps, est proposé comme alternative à l'analyse classique qui repose sur l'existence de plusieurs axes d'écoulement vers la source.

Ainsi, comme les conditions de mobilisation du traceur dépendent directement de l'hydrodynamique du système et de la connectivité karst/rivière, l'interprétation physique de la courbe de restitution est nécessaire. Cette étude montre que, dans ce type d'hydrosystème karstique, il n'est pas possible d'interpréter correctement la courbe de restitution d'un traçage et d'en déduire les propriétés hydrodispersives du milieu sans un suivi hydrodynamique complet du système traçage, avec a minima un suivi piézométrique dans les volumes capacitifs et transmissifs en complément de la mesure des débits à l'exutoire.

Sharifi M. & Taheri K.

Aspects of karst hydrogeology and ecology of a Patterned mire in a dry habitat in western Iran.

Vouillamoz J., Jeannin P.Y, Démary S., Weber E., Malard A. & Eichenberger U.

KARSYS, un concept de caractérisation des systèmes karstiques pour une gestion durable des ressources en eau

Karst groundwater represents about 80% of Swiss groundwater reserves and about 50% of groundwater resources. In Switzerland karst hydrological systems are however badly documented and waters are still moderately used. Climate change, growing water needs for drinking water, agriculture, hydropower generation or geothermal reinforcement greatly increase the pressure on these aquifers. In order to improve their sustainable management the Swiss Institute of Speleology and Karstology (SISKA) is developing a specific method for approaching karst systems in Switzerland as part of the 61th National Research Program.

KARSYS (Karst System Characterisation) is being developed in order to provide, as efficiently as possible, a 3D conceptual model of karst hydrological systems, for management and general purposes. This approach is based on a geological model, which is iteratively improved in order to characterize karst groundwater bodies, catchment boundaries, confined and unconfined areas as well as the position of the main underground flowpaths.

This method is being applied to all major Swiss springs (~200 systems with $Q > 50$ L/s) and will provide a consistent basic documentation including maps and 3D views. In some cases the method has also provided a sketch of high water situations, which is a significant understanding concerning natural hazard (floods and landslides). We believe that the KARSYS method is an efficient approach for any karst system. First results are already available on the www.swisskarst.ch website.

Key words: Karst, KARSYS, Switzerland, aquifer, water resources, PNR61, Swisskarst, GIS, 3D model

Zagana E., Floros G. & Tserolas P.

River – karst groundwater interaction based on hydrochemical methods in Lambra – Paleomanina karst system (West Greece) – First Results

The karst system of Akarnanika Mountains is developed in West Greece. Cretaceous – Eocene limestones and Triassic limestones to the W and evaporates to the E are the main geological units. The Lambra – Paleomanina karst system, one subsystem of Akarnanika Mountains, occupies the eastern part, where Triassic breccias and evaporates prevail. The mean annual precipitation of the area reaches 900mm. The system is drained at the southern part from Lambra – Agios Dimitrios front of springs with discharge rates approx. $8\text{m}^3/\text{s}$. The springs cover the drinking and irrigation water needs of many villages in the broad area. In the eastern part of the area the karstified system comes in contact with Acheloos River and Ozeros Lake. In general the chemical composition of the spring's water shows a mixed character from the evaporate water and the river water. The electrical conductivity and the sulfate content show an increase westwards along the front of the springs from $356\ \mu\text{S}/\text{cm}$ to $835\ \mu\text{S}/\text{cm}$ and $79.2\ \text{mg}/\text{L}$ to $295\ \text{mg}/\text{L}$ respectively. The sulfate based fraction of river water in spring water increases eastwards along the front of the springs, with the maximum value (92 %) in the eastern spring S06 in the winter period, while the sulfate fraction of river water in the western spring of the front S01 is 65 % in the same period. At the present time in the frame of a research project concerning the study of the karst system, seasonal sampling in ground and surface water as well as ten days sampling in spring and river water take place in order to identify the relationship between the karst and the river water. In this paper the first results are presented.
