

Les ressources naturelles du Guizhou

Relations entre l'environnement et le développement économique

Li Po ¹

Résumé : La province montagneuse du Guizhou (176 128 km²), la plus pauvre de Chine, est caractérisée par un milieu karstique montagnard subtropical sur 73 % de son territoire et un riche patrimoine naturel. Les ressources en eau sont importantes, de l'ordre de 2 875 m³/an/personne, mais elles sont réparties inégalement sur un plan spatial et temporel à cause de la circulation souterraine et de la longue saison sèche de novembre à mars. Les problèmes environnementaux sont nombreux à cause de l'érosion des sols et de la pollution de l'eau. En raison des richesses minières (charbon, fer, bauxite), les pollutions industrielles sont très fortes dans les régions de production (bassin de Shuicheng) et dans les grandes agglomérations (Guiyang, Liupanshui, Anshun, Zunyi). Les effondrements de terrain se sont développés là où la nappe phréatique a été surexploitée comme dans la conurbation de Liupanshui.

Le potentiel hydroélectrique est important avec des ressources exploitables de 16,4 millions de kw. La capitale provinciale, Guiyang (1 million d'habitants), recouvre les districts de Nanming et Yunyan sur une superficie de 156 km²; elle est confrontée à de graves problèmes de pollution de l'air et de l'eau et a un approvisionnement en eau insuffisant d'où la création du lac-réservoir de Hongfenghu sur la rivière Maotiao. Les paysages du Guizhou sont parmi les plus beaux de Chine d'où la multiplication des parcs naturels et le développement progressif des ressources touristiques. Le site le plus célèbre est celui de Huangguoshu avec la chute d'eau la plus importante du pays tandis que le mont Fanjing, avec ses forêts primaires étagées entre 700 et 2 700 m, a été reconnu en 1987 comme Réserve de la Biosphère par l'UNESCO.

Mots-clés : ressource naturelle, environnement, eau, hydroélectricité, barrage, développement, pollution, Guizhou, Chine.

Abstract : *The natural resources of Guizhou, relations between environment and economic development. The mountainous province of Guizhou (176 128 km²), the poorest of China, is characterized by a tropical karst environment on 73 % of the territory. The water resources are important because of wet subtropical climate, about 2 875 m³/year per person, but they are distributed inequally because of underground water draining and a five months dry season (November-March). The environmental problems are numerous due to deforestation, soil erosion and water pollution. The mineral resources are very important : coal, iron, bauxite, antimony, phosphorus, mercury, manganese. But the industrial pollutions are very abundant in the production areas (Shuicheng basin) and in the big urban centers (Guiyang, Liupanshui, Anshun, Zunyi). Collapse are numerous because of underground water pumping, especially in Liupanshui coal area where 914 phenomena destroyed buildings, roads, pipes, paddy fields. The hydroelectric potential is important with 16,4 millions of kw of exploitable reserves. Guiyang city, the provincial capital, is one million inhabitants distributed in the two counties of Nanming and Yunyan (156 km²). The urban environment (air and water) is very polluted. Because water supply is insufficient, now the city uses the Hongfenghu artificial lake (210 millions m³) located 25 km west of the city on the Maotiao river. Natural parks are numerous because of paramount karstic landscapes like deep canyon, large caves and impressive conic karst. Huangguoshu waterfall scenery area is the most famous park of the province with the biggest waterfall of China. Since 1987, Fanjing Mountain, with its primary forests stepped between 700 and 2 700 m asl, is a UNESCO Biosphere Reserve.*

Key-words: natural resource, environment, water, hydroelectricity, dam, development, pollution, Guizhou, China.

1. Guizhou Institute of Mountain Resources (G.I.M.R.), Guizhou Academy of Sciences, Guiyang.
<lipo_cn@yahoo.com.cn>

Traduction et compléments
N. Vanara et R. Maire

贵州环境与经济发展问题概述（摘要）

李 坡

（贵州省山地资源研究所 中国 贵阳 550001）

贵州是位于中国西南的一个山区省份，同时也是中国最贫穷的省份之一。全省面积（176128km²）的 73%为典型的亚热带喀斯特环境。因地处湿润的亚热带，贵州水资源丰富，每人每年约 2875 m³，但由于河谷深切、地下水埋深大，且降水多集中在 4-9 月，造成了贵州的工程性缺水。但由于河流落差大，具有丰富的水能资源，可开采储量达 16.4 kw。

由于滥伐森林、水土流失及水污染等，造成了许多环境问题。贵州的矿物资源很丰富，如：煤、铁、铝土矿、磷、锑、汞、锰等等，但在工矿区（如水城盆地）和较大的城市内（如贵阳、安顺、遵义等）工业污染很严重。塌陷是另一个严重的问题，其主要原因是由于地下水开采而引起，特别是在水城盆地，塌陷达 914 处，造成许多房屋、道路、各种管道、农田的损坏。

贵州省省会贵阳市的南明、云岩两城区内（156 km²）具有人口一百万。城区环境（空气和水）污染严重。由于供水短缺（特别是在枯水季节），现在贵阳正打算使用位于其以西 25 公里的，座落于猫跳河上游的红枫湖水库（21×10⁷ m³）中的水。

喀斯特环境是造成众多环境问题的因素之一，但也正这特殊的喀斯特地形，如：深切峡谷、众多的洞穴及美丽的锥状喀斯特峰林、峰丛等，使得贵州省拥有许多自然风景区。黄果树风景区是贵州省最著名的风景区，其中的黄果树瀑布是中国最大的瀑布之一。梵净山因其具有海拔 700-2700 米之间呈垂直分带的原始森林，于 1987 年被联合国教科文组织列为生物圈保护区。

Photo 440 : Le Wujiang, affluent du Changjiang, draine les 2/3 nord du Guizhou.

The Wujiang river drains 2/3 of Guizhou territory.

Photo R. Maire 1997



Introduction

Malgré sa réputation de pauvreté, la province du Guizhou est riche en matières premières, notamment en eau et en ressources minières. En outre, ses paysages karstiques exceptionnels contribuent au développement de l'économie touristique. Nous traiterons ici des problèmes environnementaux liés à l'exploitation de l'eau (consommation et hydro-électricité) et à sa pollution, ainsi que du potentiel minier et des pollutions afférentes à l'industrialisation et aux mines. Nous aborderons aussi le patrimoine paysager, avec ses réserves naturelles, tandis que le tourisme ethno-karstique est envisagé dans le chapitre 16.

I. Les ressources en eau

La province du Guizhou (176 128 km²) est localisée dans la zone subtropicale, entre 24°40' et 29°20' N. La moyenne annuelle des précipitations est de 1 100 à 1 300 mm, d'où des ressources en eau abondantes. Les pôles les plus humides, de plus de 1 400 - 1 500 mm/an, sont situés à l'ouest (cours moyen de la Beipanjiang), au sud-ouest (chaîne Miaoling) et au nord-est (mont Fanjing). Mais avec une superficie karstique de 73 %, les montagnes karstiques du Guizhou posent des problèmes locaux de gestion des eaux : insuffisance d'eau disponible sur les reliefs à cause de l'infiltration karsti-

que, trop d'eau dans les poljés et grandes dépressions au moment des crues.

A. Les systèmes hydrographiques

Les rivières du Guizhou appartiennent à deux grands bassins : au nord et au nord-est au système hydrographiques du Changjiang (Yangtse) sur deux tiers de la superficie de la province et au sud au système de la rivière des Perles sur le tiers restant (fig. 186). Au sud-est, la chaîne Miaoling, qui culmine au Leigongshan, sépare les deux bassins. Au nord de cette limite, le bassin-versant tributaire du Yangtse draine une superficie de 116 000 km² comportant cinq sous bassins-versants :

- Wujiang (le plus important) dans la partie centrale qui rejoint le Yangtse en aval de Chongqing ;
- Chishuihe et Qijiang au centre-nord ;
- Niulanjiang et Hengjiang à l'extrême ouest-nord-ouest ;
- Yuanjiang à l'est (qui porte le nom de Qingshuijiang dans le Guizhou) et qui rejoint le Yangtse au niveau de l'extraordinaire delta lacustre localisé entre Yichang, Changsha et Wuhan.

Au sud, le bassin-versant tributaire de la rivière des Perles, de 60 000 km², est composé de quatre sous-systèmes : les rivières de Nanpanjiang à l'extrême sud-ouest (frontière avec le Guangxi), de Beipanjiang dans les montagnes du sud-ouest, de Mengjiang au sud et de Duliujiang au sud-est.

Tableau 27 :
Les ressources en eau dans la province du Guizhou.

The water resources in Guizhou Province.

Bassins d'alimentation <i>river basin</i>	Superficie des Bassins <i>drainage area surface</i> (km ²)	Précipitations <i>precipitation</i> (mm/an)	Débit total annuel <i>yearly total discharge</i> (km ³)	Eaux souterraines <i>underground water</i> (km ³)
Total Guizhou	176 128	1 191	103,50	
Changjiang (Yangtse) <i>Changjiang (Yangtzi)</i>	115 747	1 134	66,80	18,394
1/ Jinshajiang	4 927	931	1,90	0,834
2/ Chishuihe	11 453	1 026	5,53	1,656
3/ Qijiang	2 249	998	1,38	
4/ Wujiang	66 849	1 121	37,60	10,368
- cours supérieur	17 621	1 141	10,50	
- cours moyen	33 083	1 104	16,60	
- cours inférieur	16 145	1 134	10,50	
5/ Qingshuijiang	17 086	1 240	11,10	5,536
6/ Hongzhouhe	1 048	1 137	0,68	
7/ Wushui	6 480	1 147	3,57	
8/ Jingjiang	4 115	1 383	3,58	
9/ Songtaohe	1 540	1 450	1,38	
Zhujiang rivière des Perles <i>Zhujiang (Pearl river)</i>	60 381	1 300	36,70	7,474
1/ Nanpanjiang	7 480	1 349	5,21	3,904
2/ Beipanjiang	20 937	1 248	12,10	
3/ Hongshuihe	15 877	1 258	8,91	3,570
4/ Duliujiang	15 727	1 386	10,50	

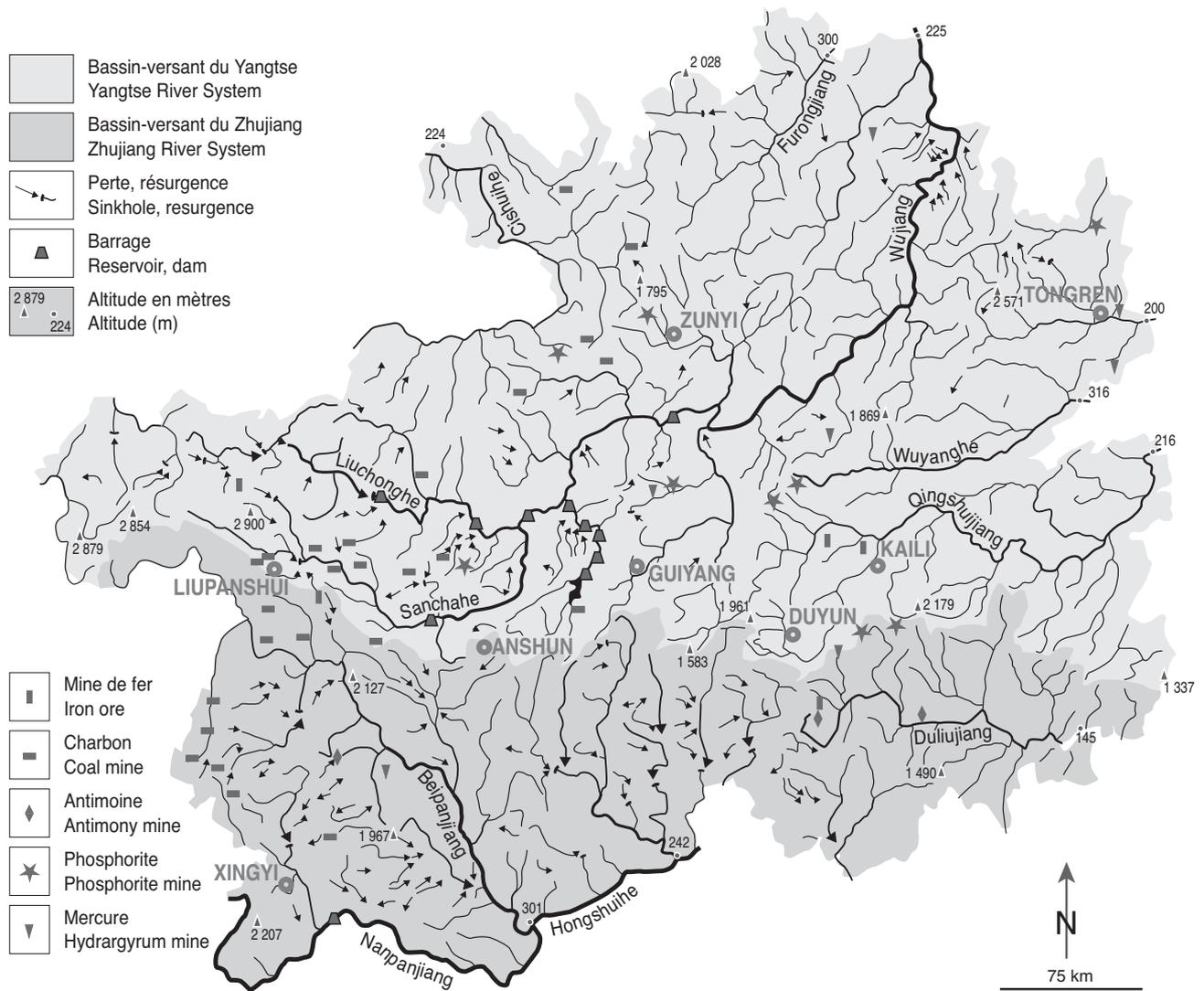


Figure 186 : Localisation des principales ressources minières et hydrauliques du Guizhou (d'après G.I.M.R., Guiyang).
 Location of the main mine and hydraulic resources in Guizhou Province (after G.I.M.R., Guiyang).



Photo 441 : Perte dans le lit de la rivière Dabanghe en aval des chutes de Huangguoshu (Guizhou).
 Sinkhole in the bed of Dabanghe, downstream of Huangguoshu Waterfall (Guizhou).
 Photo J.-P. Barbary 1988

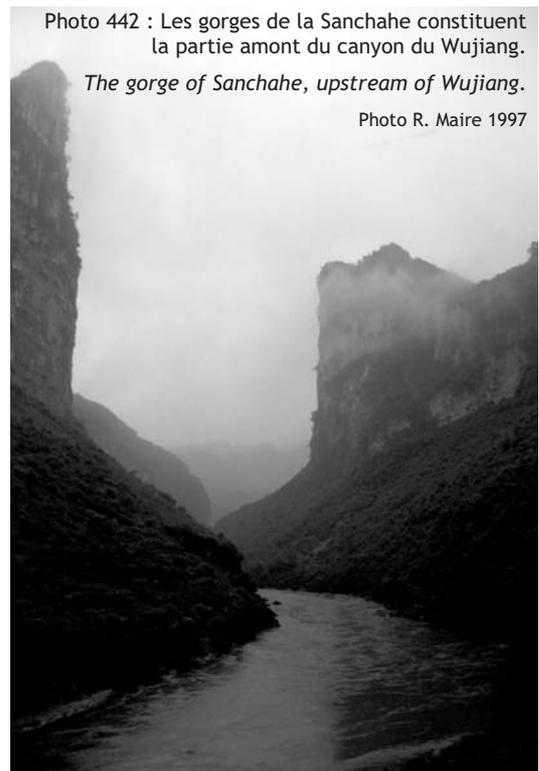


Photo 442 : Les gorges de la Sanchahe constituent la partie amont du canyon du Wujiang.
 The gorge of Sanchahe, upstream of Wujiang.
 Photo R. Maire 1997

Dans la province, 984 rivières possèdent une surface d'alimentation unitaire supérieure à 20 km². 428 rivières drainent une surface de 20 à 100 km². 330 de 100 à 500 km², 37 de 500 à 1 000 km², 47 de 1 000 à 5 000 km², 5 de 5 000 à 10 000 km² et 6 de plus de 10 000 km² (Wujiang, Qingshuijiang, Chishuihe, Beipanjiang, Mengjiang et Duliuijiang). La plupart prennent leurs sources dans l'ouest du Guizhou, à proximité du haut plateau du Yunnan, aux altitudes plus élevées.

La rivière Wujiang, la plus longue du Guizhou, constitue une des branches principales du Changjiang. Elle prend sa source dans la montagne du Xianglushan (2 449 m) dans le district de Weining. Elle coule vers l'est (Liuchonghe, Sanchahe) et le nord-est avant de s'orienter vers le nord. Sa longueur totale est de 1 037 km, dont 874,2 km intéressent la province du Guizhou. La surface drainée est de 87 920 km², dont 66 830 km² dans le Guizhou. Le dénivelé de la rivière est de 2 123 m, dont 2 036 m pour la partie s'écoulant dans le Guizhou.

Il existe aussi de multiples lacs naturels dont le lac Caohai (48 km²), le plus étendu, qui se situe dans la partie la plus à l'ouest de la province.

B. Bilan des eaux superficielles et souterraines

En Chine, les ressources en eau sont une question fondamentale en raison de la surpopulation. Le Guizhou dispose d'une ressource en eau théoriquement suffisante, mais le caractère karstique rend la ressource fragile ; en outre le climat à saisons contrastées pose le problème de l'insuffisance chronique de l'eau en période sèche et une concentration des pollutions durant cette même période.

- **Les eaux superficielles.** Les débits totaux annuels des rivières du Guizhou sont de 103,5 milliards de m³ (103,5 km³), dont 66,8 milliards de m³ (66,8 km³) pour le système tributaire du Yangtse et 36,7 milliards de m³ (36,7 km³) pour celui de la rivière des Perles (tableau 27). Cela représente 589 000 m³/km²/an et 2 875 m³/an par personne (population de plus 37,1 millions d'habitants). Les ressources en eau de surface du Guizhou sont donc abondantes, du moins en apparence. Cependant les débits importants sont limités à la seule saison des pluies. Dans les régions du nord (Wujiang et Chishuihe), entre 73 et 82 % des débits se concentrent de mai à octobre ; dans celles de l'est, entre 68 et 69 % d'avril à août ; dans le sud-ouest, 77 % de juin à octobre. Pour chaque système hydrologique,

le débit en saison des pluies est l'équivalent de 2,1 à 4,5 fois ce qui est évacué en saison sèche. On mesure donc déjà l'impact du paramètre climatique sur l'alimentation en eau des villages, mais aussi et surtout des grandes agglomérations.

- **Les ressources en eaux souterraines.** 73 % de la superficie du Guizhou se développe sur des terrains carbonatés, d'où l'abondance des eaux souterraines dont 80 % sont karstiques. On peut diviser l'eau karstique en deux types : l'eau des fractures et des joints (aquifère fissuré) et l'eau des conduits (aquifère karstique organisé). Les eaux karstiques proviennent en majorité des drains hypogés, donc des grottes et rivières souterraines. L'ensemble des eaux karstiques du Guizhou représente un volume annuel considérable de 25,868 milliards de m³ (25,9 km³), dont 18,394 milliards de m³ (18,4 km³) pour le bassin d'alimentation du Yangtse et 7,474 milliards de m³ (7,5 km³) pour celui de la rivière des Perles. Là encore ces chiffres, apparemment énormes, cachent une réalité, à savoir leur distribution inégale dans le temps et leur contamination presque généralisée.

C. Les problèmes environnementaux

Les problèmes environnementaux sont nombreux en Chine en raison de la forte pression anthropique, du développement rapide du pays depuis vingt ans et du retard pris par les politiques de protection par rapport à la croissance économique. Certains auteurs estiment que 700 millions d'habitants environ utilisent des eaux de consommation contaminées [Maurer *et al.*, 1998]. Cependant, l'amélioration du niveau de vie a permis de faire passer l'espérance de vie de 35 ans en 1949 à 70 ans en 1997. Aux problèmes graves de conservation des terres arables s'ajoute une pollution importante des rivières : rejets directs des égouts et pollutions industrielles, etc. Néanmoins, on assiste à une amélioration depuis quelques années à cause de la prise de conscience de ce fléau.

- **La pollution des eaux.** Au niveau des sources, donc dans les montagnes, la qualité des eaux naturelles est d'abord contrariée par la fragilité de la couverture pédologique ; durant la saison des pluies, l'érosion des sols lessive les limons et les argiles et provoquent une forte turbidité des cours d'eau. Plus en aval, la pollution organique et chimique des rivières est préoccupante, notamment pour la contamination des rivières qui traversent les zones

Polluant	Poussières fumées	Poussières industries	Dioxyde de soufre	COD	CN	Arsenic	Mercurure	Plomb	Cadmium	Chrome
Masse (tonnes)	511 800	392 300	1 400 300	24,60	78,70	5,42	0,061	12,74	0,60	9,52

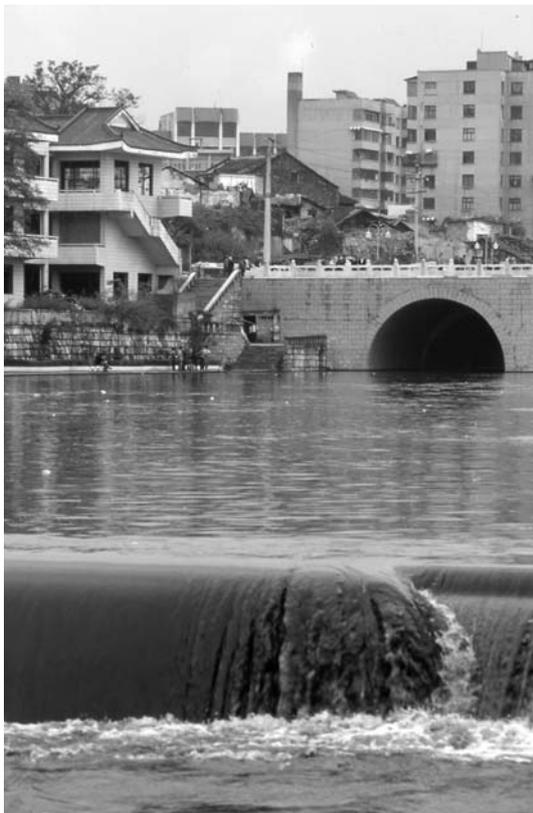
Tableau 28 : Somme totale annuelle des polluants drainés dans l'ensemble de la province du Guizhou (G.I.M.R., Guiyang).

Amount of pollution in Guizhou Province (G.I.M.R., Guiyang).

Photo 443 : Forte pollution de la rivière Nanminghe dans la ville de Guiyang en 1997. La situation s'est un peu améliorée en 2004.

Strong pollution of Nanming river in Guiyang (1997). The situation is a little better in 2004.

Photo R. Maire 1997



industrielles des grandes villes comme Guiyang, Zunyi, Anshun, Liupanshui, Duyun ou les zones minières (Shuicheng, Panxian), mais le problème se pose aussi pour les agglomérations moins grandes.

Par exemple, dans la rivière Nanming qui traverse Guiyang, les indicateurs classiques de pollution mesurés en aval de la ville (section de Shuikousi) sont : DBO_5 , DCO, NH_4^+-N et Ar-OH. Les valeurs sont respectivement 3,25, 8,08, 2,95 et 1 fois plus élevés que les taux définis par les normes en vigueur. Rappelons que la "demande biochimique en oxygène" (DBO_5) mesure la dégradation des matières organiques par les microorganismes présents

Photo 444 : Usine de traitement du soufre dans le district de Dafang (préfecture de Bijie, Guizhou).

Sulphur factory in Dafang County (Bijie District, Guizhou).

Photo J. Bottazzi 2001



dans l'eau sur une période test de cinq jours. Dans le cas présent, on constate que l'oxygénation est insuffisante par rapport à une pollution organique trop importante. En outre, comme les effluents chimiques d'origine industrielle sont importants, la cinétique de dégradation des matières organiques est perturbée et la DBO_5 ne reflète qu'une partie de la réalité. Il est donc nécessaire de mesurer aussi la "demande chimique en oxygène" (DCO) pour mesurer le pouvoir réducteur des eaux. NH_4^+-N désigne l'azote ammoniacal. Ar-OH désigne le phénol volatile provenant généralement des pesticides. Rappelons que les phénols sont réputés comme étant parmi les plus redoutables polluants des eaux continentales. Ici, la mesure semble indiquer un taux faible.

La quantité totale des polluants (exprimée en tonnes) produits annuellement dans la province du Guizhou est donnée dans le tableau 28. Les fumées et poussières industrielles totalisent 904 100 tonnes, chiffre assez considérable, d'autant qu'une partie est émise à la périphérie des centre-villes et dans les banlieues, notamment à Guiyang. La pollution atmosphérique la plus importante est le dioxyde de soufre (SO_2) avec 1,4 millions de tonnes, qui est responsable non seulement de la pollution de l'air, mais également des pluies acides. Les métaux lourds rejetés dans les rivières (mercure, plomb, cadmium, chrome) sont extrêmement toxiques, même à de faibles taux. L'arsenic pose un autre problème important dans le Guizhou car il est abondant dans le charbon (cf. p. 438) ; heureusement l'utilisation du charbon domestique a été interdit récemment dans la ville de Guiyang.

- **Les difficultés d'exploitation.** Le Guizhou est une province montagneuse ; 98,7 % de la surface totale est composée de collines ou de montagnes. La plupart des rivières se sont encaissées en formant de profondes gorges, généralement de plus de 100 à 200 m, en raison du soulèvement de la région dû à la surrection himalayenne. Comme les trois quarts de la surface de la province sont formés par un substrat karstique de nature fragile (déforestation, érosion des sols, soutirage des sols dans l'endokarst), la couverture pédologique et végétale est de médiocre qualité en dépit des précipitations abondantes. En effet, l'eau s'infiltré dans la roche par les dolines-perles, entraîne les sols, circule dans les galeries qu'elle élargit, puis émerge dans les gorges. Le niveau de la zone noyée est rarement à proximité de la surface, sauf dans les poljés au moment des crues. Dans la plupart des régions, le niveau saturé est au moins à 10 m de profondeur, mais à l'approche des vallées et des gorges actives, le niveau noyé et des rivières souterraines est à plus de 100 m de profondeur, parfois plus. Ainsi, même si les ressources en eau sont abondantes, son exploitation demeure difficile. En outre, dans certains lieux, la quantité d'eau potable n'est pas suffisante durant la saison sèche.

- **Les effondrements karstiques :** Les effondrements de terrain sont des processus naturels dans l'évolution des paysages karstiques. Dans le Guizhou, la zone de partage des eaux entre le Yangtse et la rivière des Perles présente des reliefs relativement doux composés de collines, bassins et poljés ; la circulation des hommes et des marchandises est plus facile que dans le reste de la province. Aussi, d'importantes villes et des zones industrielles ont été bâties dans cette zone. Les eaux de surface ne sont pas en quantités suffisantes pour assurer le ravitaillement de ces régions, d'où la nécessité d'exploiter les eaux souterraines. Les pompes ont fait descendre le niveau de la nappe phréatique entraînant la multiplication des effondrements de terrain. Par exemple, dans le bassin de Shuicheng (conurbation de Liupanshui, 1,7 millions d'habitants), le pompage excessif des eaux souterraines a été la cause de 914 effondrements ; des immeubles, des routes et des champs de riz ont été ainsi détruits ou endommagés.

D. Protection des ressources en eau

Dans le Guizhou, les ressources en eau ne sont pas suffisantes car les rivières sont fortement encaissées et les eaux souterraines sont souvent trop profondes pour être exploitées. Toutefois, de nombreux barrages souterrains (photo 451) ont été construits ces dernières décennies pour tenter d'utiliser les eaux souterraines, notamment pour l'irrigation. Dans maints endroits, les eaux sont polluées et des actions doivent être menées pour la protection des eaux.

- **Construire un système agronomique pour un développement durable.** En raison des densités de population importantes — fin 1997, la moyenne était de 205 hab/km², mais certains secteurs atteignent plus de 300 hab/km² — et des méthodes agricoles traditionnelles, les surfaces couvertes par la végétation naturelle sont faibles (25,3 % de la surface totale) d'où une érosion des sols importante. Par conséquent, la roche calcaire apparaît à nu en de nombreux endroits : l'eau des précipitations s'évacue directement par infiltration, puis rapidement par les gorges. Aujourd'hui, il est nécessaire d'introduire des méthodes nouvelles d'agriculture pour remplacer le système d'exploitation traditionnel : exploitation en terrasses sur les terrains en pente, compartimentage des champs par des haies et reboisement des versants escarpés. Le but consiste à diviser les terrains en pente cultivables en de nombreuses parcelles et à les entourer d'herbe ou d'arbustes dont les racines fixent le sol. La largeur occupée par l'herbe ou les arbustes est égal à 1 m, la largeur réservée au champ dépend de la pente, elle est généralement comprise entre 5 et 15 m. Cette mise en valeur permet un contrôle de l'écoulement des eaux et de l'érosion des sols. Ces

dernières années, le gouvernement du Guizhou s'est préoccupé de ces surfaces cultivées. Chaque année, 250 000 ha environ sont replantés en forêts et 14 325 km² de surfaces érodées ont été stabilisées par des murs depuis 1985.

- **Mise en place d'un système d'approvisionnement en eau.** Dans le Guizhou, les précipitations sont abondantes. Mais la plus grande partie des chutes se concentrent durant la saison des pluies et les ressources en eau ne sont pas suffisantes en saison sèche. A cause du substrat karstique, l'eau vient aussi à manquer en saison des pluies s'il n'y a pas d'averses pendant plusieurs jours consécutifs. Pour cette raison, des bassins de rétention doivent être construits pour collecter les eaux pendant les journées pluvieuses. A l'inverse, les pertes des poljés font l'objet de nettoyage et souvent de travaux (tunnels) pour une meilleure évacuation des eaux durant la mousson d'été : soit l'eau est envoyée directement dans une cavité en évitant la zone étroite des pertes, soit un tunnel traverse directement un relief et rejoint une vallée non fermée. Des exemples nombreux sont connus dans tous les districts karstiques, notamment dans celui de Panxian.

- **Contrôle de la pollution des eaux.** Dans quelques sections de rivières, l'eau est facile d'utilisation ce qui favorise l'établissement de villes importantes. Les eaux usées d'origine industrielle ou domestique sont rejetées directement dans les rivières, ce qui explique la pollution de ces dernières. Pour protéger les ressources en eau, il faut traiter les eaux usées avant leur rejet dans les cours d'eau. Malgré quelques améliorations récentes, un gros travail reste à faire dans ce domaine. Il suffit d'observer la qualité des eaux au niveau des grandes pertes, comme celle de Biyun juste en aval de la ville de Panxian. A Guiyang, la pollution de la Nanminghe est toujours importante, mais on note une amélioration depuis 1998.

II. Les ressources énergétiques et minières

A. Le potentiel hydroélectrique

Le Guizhou est une province montagneuse ; les altitudes vont de 137 m à 2 900 m. En plus des précipitations abondantes, le dénivelé des rivières est donc fort, d'où une énergie hydroélectrique potentiellement importante. Les réserves théoriques pour une exploitation hydroélectrique sont de 18,7 millions de kw, soit 108 kw/km². Les ressources hydroélectriques exploitables s'élèvent à 16,4 millions de kw (tableau 29). Jusqu'en 1996, 2,06

Rivière River	Surface drainée (km ²)	Longueur (km)	Débit moyen annuel (m ³ /s)	Dénivelé (m)	Réserves théoriques (kw)	Reserves exploitables (kw)
Wujiang	66 800	874,2	1 295,0	2 036	4 244 000	4 506 300
Liuchonghe	10 900	273,4	175,0	1 294	477 600	470 800
Maotaihe	3 200	181,0	55,9	549,6	204 200	252 000
Xiangjiang	4 800	137,4	84,4	639	127 700	71 000
Qingshuihe	6 500	209,0	118,0	739	327 500	207 900
Hongduhe	3 700	194,1	90,9	981	257 900	140 000
Furongjiang	7 400	200,4	161,0	991	278 800	189 000
Qingshuijiang	17 000	452,2	335,0	1 274,7	779 200	784 900
Wushui	7 400	220,0	110,0	454	135 000	72 800
Jingjiang	3 400	144,0	106,0	567	109 000	29 500
Chishuihe	11 500	450,0	260,0	525	432 300	663 500
Tongzihe	3 300	122,0	52,9	588	119 700	114 100
Niulanjiang	4 900	70,0	136,0	218	182 100	122 500
Baishuihe	2 700	80,2	61,4	980	169 800	22 600
Beipanjiang	20 900	327,7	390,0	1 006	1 471 000	1 146 500
Keduhe	3 000	145,0	37,0	986	103 000	72 700
Dabanghe	2 900	101,0	60,0	960	225 000	100 000
Qingshuihe	2 100	134,0	40,0	1 005	123 000	41 500
Datianhe	2 300	121,0	41,1	853	123 600	25 000
Wuduhe	2 100	95,0	33,0	912	147 000	95 100
Nanpanjiang	7 800	263,5	688,0	425	1 287 500	1 655 000
Huangnihe	1 300	49,0	170,0	466	375 000	365 000
Mabiehe	2 900	142,5	75,7	1 374	277 900	222 600
Hongshuihe	15 900	100,0	1 950,0	66	419 000	-
Mengjiang	8 100	219,6	142,3	802,6	503 500	180 100
Getuhe	1 900	128,0	33,0	764	104 800	27 000
Bawanghe	2 200	136,0	43,3	796	210 000	15 000
Caoduhe	3 800	171,6	83,8	767	229 600	46 000
Liudonghe	3 000	135,6	56,0	505	110 000	30 500
Duliujiang	11 700	310,0	212,0	1 176	275 000	172 800
Zhangjiang	3 300	99,0	72,0	557	130 000	39 600

Tableau 29 : Ressources hydroélectriques dans les principales rivières du Guizhou (d'après le Département de Protection des Eaux du Guizhou).
Hydroelectric resources in the main rivers of the province (according to Guizhou Province Water Protection Department).

millions de kw ont été exploités, soit une puissance installée de 2,06 GW (1 gigawatt (GW) = 1 million de kilowatt (MKW)).

Le tableau 29 montre que la plus grosse partie des ressources hydroélectriques dépend de quelques cours d'eau majeurs. Dans la province du Guizhou, les réserves théoriques du bassin-versant du Yangtse sont de 11,1 millions de kw, dont 4,24 millions de kw pour la seule rivière Wujiang. Les réserves théoriques du bassin-versant de la rivière des Perles s'élèvent à 7,67 millions de kw, dont 1,47 millions de kw pour le Beipanjiang et 1,29

millions de kw pour le Nanpanjiang. La plupart des rivières du Guizhou montrent un encaissement important, d'où de nombreuses vallées en forme de gorges ; par conséquent, les pertes en surface (occasionnées par l'enneigement derrière le barrage) sont moindres. La construction est plus facile et le coût moins élevé.

A l'échelle de la Chine, le Guizhou fait partie des provinces du Sud-Ouest jouant le rôle de château d'eau, en contribuant à l'alimentation de fleuves importants comme le Yangtse et la rivière des Perles. C'est d'ailleurs sur ces deux cours d'eau

que se construisent les deux plus grands barrages hydroélectriques de Chine : celui des Trois Gorges sur le Yangtse (Hubei) et le barrage de Longtan (Guangxi) sur la rivière des Perles appelée Hongshui après la confluence Nanpanjiang-Beipanjiang.

B. Les ressources minérales

Le Guizhou est une des provinces de Chine les plus riches en réserves minérales. Plus de 110 sortes de minéraux différents ont été trouvés, parmi lesquels les réserves exploitables de 76 sortes de minéraux ont été inventoriées. Selon ces estimations, les minéraux les plus abondants en Chine et dans le Guizhou sont le charbon, la bauxite, la baryte, les minerais de phosphore, de mercure, d'antimoine et de manganèse, etc. (tableau 30).

80 % des districts possèdent des mines de charbon. Mais, la majeure partie du charbon est fourni par l'ouest du Guizhou, tout particulièrement par les gisements de charbon du Liupanshui (11,63 millions de tonnes/km²) et du Zhina (7 millions de tonnes/km²). 96 % des réserves de minerai de phosphore sont concentrés dans les districts de Kaiyang, Wengan, Fuquan et Zhijin.

La bauxite est surtout fournie par la zone centrale du Guizhou, notamment dans les secteurs de Xiuwen, Qingzheng, Kaiyang et Zunyi. Les réserves de mercure sont les plus abondantes de toutes les provinces de Chine. Il est présent principalement dans l'est du Guizhou (Wanshan, Tongren, Danzhai, Wuchuan, Songtao) et à Kaiyang et Xingren.

Minerais	Réserves exploitables
Charbon	952,4 milliards de tonnes
Fer	453 millions de tonnes
Manganèse	74,2 millions de tonnes
Bauxite	397 millions de tonnes
Mercure	31 200 tonnes
Antimoine	239 000 tonnes
Plomb	234 000 tonnes
Zinc	827 000 tonnes
Magnésium	41 millions de tonnes
Phosphore	2,62 milliards de tonnes
Baryte	1 240 milliards de tonnes
Troilite	451 millions de tonnes
Fluorite	2 millions de tonnes
Gypse	97,7 millions de tonnes

Tableau 30 : Ressources exploitables des principaux minerais dans la province de Guizhou [d'après Han Tianjiao].

Main useful mineral resources in Guizhou Province [from Han Tianjiao].

III. La ville de Guiyang

La préfecture de Guiyang est localisée dans la partie centrale de la province. Elle couvre une superficie de 8 033,9 km², dont 156,6 km² pour la ville de Guiyang, capitale du Guizhou. Elle présente huit districts. La ligne de partage des eaux entre le bassin-versant du Yangtse et celui de la rivière des Perles est située à 20 km au sud de la



Photo 445 : Grand barrage de Tianshengqiao n°1 sur la Nanpanjiang pour la production d'hydroélectricité (district de Xingyi, Guizhou). Au premier plan, bateaux pour le tourisme et élevage de poissons.

Large dam of Tianshengqiao n°1 on Nanpanjiang River for hydroelectricity (Xingyi County, Guizhou). In foreground, boats for tourism and fish husbandry.

Photo R. Maire 2003



Photo 446 : Cette pagode vieille de plusieurs siècles, située dans l'atmosphère polluée de Guiyang, est le symbole historique de la ville.

This very old pagode, situated in the polluted atmosphere of Guiyang, is the historic symbol of the city.

Photo R. Maire 2003

zone urbanisée. La population s'élevait à 3 millions d'habitants à la fin de l'année 1996, dont 911 169 pour l'agglomération de Guiyang qui comprend en réalité deux districts : Nanming et Yunyan.

A. L'alimentation en eau

L'alimentation en eau des districts urbains de Guiyang provient principalement du cours supérieur de la rivière de Nanming et de ses affluents et à un moindre degré de l'eau de la rivière souterraine de Maotiao. La surface captée dans les bassins supérieurs de la Nanminghe et de ses affluents s'étend sur 681 km² pour un volume d'eau annuel de 370 millions de m³.

Pour la rivière Yuliang, affluent du cours aval de la Nanminghe, la surface des eaux captées atteint 225 km² avec un volume annuel moyen de 124,9 millions m³.

Pour le cours amont de la rivière Maotiao, la superficie utilisée de 299 km² donne une volume annuel moyen de 210 millions de m³. L'eau souterraine est majoritairement de l'eau karstique, l'émer-

Tableau 31 : Superficie et population des districts de la préfecture de Guiyang (d'après G.I.M.R., Guiyang).

Districts Counties	Surface km ²	Population
Nanming	89,1	443 077
Yunyan	67,5	468 082
Huaxi	1024,5	295 873
Wudang	962,4	269 948
Baiyun	259,6	151 308
Qingzhen	1 492,4	473 787
Kaiyang	2 026,2	398 605
Xifeng	1 036,5	233 332
Xiuwen	1 075,7	283 770
Total	8 033,9	3 017 792

Surface and population in the Prefecture of Guiyang (after G.I.M.R., Guiyang).

gence la plus importante est la source de Wangjiadajing d'un débit de 1 181 l/s.

Dans la ville de Guiyang, la majorité des usines possède un système d'alimentation propre. La plupart puise dans la rivière de Nanming, à l'exception de l'usine d'aluminium du Guizhou qui prélève son eau dans le réservoir de Baihua, alimenté par le cours amont de la Maotiao. L'eau destinée aux besoins domestiques est fournie par la Compagnie d'Alimentation en Eau de Guiyang grâce à cinq réseaux de distribution. Le volume annuel est de 280 millions de m³. En raison de l'augmentation rapide de la population, la fourniture en eau n'est plus suffisante pour la ville de Guiyang. Depuis la fin des années 1990, l'eau du lac-réservoir de Hongfenghu pourvoit à l'alimentation de la ville grâce à un canal souterrain. Situé à 25 km de Guiyang, ce lac est alimenté par le cours supérieur de la rivière Maotiao.

B. La pollution

- **La pollution atmosphérique.** Les sources principales de pollution sont la poussière industrielle, la poussière issue des fumées et le dioxyde de soufre (SO₂) engendré par la combustion du charbon. De plus, en raison de l'abondance du charbon dans le Guizhou, les familles et les restaurants utilisaient autrefois le charbon pour cuisiner et se chauffer. Ceci constitue aussi une source importante de pollution. La figure 187 montre que ces dernières années, grâce au développement de l'utilisation du gaz et de l'électricité par les familles et les restaurants pour la cuisine et le chauffage, la qualité de l'air s'est améliorée. Mais la pollution industrielle reste importante.

- **La pollution de l'eau.** Dans la ville de Guiyang, la source de pollution provient principalement des rejets industriels et domestiques. Les polluants principaux sont : COD, BOD₅, NH₄⁺-N et le phénol volatil (Ar-OH). Dans le tableau 33 se trouve l'indicateur d'ensemble de la pollution des eaux.

La section de Shuikoushi se situe juste à l'aval de la ville de Guiyang. Le tableau 33 montre que la qualité de l'eau de la Nanminghe s'est améliorée par rapport aux années passées ; cependant la pollution reste importante. Des efforts supplémentaires devront être faits dans l'avenir.

Ces dernières années, des canaux de drainage des eaux usées ont été construits sur les rives de la Nanminghe pour garder les eaux de la rivière propre dans la ville. Mais de nombreux affluents se déversent dans ces canaux, ce qui a pour conséquence de diminuer le débit de la Nanminghe, mais aussi de contribuer au débordement des égouts dans la rivière après les fortes pluies ; les canaux n'étant pas suffisants pour faire face aux importants afflux d'eau engendrés par les fortes averses (photo 443).

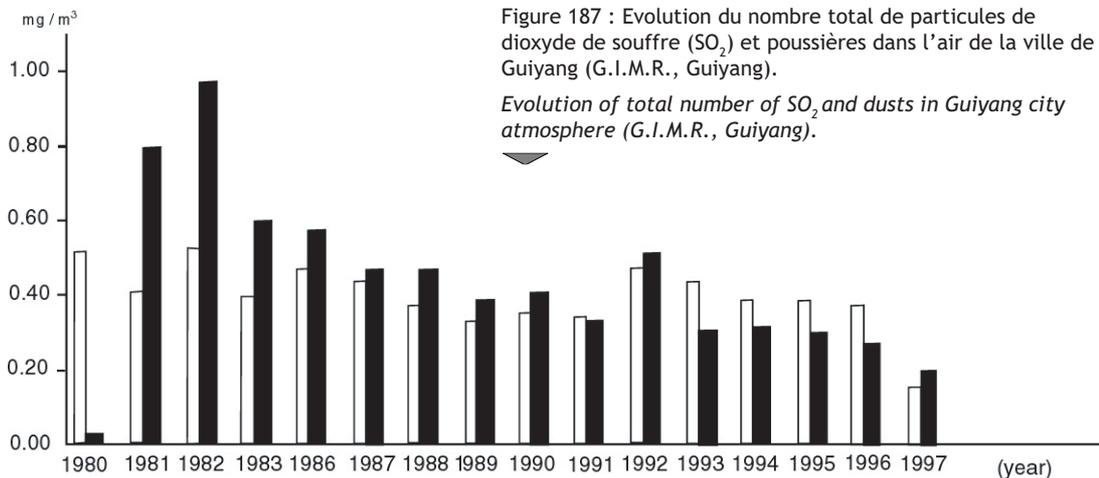


Figure 187 : Evolution du nombre total de particules de dioxyde de soufre (SO₂) et poussières dans l'air de la ville de Guiyang (G.I.M.R., Guiyang).

Evolution of total number of SO₂ and dusts in Guiyang city atmosphere (G.I.M.R., Guiyang).

Facteur	DCO	DBO ₅	NH ₄ -N Amonium	NO ₃ -N Nitrate	Ar-OH	CN Cyanure	As Arsenic	Hg Mercure	Cd Cadmium	Cr ⁶⁺ Chrome	Pb Plomb
Standard	≤2	≤1	≤0,02	≤10	≤0,001	≤0,01	≤0,05	≤0,0001	≤0,001	≤0,01	≤0,01

Tableau 32 : Norme standard des principaux polluants chimiques en Chine (en mg/l).
DCO = Demande Chimique en Oxygène. DBO₅ = Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours.
Chinese standard for the main chemical pollutants. DCO = COD (Chemical Oxygen Demand).
DBO₅ = BOD₅ = Biochemical Oxygen demand in 5 days.

Année Year	Ii											P
	COD	BOD ₅	NH ₄ -N Amonium	NO ₃ -N Nitrate	Ar-OH	CN Cyanure	As Arsenic	Hg Mercure	Cd Cadmium	Cr ⁶⁺ Chrome	Pb Plomb	
1981	34,57	19,48	182,35	0,037	27,00	1,40	0,00	43,00	0,60	0,00	0,00	28,04
1983	12,52	11,08	251,00	0,057	8,00	2,70	0,14	0,00	2,70	0,00	3,00	26,47
1986	7,60	6,98	237,00	0,047	7,00	0,40	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	23,57
1987	11,35	11,67	202,00	0,185	2,00	0,40	0,00	4,00	0,60	0,00	0,00	21,11
1988	11,35	14,46	298,00	0,095	10,00	0,40	0,04	1,00	0,00	0,00	0,00	30,49
1989	4,95	9,24	204,50	0,150	5,00	0,80	0,02	1,00	0,00	1,00	2,00	20,78
1990	2,05	5,01	110,00	0,162	2,00	0,90	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	10,93
1991	2,10	3,89	136,50	0,132	2,00	0,20	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	13,16
1992	3,15	2,54	64,00	0,133	2,00	0,20	0,02	0,00	0,10	0,00	0,00	6,56
1993	3,23	4,44	2,80	0,109	2,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,16
1994	2,59	4,77	1,95	0,149	3,00	0,20	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,24
1995	4,33	7,44	5,70	0,063	7,00	0,20	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	2,27
1996	4,66	5,64	24,00	0,087	2,00	0,20	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33
1997	3,25	8,08	2,95	0,120	1,00	0,20	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,42

Tableau 33 : Evolution des indicateurs de polluants dans la zone de Shuikoushi, en aval de Guiyang par rapport à leur standard.
Evolution des indicateurs de polluants (Ii) dans la zone de Shuikoushi en aval de Guiyang. Les valeurs expriment des rapports entre la pollution (mg/l) et la norme chinoise (mg/l). Ex : une valeur de 27 indique une pollution 27 fois supérieure à la norme chinoise.
P = moyenne de la pollution par rapport à la norme.
Evolution of pollutant indicators in Shuikoushi area, downstream Guiyang. Values are a ratio between pollution (mg/l) and chinese standard (mg/l). P = average pollution.

IV. Les parcs naturels

La province du Guizhou est une région montagneuse karstique aux rivières encaissées et aux grottes nombreuses. Aussi les canyons, les cavités et les paysages karstiques d'une façon générale constituent-ils des ressources naturelles majeures pour le tourisme. Actuellement, il existe 38 parcs naturels dans la province dont les plus réputés sont les chutes de Huangguoshu, la grotte de Zhijin, le lac de Hongfenghu, les gorges de Malinghe et des Sept Liuguang, le lac Caohai et le mont Fanjing.

A. Le parc de Huangguoshu

Huangguoshu, le plus célèbre parc du Guizhou, est situé 137 km à l'est de Guiyang sur la rivière de Baishui (Dabanghe). De nombreuses chutes d'eau spectaculaires, gorges, forêts de pierre et grottes en sont les décors principaux. Actuellement les sites des chutes de Huangguoshu (8,5 km²) et de Tianxing (3,5 km²) sont ouverts au public.

A Huangguoshu, la Grande Chute, la grotte du Rideau d'Eau et la gorge de Xiniutan sont les

secteurs principaux à visiter. Avec une hauteur de 74 m et une largeur de 81 m, la cascade de Huangguoshu est la plus importante de Chine (photo 447). En été, notamment après des pluies importantes, son débit peut dépasser 1 000 m³/s. Derrière la chute, à mi-hauteur, se loge la grotte de travertin du Rideau d'Eau longue de 134 m. Cinq ouvertures permettent d'apercevoir la chute. Au pied de la grotte, un canyon se développe. On y relève l'existence de quelques barrages et banquettes travertineux et de plusieurs bassins.

Le site du canyon de Tianxing est situé à 6 km en aval de la chute de Huangguoshu. La rivière de Baishui disparaît dans une perte bouillonnante au début du périmètre de Tianxing et rémerge au sommet du bassin de la Maoshuitan. La longueur de la rivière souterraine est de 500 m. En surface, à l'aplomb du parcours souterrain, se développe une forêt de pierre.

Après avoir quitté le bassin de la Maoshuitan, la rivière de Baishui coule pendant 1 km et se divise en deux bras. Celui de droite s'écoule en surface et présente une chute d'eau dans un petit canyon. Le bras de gauche cascade sur de superbes formations étagées de travertin sur une dénivellation totale de 20 m (chute de la Chaîne d'Argent) avant d'être absorbée dans une perte. Située 200 m en aval, la résurgence noyée est particulièrement spectaculaire lors des crues de mousson ; elle évacue alors des débits de plusieurs centaines de m³/s en formant une gerbe de plusieurs mètres de haut à cause de la pression des eaux (p. 331). La grotte aménagée de Tianxing est une cavité fossile, très concrétionnée, localisée sur la rive gauche du bassin de la Maoshuitan.

B. Les autres sites

- **La grotte de Zhijin.** Autrefois appelée grotte de Daji, elle est située à 100 km à l'ouest de la ville de Guiyang. Ouverte au public en 1985, la grotte de Zhijin est la cavité la plus célèbre de Chine.

Cette grotte de vastes dimensions, longue de 4 125 m, présente des galeries dont la largeur et la hauteur atteignent 60 à 100 m en de nombreuses parties du réseau. Les concrétions sont nombreuses et tous les types sont représentés : stalactites, stalagmites, coulées, dalles, boucliers, hélicites, perles des cavernes, etc.

- **Le lac de Hongfenghu.** Ouvert au public en 1981, Hongfenghu est un lac artificiel de 57,2 km² situé à seulement 25 km de Guiyang. Le barrage a été construit dans le cours supérieur de la rivière Maotiao. Il a été édifié au sein d'un karst conique de sorte que 170 sommets sont devenus des îles. Des grottes se répartissent sur quelques îles.

- **Le canyon de la Malinghe.** Située dans le sud-ouest du Guizhou, cette gorge mesure 50 à 150 m de largeur et 100 à 500 m de profondeur. On dénombre

Photo 447 : Les chutes de Huangguoshu sur la Dabanghe sont devenues un haut lieu touristique.

Huangguoshu Waterfall on Dabanghe are a famous touristic place.

Photo J.-P. Barbary 1997



56 chutes d'eau sur 10 km, entre Malingguqiao et Tianxingqiao. La rivière est en fait un véritable torrent dont 30 km sont ouverts à la navigation de loisir.

- **La gorge des Sept Liuguang.** Elle se situe sur le cours moyen du Wujiang, à 70 km de Guiyang. Sur 35 km, la rivière présente sept défilés : Baima, Houchou, Feilong, Chibi, Xiangbi, Jianpi et Haima. Sur les flancs du canyon, on observe neuf chutes d'eau dont quatre jaillissent de grottes ouvertes dans la paroi à mi hauteur. En raison de leur origine karstique, les eaux sont claires et calmes. Des excursions en bateau sont proposées aux touristes qui souhaitent admirer ces curiosités.

- **Le lac de Caohai.** Ce lac naturel karstique de 20 km² situé dans l'ouest du Guizhou à 2 171 m d'altitude, est caractérisé par sa végétation aquatique, d'où le nom de Caohai signifiant "le lac d'herbe". Il abrite plus de 180 espèces d'oiseaux aquatiques qui trouvent refuge en hiver, dont 70 sont des espèces rares, comme la grue à bec noir.

- **Le mont Fanjing.** Située aux confins nord-est de la province, dans la chaîne Wuling, la Réserve Naturelle du mont Fanjing protège depuis 1978 une aire de 567 km² sur substrat magmatique et métamorphique. Elle renferme dans ses forêts primaires, étagées entre 700 et 2 750 m, un large éventail d'écosystèmes forestiers dans lesquels on a recensé plus de 1 800 espèces de plantes, dont 15 espèces d'arbres rares. Cette superbe région a été reconnue en 1987 comme Réserve de la Biosphère par l'UNESCO. C'est aussi un des grands sites bouddhistes de toute la Chine qui a atteint son apogée sous la dynastie Ming (1368-1644) ; c'est d'ailleurs sous le règne de l'empereur Wanli que cette montagne sacrée, qui domine la forêt nuageuse, a été appelée Fanjingshan, c'est-à-dire "montagne du Bouddhisme et de la Pureté".

Conclusion

Les ressources en eau du Guizhou sont théoriquement suffisantes en raison de la pluviométrie et d'une densité de population non excessive par rapport à d'autres régions de Chine. Cependant dans les grandes agglomérations comme Guiyang, Anshun, Zunyi, les réserves en eau sont souvent insuffisantes en saison sèche, d'où la création de barrages réservoirs comme celui de Hongfeng sur la Maotiaohe. Dans l'ensemble de la Chine, l'eau disponible par habitant atteint seulement 25 % de la quantité moyenne disponible dans le monde. La Chine se place ainsi parmi les treize pays qui présente une déficience sérieuse en eau potable [Minister State Environmental Protection Administration of China, 2001]. En outre, l'eau disponible est rarement de bonne qualité en raison d'une importante pollution chimique et bactériologique. Dans le cas du Guizhou, le caractère vulnérable des



Photo 448 : Les gorges de la Malinghe confluent avec la Nanpanjiang (district de Xingyi, Guizhou).

Malinghe gorge flows into Nanpanjiang (Xingyi County, Guizhou).

Photo J.-P. Barbary 1988

eaux karstiques ne constitue pas une situation favorable. Néanmoins, grâce à la politique environnementale du neuvième plan quinquennal, la pollution de l'eau et de l'air (ainsi que les nuisances sonores) notamment dans les grandes villes, a tendance à baisser. La pollution organique des cours d'eau, responsable de l'excès de matières nutritives (eutrophisation), est moins importante dans le Guizhou que dans les régions à agriculture intensive où l'emploi des engrais chimiques est généralisé. Cependant, en raison de la surpopulation rurale, l'emploi des engrais chimiques tend à se développer dans le Guizhou, y compris dans les montagnes où la déficience en terres arables se fait cruellement sentir.

En raison du retard économique de la province, de la pression humaine croissante, mais aussi du caractère remarquable de ses ressources karstiques, le Guizhou se situe dans une situation paradoxale typique placée à l'interface développement / environnement. D'un côté les politiques publiques privilégient la protection de l'environnement (air, eau, sols, forêts), d'un autre côté le développement économique favorise l'industrialisation et l'augmentation des polluants et déchets à traiter, y compris dans les montagnes reculées. Disposant d'un environnement naturel exceptionnel, symbolisé par les grottes-tunnels et les paysages de karsts coniques, la province du Guizhou possède aussi un patrimoine culturel unique symbolisé par ses minorités ethniques comme les Dong et les Miao. L'exploitation des ressources touristiques, karstiques et ethniques, constitue donc une opportunité pour le développement économique et la protection de l'environnement de l'une des provinces longtemps les plus attardées du pays (cf. chap. 16).

Pollutions industrielles et minières, hydroélectricité en Chine et dans le Guizhou

Richard Maire

1. Pollutions industrielles et minières, géologie médicale (arsenicisme, fluorose)

Le récent problème posé par l'épidémie de pneumonie atypique (S.R.A.S.) en Chine cache des problèmes de santé majeurs et récurrents dans le pays le plus peuplé du monde, problèmes liés à l'énorme pression humaine et à l'histoire politique et économique du pays depuis 1949. Cependant, le progrès a permis de doubler l'espérance de vie (70 ans aujourd'hui), mais ce chiffre mériterait d'être nuancé selon les régions et les groupes de population. Dans les villes surpeuplées, les taux de pollution sont considérables et dépassent ceux des grandes villes occidentales. En raison de la dimension du pays, les eaux usées représentent un volume énorme qui est passé de 29 milliards de tonnes en 1981 à environ 37 milliards de tonnes en 1995 [Maurer *et al.*, 1998]. Les eaux industrielles représentent 60 % du total. L'insuffisance du traitement de ces eaux usées expliquent que la moitié de la population du pays ne disposent pas encore d'eau de consommation correcte. Les eaux contaminées par les bactéries et les polluants chimiques constituent donc une plaie contre laquelle les autorités luttent de plus en plus. Bien que très ancienne, la tradition de consommation d'eau chaude bouillie

exprime bien le risque potentiel que représente l'eau du robinet.

La Chine est dans une situation de transition. Les affections chroniques, liées notamment à la pollution de l'eau, sont fréquentes comme dans les pays en voie de développement. Mais en même temps, la mortalité par les maladies infectieuses est deux fois inférieure à celle de l'Amérique latine et trois fois inférieure à celle de l'Inde. Un des gros problèmes qui se posent dans les régions rurales, notamment dans le Guizhou, sont les cancers du foie, de l'estomac et de l'oesophage. Des études ont montré qu'il existe une corrélation entre la pollution organique des eaux de boisson et la mortalité liée au cancer du foie dans 2 072 districts réparties dans 29 provinces [Wang *et al.*, 1992].

Les empoisonnements par l'arsenic (arsenicisme) dans le Guizhou constitue un exemple caractéristique des affections graves liées aux contaminations minières et géologiques de cette province. La pollution de l'eau, de l'air et des aliments par l'arsenic est un problème ancien, mais qui attire à nouveau l'attention avec le drame du Bangladesh. Dans ce pays, plus de 30 millions d'habitants sont exposés à l'arsenicisme en raison de la pollution naturelle des eaux de forage utilisées à une large échelle. En Chine, le problème est également important, notamment dans la province du Guizhou, en particulier dans le Sud-Ouest de la province, là où sont situées les mines de charbon (Shuicheng, Panxian). 3 000 malades sont répertoriés et 200 000 personnes sont exposées. Les mineurs sont exposés à des cancers des poumons et de la peau. Des taux extraordinaires de 35 000 ppm d'arsenic (3,5 %) ont été mesurés dans des échantillons de charbon du Permien (formation Longtan). Comme ce charbon est utilisé pour la cuisine et le chauffage, on a mesuré des taux d'arsenic importants dans la poussière des cuisines (3 000 ppm), l'air intérieur et dans les aliments déshydratés comme les piments. En effet le piment adsorbe 500 ppm d'arsenic en moyenne. Finkelmaier *et al.* [1999] montrent la relation entre l'arsenicisme et la consommation de piment séché. Des recherches ont été réalisées dans le district de Xingren (1991-1994) par l'Institut de Géochimie de l'Académie des Sciences de Pékin. Sur une population de 9 202 personnes, 1 546 sont atteints d'arsenicisme. Dans

Photo 449 : Canal d'égout à l'air libre situé au-dessus de Huaxi, dans la banlieue de Guiyang.

Sewage passage situated above Huaxi, in the suburb of Guiyang.

Photo R. Maire 2003



les zones contaminées, la dose d'arsenic ingérée est estimée à 2,4 g dont 88 % provient de la nourriture, 5,5 % de l'air et 6,5 % de l'eau de boisson. Un kit de mesure de l'arsenic a été préparé spécialement par le Geological Survey américain pour les mesures de terrain.

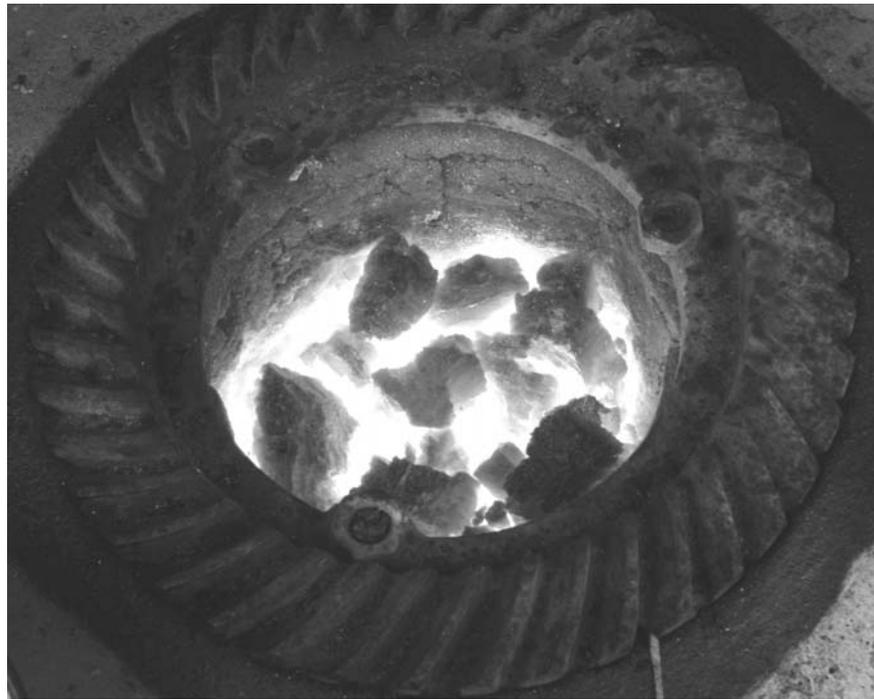
L'empoisonnement par la fluorine (fluorose), moins grave que l'arsenicisme, affectent plus ou moins 10 millions de personnes dans le Guizhou et les provinces du Sud-Ouest. La fluorose dentaire et des os provient notamment de l'ingestion répétée de maïs séché par combustion de briquettes de charbon riche en fluorine.

Ainsi, une nouvelle discipline est en train de se développer, la géologie médicale qui a pour but de contribuer à mieux connaître l'étiologie de maladies liées à l'ingestion différée d'éléments issues des roches et des mines. La concentration limite de l'arsenic dans l'eau est de 10 µg/l selon la norme européenne.

2. Hydroélectricité : grandes et petites centrales

La Chine a la réputation d'être le pays des barrages (*Kingdom of dams*) et elle détient le plus grand potentiel hydroélectrique du monde (378 GW en capacité installée). Pourtant seulement 9 % de la ressource est utilisée, ce qui est loin derrière la moyenne mondiale (22 %) comme le souligne le *China Daily* (28/11/00). Pour combler le retard et faire face aux besoins énergétiques grandissants des provinces de l'Est et du Sud, le XX^{ème} plan quinquennal (2001-2005) prévoit la construction d'une série de grands barrages dans les régions montagneuses de l'Ouest, programme qui entre aussi dans le cadre de la stratégie de développement de l'Ouest du pays. Par exemple, le barrage de Longtan, dont les travaux débutent en novembre 2003, constitue le deuxième projet le plus important de Chine après celui des Trois Gorges, avec une capacité prévue de 4,2 à 5,4 GW. Une partie de l'énergie servira à alimenter la région de Canton. Le lac de retenue, de 360 à 540 km² (volume maximum de 27 km³), atteindra le territoire du Guizhou. En plus des trois partenaires financiers majoritaires — un de l'état central, deux du Guangxi — une compagnie du Guizhou (*Guizhou Capital Construction Investment Compagny*) participe à hauteur de 5 %. En plus du barrage, haut de 216 m, une centrale souterraine est prévue, la plus vaste jamais construite, dans une cavité artificielle de 388 m de long, 28 m de large et 74 m de haut. A cela s'ajoute une paire d'écluses pouvant accueillir des bateaux de 179 m de long. L'ouvrage de Longtan est en fait la pièce maîtresse d'un ensemble plus vaste comprenant une dizaine de barrages sur le Hongshui.

A cause des impacts importants sur l'environnement (nappes phréatiques, sols, forêts, climat), les grands barrages suscitent des controverses, en Chine comme dans le monde, mais la Chine semble



ne pas pouvoir s'en passer compte tenu des besoins accrus. Cependant l'envasement rapide des lacs réservoirs à cause de l'érosion des sols et des altérites est un problème technique bien connu en Chine et dans les régions connaissant une forte érosion. Ainsi 40 % des 80 000 barrages construits depuis la fondation de la République Populaire de Chine en 1949 ont perdu 40 milliards de m³ (40 km³) de capacité de rétention, ce qui équivaut à deux fois la capacité du barrage des Trois Gorges. [Michael Ma, 2000].

Dans l'Union Européenne, les projets inférieurs à une capacité de 15 MW (SHP ou *Small Hydro Power*) sont considérés comme des unités à énergie renouvelable. Les LHP (*Large Hydro Power*) n'entrent pas dans cette catégorie en raison de leur capacité de nuisance. Conscient de ce problème, la Chine a également beaucoup développé la politique des petites centrales (SHP), dont les barrages souterrains (photo 451). Ainsi, à la fin 2001, on dénombre 43 027 SHP dans toute la Chine représentant une capacité installée de 26 GW, soit une fois et demie la capacité prévue du barrage géant des Trois Gorges. La capacité théorique est de 100 GW pour l'ensemble du pays. En fait, on distingue trois catégories de SHP : les micro-centrales (< 0,1 MW ou 100 kW), les mini-centrales (0,1 à 0,5 MW) et les petites centrales (0,5 à 25 MW).

Le Guizhou fait partie des provinces à fort taux de SHP. Il en détient 1 154 totalisant une capacité installée de 958 MW, soit plus de 5 fois celle du grand barrage de Dongfeng sur le cours amont du Wujiang (170 MW). Cette capacité représente 3,6 % du total national des petites centrales. Le Guizhou arrive en dixième position, les provinces les plus en pointe étant Guangdong (13,6%), Sichuan (13,4 %), Fujian (11,6 %) et Yunnan (8,6 %). Les SHP du

Photo 450 : Petit fourneau à charbon typique utilisé pour la cuisine. Le charbon du Guizhou, souvent riche en arsenic et fluor, présente un danger pour la santé.

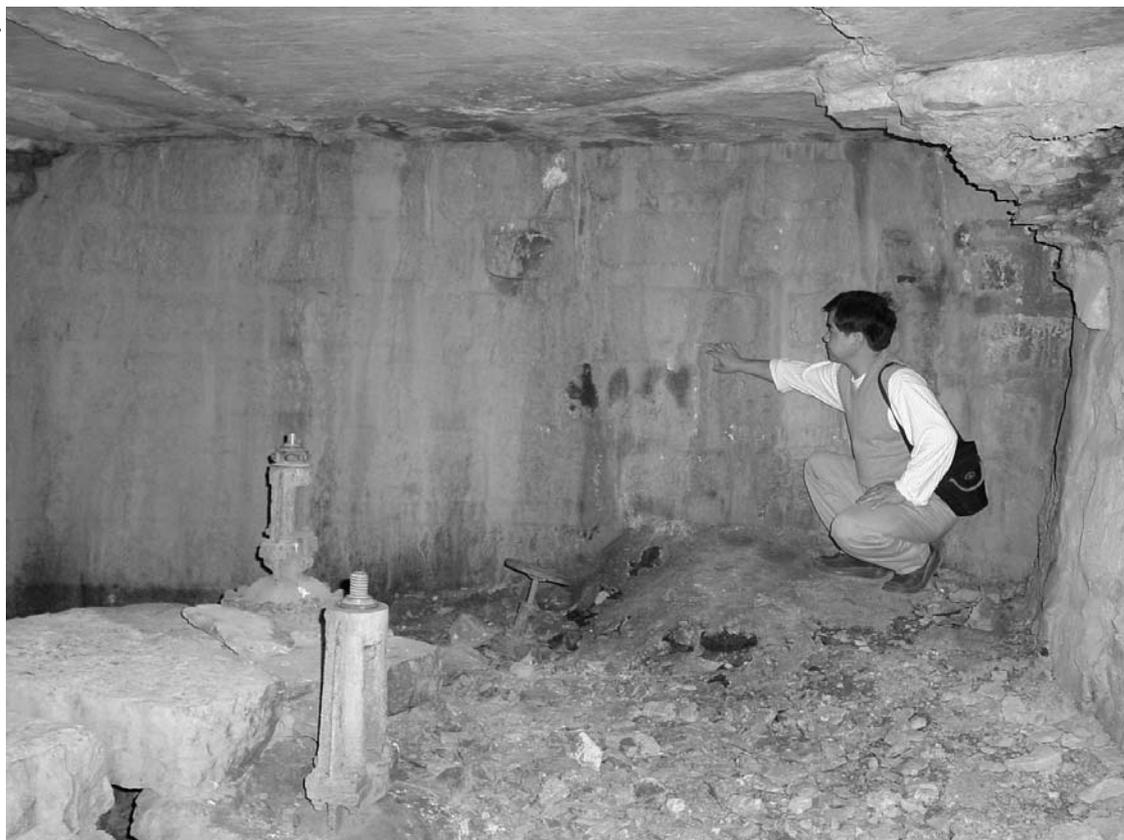
Typical coal stove for cooking in Guizhou. In some place, coal contains high content of arsenic (several percents) and fluor very dangerous for health.

Photo R. Maire 2003

Photo 451 : Petit barrage souterrain situé en aval d'une grande dépression dans le district de Puding.

Small underground dam situated below a large ouvala in the Puding County.

Photo R. Maire 2003



Guizhou ont une capacité moyenne de 0,83 MW entrant dans la catégorie des mini-Centrales. Cette politique des SHP joue un rôle considérable dans le développement de la Chine rurale, notamment l'électrification des districts montagnards. Le cas de la petite centrale de la Gesohe, dans le district de Panxian, est très démonstratif. Cette politique, unique au monde par son ampleur, a été largement développée à partir de 1982.

En quinze ans, dans le pays, 653 districts ruraux ont été équipés. Actuellement, ces SHP alimentent 300 millions d'habitants dans 760 districts. 400 autres districts devraient être électrifiés à travers ces SHP pour la fin 2005. La technologie et l'expérience acquises dans ce domaine, en particulier dans les régions karstiques, font que les ingénieurs chinois sont demandés à l'étranger pour la réalisation de ce type de centrales.

L'équipement des zones rurales par la technique des SHP a pour but également d'arrêter la déforestation en remplaçant le bois de chauffe et de cuisine par l'électricité. Par exemple, dans les villages non électrifiés, on consomme annuellement en moyenne 2 000 à 3 500 kg de bois pour un foyer de quatre personnes. A l'échelle du Guizhou et de l'ensemble du pays, cette politique de remplacement du bois par l'électricité bon marché (18 cents par kWh) est le moyen le plus efficace pour la protection de l'environnement, en réduisant l'émission de CO₂ et en favorisant la reforestation, la conservation des sols et la qualité des ressources en eau. Le but du Réseau International des SHP, actuellement basé à Hangzhou, a pour but de promouvoir les SHP dans le cadre de la politique mondiale du développement durable [Tong Jiandong, 2003 ; www.inshp.org].