

Les apports scientifiques majeurs de Jacques Choppy

Philippe AUDRA

avec la collaboration de Fabien Hobléa, Stéphane Jaillet, Jean-Yves Bigot et Roger Laurent

Jacques Choppy nous a quittés le 26 juillet 2004. Son dynamisme et sa présence depuis plus de 50 ans sur le champ de la spéléologie scientifique ne nous laissaient pas envisager une fin aussi brutale. Certes, il avait récemment délégué l'organisation scientifique des Rencontres d'octobre et en particulier la charge d'édition, mais cela relevait plus de sa lucidité au regard de son âge que d'une réelle démotivation. Jacques était présent partout, publiait beaucoup, et nous sommes en devoir de rappeler ici ses contributions majeures à la discipline.

Jacques n'était pas confiné dans un domaine ou un champ d'étude, mais il étudiait tout ce qui se rapporte à la spéléologie scientifique, ce qui permet de comprendre l'apparition, l'organisation et l'évolution des réseaux de cavités dans leur contexte karstique. Sa démarche consistait à intégrer l'ensemble des connaissances karstologiques, afin de constituer une « base de données » qui lui servait à nourrir ses réflexions thématiques. Pour ce faire, il avait connaissance des principaux travaux internationaux, il lisait la plupart des langues de publication scientifique et consacrait une partie importante de son emploi du temps à l'acquisition des connaissances. Les faits marquants étaient ensuite intégrés à cette base de donnée numérique, qui fut dans un premier temps sur support papier. Son ambition était bel et bien de constituer une « encyclopédie » du karst, mais avec une certaine lucidité, il reconnaissait qu'il n'aurait probablement pas le temps de l'achever et de la publier, ce genre de travail de bénédictin étant par définition sans fin. L'intérêt indirect de cet outil résidait dans le fait qu'il pouvait répondre immédiatement à une interrogation nouvelle, en sortant la ou les fiches correspondantes. Nombre d'entre nous y ont eu recours lorsqu'ils se lançaient dans des champs nouveaux : les faits compilés, les schémas et illustrations, la bibliographie, étaient une excellente base de départ avant une étude plus approfondie.

Il avait ainsi organisé sa réflexion en prenant en compte les processus (ex. : la

dissolution), les facteurs (ex. : la fracturation), les formes (ex. : un conduit aligné sur une fracture) et les principes de conformité (ex. : conformité entre la fracturation seule et la forme de conduit observable) [démarche explicitée dans Choppy, 1987 a]. Les processus étant généralement « disponibles », c'est le facteur qui va orienter l'action du processus vers la création d'une forme. Cette approche, allant du facteur vers la forme, alors que la pratique est généralement inverse en géomorphologie, lui permettait d'une part de relier facteur et forme en cas de conformité, de chercher une explication en cas de non-conformité, de mettre en évidence une action conjointe de facteurs, de rapprocher des formes sans relation apparente mais qui dépendent du ou des même(s) facteurs, de ne pas tout attribuer aveuglément à un facteur « à la mode ». Le résultat de ses dissections intellectuelles était progressivement délivré au travers des Synthèses karstiques (appelées d'abord Phénomènes karstiques, puis Synthèses spéléologiques et karstiques).

Hormis l'abondance de connaissances qu'il mettait ainsi à la portée de tous ceux qui n'avaient pas accès à un tel volume de publications et qui relevait également de son souci de vulgarisation, Jacques a été à l'origine de quelques grandes idées incontournables pour la discipline karstologique. Nous en présentons ici les principales, en partie extraites de ses fascicules. Mais son travail scientifique reposait d'abord sur son expérience de spéléologue et d'explorateur, ayant arpenté les karsts à travers le monde. Et il restera jusqu'à la fin un explorateur au sens large, par ses voyages, par son sens de l'observation, par les découvertes scientifiques extraites du parcours inlassable de cavités, qu'elles soient connues ou perdues au bout du monde.

Les lapiaz, indicateurs de processus superficiels [Choppy, 1992 a]

Jacques a parcouru des centaines de lapiaz sur tous les continents. Il récusait le néologisme lapiés, « création de géographes ayant souhaité se démarquer

de termes par trop estampillés comme issus de langues vernaculaires et donc de populations incultes ». L'observation attentive des modelés lui a permis de dresser une typologie plus détaillée que celle des grands auteurs (Bögli...), et surtout par corrélation de leur attribuer un processus génétique. Il a ainsi notamment mis en évidence le rôle de l'écoulement laminaire sous couvert nival en fusion, ces lapiaz devenant alors des indicateurs de présence et de processus nivaux (lapiaz à empreintes de pas, à aiguilles, à cannelures jointives...), tout comme les grandes cannelures rainurant les puits à neige, tel celui de Malaterre en Vercors.

La genèse de conduits majeurs en « zone inondable »... [Choppy, 1992 b]

L'étude de cas multiples dans tous les contextes structuraux et géographiques possibles l'a amené à reconsidérer la spéléogenèse en zone noyée profonde. L'organisation en coupe des réseaux indépendants d'un soubassement imperméable montre que leur développement se localise préférentiellement au toit de la zone noyée, selon le trajet le plus direct vers le point d'émergence. Il relance le concept de zone épinoyée (qu'il qualifie « d'inondable »), comme étant le « lieu du plus haut degré d'élargissement des conduits par dissolution », par la concentration et le renouvellement des écoulements agressifs de crue combinés à la décantation du gaz carbonique lors du dénoyage. L'observation de modelés typiques de cette zone, telles que les cannelures verticales qui lacèrent les parois des tubes, montre bien qu'une bonne partie de l'agrandissement de ces conduits ne s'effectue pas pendant la phase noyée, mais au cours du dénoyage, par l'écoulement des eaux gravitaires. Ses réflexions ont initié mes recherches sur les mises en charge et sur ce rôle prépondérant de l'évolution des réseaux en zone épinoyée, dont la synthèse a été récemment achevée par nos collègues suisses en s'appuyant sur le cas des Siebenhengste. Cette conception est désormais reconnue par les principaux chercheurs internationaux.

... et en conséquence la négation d'une spéléogenèse active dans la zone noyée [Choppy, 1992 c]

Le développement préférentiel des drains dans la zone inondable (épinoyée) et au toit de la zone noyée implique une absence de développement de drains dans la zone noyée profonde. Toutefois, la réalité contraint à reconnaître l'existence de tels réseaux de drainage profonds noyés, dont l'origine est liée au contrôle structural ou à l'histoire : circulations artésiennes contraintes à un cheminement profond par la structure, réseaux d'origine hydrothermale alimentés par des remontées profondes ou bien réseaux karstiques « normaux », dont la base est ennoyée suite à une remontée du niveau de base. Il fut l'un des premiers à généraliser cette conception de karst ennoyé (c'est-à-dire développé en conditions « normales » et ensuite noyé par la remontée de la surface piézométrique commandée par la position du niveau de base) [Choppy, 1993]. Ce concept a été depuis largement utilisé et développé, notamment pour l'étude des karsts ayant subi l'influence de la crise messinienne, tel celui de la fontaine de Vaucluse.

La notion de chemin de drainage [Choppy, 1994]

Les circulations karstiques adoptent l'itinéraire le plus court entre la zone d'infiltration et le point d'émergence, selon le principe de sélection des drains les plus efficaces, par captures successives. Ce fait débouche sur la notion de « chemin de drainage », qui implique que les discontinuités structurales ne seront utilisées que très localement, seulement si elles sont proches de la direction requise, la contrainte structurale ne pouvant être modélisée à l'échelle de l'ensemble du karst. Son passé de géophysicien l'a conduit à s'intéresser à la relation entre ces discontinuités et les drains, et il a mis en évidence le peu de profit que l'on pouvait tirer de l'analyse des diagrammes de fracturation réalisés à partir de l'observation en surface pour la prédiction du drainage souterrain, sauf pour les conduits à proximité de la surface. Cette notion de chemin de drainage l'a conduit à découvrir que nombre de conduits inclinés localisés dans un joint de strate ne suivaient pas le pendage maximal, mais s'infléchissaient vers le point d'émergence, en adoptant ainsi une trajectoire moins inclinée, tout en restant dans la même discontinuité. Il les a qualifiés de conduits « en

écharpe ». Ceci démontre le rôle directeur du « chemin de drainage » lors de la phase d'initiation des conduits, encore en grande partie noyée, dont l'héritage se conserve après le passage en zone d'écoulement libre, par la localisation de ce conduit « en écharpe », *a priori* aberrante si l'on n'intègre pas la part de cette phase d'initiation.

Le rôle local de la structure dans le guidage des conduits

[Choppy, 1992, d]

L'analyse de milliers de documents lui a permis de mettre en évidence plusieurs faits : le rôle important des fractures orientées selon le pendage, utilisées préférentiellement par les écoulements puisqu'elles combinent une prédisposition structurale favorable et une orientation généralement conforme au chemin de drainage ; les failles-drains ouvertes majeures, qualifiées de « failles-autoroutes », qui peuvent localement éloigner les écoulements du chemin de drainage théorique, par la faible résistivité qu'elles offrent aux circulations ; dans les karsts de montagne, l'existence de conduits fortement inclinés, générés à partir d'un accident majeur, sous lequel vont se développer des successions de puits et qu'il qualifiait de « conduits monoclinaux ». Ce terme, pas forcément heureux puisqu'il introduisait une confusion possible, fait référence à une utilisation de fracture similaire à celle d'un joint de stratification dans une série fortement basculée.

L'évolution des drains collecteurs par érosion régressive

[Choppy, 1992 c]

Si la dissolution et l'élargissement des conduits lors de l'initiation du drainage karstique sont progressifs de la zone d'infiltration au point d'émergence, une fois un régime turbulent établi, c'est le diamètre du plus petit conduit à l'aval qui détermine l'écoulement des conduits localisés plus en amont. La conséquence est que le drain collecteur va s'élargir à partir de l'aval par érosion régressive. Ces aspects, prédits par les hydrochimistes, ont été par la suite démontrés quantitativement par d'autres chercheurs grâce aux modélisations numériques. Tous les spéléologues parcourant les réseaux souterrains l'ont observé. L'application de cette notion se retrouve dans l'évolution de drains influencés par les oscillations du niveau de base qui vont déterminer des vagues d'incision régressives,

susceptibles de se propager vers l'amont alors que la cause a disparu ou même que le niveau de base est depuis remonté, ennoyant l'aval du drain (cas du Rupt-du-Puits en Lorraine).

L'institution de passerelles entre spéléologues et chercheurs – Jacques Choppy entretenait la tradition scientifique du Spéléo-club de Paris auquel il appartenait, elle-même héritée de pratiques plus anciennes liées aux membres éminents du Spéléo-club de France. L'idée généreuse de vulgarisation s'appuyait en fait sur la constatation que le chercheur, même s'il se doit de connaître une grande variété de cas dans tous les contextes structuraux et géographiques possibles, ne peut parcourir toutes les cavités. Il est ainsi contraint à utiliser pour une bonne part de ses recherches les résultats des travaux des spéléologues. Terrain et bibliographie étaient ses deux outils de progression. Mais pour obtenir une matière bibliographique de qualité, encore faut-il que les spéléos soient formés à l'observation et disposent de la capacité de retranscrire clairement ces faits dans leurs rapports. C'est ce souci, certes très intéressé, qui l'a tant conduit à œuvrer pour la diffusion d'une connaissance de qualité auprès des spéléologues. Jacques Choppy a pu participer ainsi à des formations qu'il a dispensées soit auprès des futurs brevetés d'état option spéléologie (UF connaissance du milieu) soit dans le cadre de stages scientifiques de la Fédération française de spéléologie.

Cette diffusion de savoir allait au-delà des « synthèses » qu'il proposait (lues autant par le monde spéléologique que par le monde universitaire). Ainsi en est-il des textes qu'il pouvait réunir comme les 82 comptes rendus de Martel à l'Académie des Sciences [Choppy, 1987 b], ou comme son dernier ouvrage paru, *Les formes spéléologiques et karstiques, catalogue illustré* [Choppy, 2003]. Ce dernier recueil scientifique publié de son vivant traduit véritablement la volonté de Jacques Choppy de toujours chercher, pour lui ou pour d'autres, la production d'un discours compris de tous et appuyé sur un vocabulaire clair et adapté. C'est le vocabulaire qu'il utilisait et qu'il fallait connaître pour le comprendre. C'est aussi le révélateur d'un raisonnement de type analogique basé sur une connaissance prodigieuse des cavernes du monde qu'il avait parcourues au cours de ses nombreux voyages.

Cet exposé sur la carrière de Jacques serait incomplet sans l'évocation de sa personnalité. Il avait « les défauts de ses qualités » : acharné, obstiné, d'une grande humanité mais sans concession, exigeant dans la minutie jusqu'à « pinailler » sur des détails dont lui seul percevait la portée, fidèle aux amis qu'il estimait mais féroce avec les incompetents. Son statut de chercheur « non académique », qui lui valait parfois des critiques mais dont il s'enorgueillissait par la force des choses, lui autorisait toute la liberté de ses démarches et de ses jugements, y compris lorsqu'il s'entêtait sur des faits manifestement hors de propos. Ce recul vis-à-vis de la Science et des chercheurs enfermés dans leur dogmatisme lui a permis de soulever des incohérences pourtant admises implicitement de tous, de revisiter des concepts, d'en confectionner de nouveaux. L'avenir en retiendra peut-être quelques-uns, le temps étant le filtre le plus objectif des théories scientifiques.

Nous garderons de Jacques son amitié indéfectible, son humour parfois grinçant, sa volonté d'aller de l'avant qu'il a conservée jusqu'à la fin, l'admiration devant sa force de travail colossale qui ne l'empêchait pas de se consacrer à ses occupations familiales, dont celle de grand-père. Que sa femme Brigitte, ainsi que toute sa famille et ses amis trouvent ici les marques de notre amitié, de notre respect et de notre admiration envers ce personnage hors norme dont nous gardons le souvenir marquant.

Travaux de Jacques Choppy cités dans le texte

- 1987 a** - *Roches carbonatées - Synthèses karstiques*, 75 p.
1987 b - E.-A. Martel, Comptes rendus à l'Académie des Sciences, textes réunis par J. Choppy, 206 p.
1992 a - Des indicateurs climatiques : les cannelures et rigoles de l'endo- et de l'exokarst. *Karst et évolutions climatiques*. Hommage à Jean Nicod. p. 349-354. Presses universitaires de Bordeaux.
1992 b - *Les karsts étagés*, Synthèses spéléologiques et karstiques, 68 p.
1992 c - *Karst profond initial*. Seconde rencontre d'octobre, Chambéry, p. 22-25. Spéléo-club de Paris.
1992 d - *Actions conjointes de facteurs tectoniques*, Synthèses karstiques, 68 p. 1992.
1993 - *Evolution des cavités ennoyées*. Troisième rencontre d'octobre, Montpellier, p. 28-32. Spéléo-club de Paris.
1994 - *Hydraulique externe et circulations karstiques*, Synthèses spéléologiques et karstiques, 78 p.
2003 - *Les formes spéléologiques et karstiques, catalogue illustré*, 112 p.

L'œuvre scientifique de Jacques Choppy dans le domaine de la climatologie souterraine

Baudouin LISMONDE

Dans la série « Synthèses karstiques » que Jacques Choppy a publiée à partir de 1982, on trouve le thème important des "Processus climatiques dans les vides karstiques". Il s'agit d'un ensemble de fascicules que l'on va détailler maintenant :

- 1 - Dynamique de l'air :
 1^{ère} édition 1982, 84 p, 58 fig.
 2^{ème} édition 1986, 72 p, 76 fig.
- 2 - Composition de l'air :
 1^{ère} édition 1983, 88 p, 61 fig.
 2^{ème} édition 1988, 79 p, 65 fig.
- 3 - Température de l'air :
 1^{ère} édition, 1984 73 p, 74 fig.
 2^{ème} édition, 1990, 73 p, 69 fig.
- 4 - Microclimats :
 1^{ère} édition 1986, 76 p, 41 fig.
 2^{ème} édition 1994, 75 p, 40 fig.

Chacune des quatre parties a fait l'objet de deux éditions. La première édition des quatre fascicules s'est étagée entre 1982 et 1986. Puis Jacques Choppy a aussitôt attaqué une deuxième édition pour profiter des remarques ou ajouter des résultats nouveaux. Elle s'est déroulée entre 1986 et 1994.

L'ensemble de la 2^{ème} édition constitue près de 300 pages de texte. La bibliographie est considérable. Elle rassemble respectivement : 151, 198, 134, 86 articles ou ouvrages. Bien sûr, d'un fascicule à l'autre, on peut retrouver la même citation pour certains articles importants. Mais Jacques Choppy prenait un grand soin de citer beaucoup d'auteurs différents et de ne pas se cantonner aux synthèses ou compilations. Il recherchait chez chaque auteur les idées originales et nouvelles.

Jacques Choppy a fait œuvre nouvelle et utile en proposant des définitions précises des différentes notions qu'il a rattachées aux définitions puisées dans la bibliographie. Il a aussi rangé, ordonné d'une façon logique tout un ensemble de phénomènes fort disparates, certains très curieux, voire exotiques.

Cette structuration forte et personnelle lui a permis ensuite de développer les concepts en s'appuyant sur les observations des différents auteurs que son travail d'analyse avait extraits. En lisant les fascicules et en remarquant que les figures sont rarement de lui, on pourrait croire que ce travail n'est qu'une compilation en attachant à ce mot un caractère péjoratif. Mais d'une part, ce travail de synthèse est absolument considérable

quand on voit la variété des sources qui témoignent d'un infatigable souci de Choppy de connaître ce qui se faisait dans le monde et ce travail n'avait jamais été fait avant lui. Et d'autre part, les citations ne sont prises que pour s'intégrer dans la représentation qu'il se faisait des différents phénomènes. Des remarques, ajouts, interprétations d'observations, corrections d'erreurs, approfondissements des notions esquissées par d'autres, montrent tout le travail de mise en perspective et d'approfondissement.

Ses écrits ont mis aussi en valeur l'apport innovant de certains auteurs (Bock, Kyrle, Conn, Wigley-Brown, Eraso, Badino...) peu connus en France, à côté des auteurs français comme Trombe ou Renault. Il a pu ainsi attribuer à chacun la part de découverte qui lui revenait. La rareté de certains ouvrages fait qu'il a joué aussi un rôle de sauvegarde des idées pour les auteurs correspondants.

Sans chercher à lister les notions ou observations personnelles de Choppy, rappelons son intérêt pour le piégeage thermique dans les cavités à une entrée (généralisant la notion de glacière), pour le confinement de l'air, pour la température des entrées de cavités en fonction des paramètres géographiques, du rôle de l'humidité dans le microclimat des grottes aménagées ou dans la formation des concrétions, du transfert profond du CO₂ en liaison avec la question du creusement profond... De nombreux vocables ou définitions viennent de lui (anémolithe, chambre de Torricelli, trou de stillation...). Il a adopté pour les cavités un point de vue global non limité aux seuls aspects thermiques mais ouvert aux transferts de masse et aux facteurs déclenchant ou favorisant les phénomènes.

Si on me permet une remarque plus personnelle, je peux dire que c'est Jacques Choppy, par ses fascicules montrant une telle variété de phénomènes (certains forts étranges), qui m'a donné le goût d'approfondir la climatologie souterraine. J'ai épiluché ligne par ligne ses textes, et Jacques a toujours été ouvert aux discussions et même aux critiques que l'on pouvait être conduit à faire.

Ces fascicules qui sont très cités en France et à l'étranger resteront une source d'inspiration pour tous ceux qui s'intéressent au climat souterrain.