

Les gisements de nappes profondes en France : concept, spécificités, état des connaissances

par Jean-Pierre Comte

du BRGM, Service géologique national, Centre thématique Eau, Montpellier

I ■ NAPPE PROFONDE OU CONTRIBUTION À LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ... !

Définir l'objet de cette journée est un préalable indispensable. Les nappes dites profondes occupent une place particulière dans le vaste monde de l'eau souterraine : c'est cette place que nous nous efforcerons de définir.

Tout d'abord si nous parlons de « nappe », nous considérons implicitement un système aquifère continu bien identifié en tant que tel, c'est-à-dire un système fini (dans des limites à préciser... d'autant plus difficilement qu'elles sont profondes !). Ce concept exclut donc les gisements discontinus ou ponctuels notamment des milieux fissurés, fracturés, filoniens. Certains de ces gisements sont pourtant parfois profonds comme en témoignent nombre de systèmes karstiques ou fissurés et de forages hydrothermaux (à plus de 1 000 m notamment) : on ne pourra pas les ignorer, mais leur identification relève d'une autre échelle, beaucoup plus locale.

« Profond/pas profond » c'est *a priori* comme « grand/petit », « beau/pas beau », « cher/pas cher » !... pour ne pas rester dans une subjectivité risquant de donner libre court à des débats qui n'avancent à rien, il faut se rattacher à une échelle de valeur. « Beau » ne le permet pas. « Grand, cher... profond » le permettent.

L'échelle de valeur la plus fiable est bien sûr la profondeur mesurée. Mais cette échelle varie selon les utilisateurs, et dans le temps !

— ce qui paraissait profond autrefois, peut aujourd'hui apparaître ordinaire, sinon peu profond...

— ce qui paraît profond pour un foreur d'eau paraît dérisoire pour un foreur pétrolier...

Par ailleurs, toutes les profondeurs de gisement sont loin d'être mesurées !

Dès lors peut-on constater deux configurations pour parler de « nappe profonde » :

— les nappes dites profondes dans l'absolu parce qu'accessibles au-delà d'une « certaine » profondeur,

— les nappes « les plus profondes » d'un système multicouche ou particulièrement puissant, ou plus simplement « dites profondes » par rapport à un autre système dit « superficiel » ou peu profond.

● 1.1 Nappe « absolument » profonde

La référence est la profondeur absolue d'accès au toit de la formation aquifère : mais comment, à travers les chiffres, apprécier la notion de profondeur ? Plusieurs démarches sont envisageables :

a) Une première façon d'apprécier la profondeur absolue pourrait être de lui faire correspondre des techniques de forage d'eau. Ainsi, dans certains pays anglophones, la perception courante de la différence entre « shallow well » et « deep well » est relative au mode d'exécution : puits (creusés à la main) pour les premiers, forage pour les seconds. La profondeur absolue en est une conséquence étant entendu qu'on utilisera le forage pour atteindre des profondeurs inaccessibles au creusement manuel des puits. Mais force est de constater que l'évolution des technologies repousse toujours plus loin (plus profond) les performances des machines (ex. : le forage à l'air longtemps limité à la centaine de mètres, frise aujourd'hui les 1 000 m...).

b) Une seconde façon de faire serait de considérer qu'une nappe est profonde parce qu'elle n'est accessible que par des forages nettement plus profonds que ceux couramment pratiqués pour l'exploitation de l'eau souterraine.

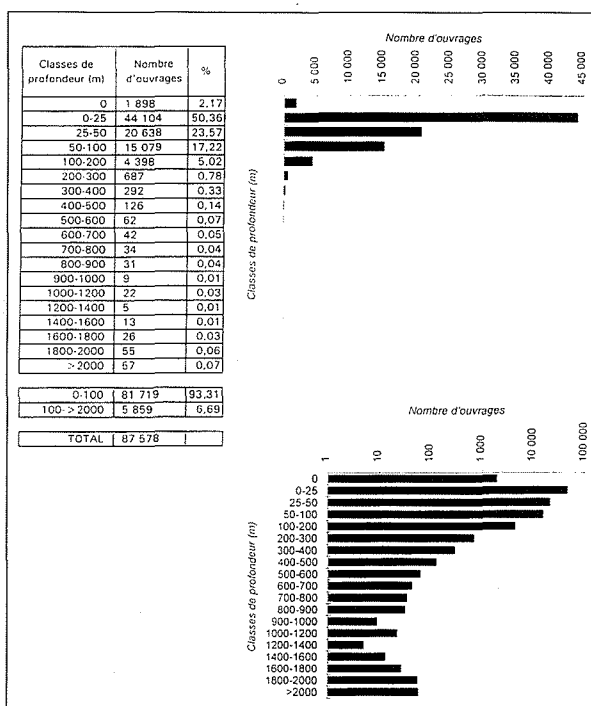
Au-delà d'un ordre de grandeur de 200 m, on est dans ce cas de figure.

On constate en effet que sur un échantillon de près de 86 000 forages d'eau recensés et renseignés dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS). 96 % d'entre eux ne dépassent pas cette profondeur (91 % ne dépassent même pas 100 m !) (voir fig. 1).

Ces chiffres montrent l'arbitraire d'une limite à 200 m, plutôt que 100, 200 ou 500 !

c) Une démarche plus « synthétique » pourrait consister à dénombrer non plus les forages, mais les « nappes » en fonction de leur profondeur d'accès. L'exercice est pratiquement difficile car ces nappes ne se situent jamais à profondeur quasi constante (sauf dans un espace donné) : rares sont les plus « profondes » qui n'affleurent pas à l'amont du système (ex. : aquifères profonds des Bassins parisiens et aquitains). Dès lors ce ne serait que les profondeurs maximales d'accès

Profondeur (m)	0 à 50	50 à 100	100 à 200	200 à > 2 000
Nbre de forages	64 700	15 000	4 400	1 460
%	74	17	5	4
% cumulé	74	91	96	100



1. Ouvrages d'exploitation d'eau répartis en classes de profondeur. (échantillon de 85 550 forages extraits de la BSS.)

qu'il faudrait traiter. Mais lesquelles : celles reconnues ou celles supposées ?...

Les connaissances apportées par les forages à plus de 200 m sont bien trop peu nombreuses (voir fig. 1), fragmentaires et ponctuelles pour permettre des évaluations à des niveaux de précision comparables à ceux des nappes moins profondes. Ces ouvrages constituent cependant de précieux étalonnages au raisonnement géologique. La connaissance des nappes profondes ne progressera qu'avec leur nombre, comme souvent en hydrogéologie.

Sur plus de 500 systèmes aquifères identifiés au niveau national, une cinquantaine ont des profondeurs maximales d'accès qui atteignent ou dépassent 200 m. Le tableau ci-après en présente certaines de leurs caractéristiques.

Cette cinquantaine de systèmes (ou « nappes continues ») se répartit ainsi en fonction des profondeurs maximales d'accès.

Il est évident que pour mesurer l'importance réelle de ces nappes, il faudrait ajouter la prise en compte de leur superfici-

cie, leurs ressources, leur taux d'exploitation ; mais cela dépend des « états des connaissances » qui seront évoqués ci-dessous.

On constate que les profondeurs d'accès de 75 % des systèmes localisés à plus de 200 m ne dépassent pas 1 000 m.

La limite quasi-asymptotique à plus de 2 000 m semble donc davantage correspondre à une réalité physique, qu'à une limite de connaissance ou d'exploitabilité technique. Ceci bien sûr indépendamment des « gisements » profonds particuliers et localisés qui peuvent être exploités en tant que ressource thermo-minérale.

1.2 Nappe « relativement » la plus profonde d'un système multicouche ou par rapport à un système superficiel

Dans le premier cas il peut s'agir des niveaux les plus profonds d'un système unique particulièrement profond. Ces niveaux peuvent en effet avoir des caractéristiques particulières qui justifient un mode d'exploitation et des usages spécifiques : caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère, paramètres physico-chimiques notamment la qualité alimentaire pour l'AEP ou la température en vue de valorisation énergétique par exemple.

Dans le second cas il s'agit d'une dénomination relative pour identifier la nappe inférieure d'un système bicouche. Ce cas est très fréquent et sort donc de notre contexte puisque les profondeurs d'accès sont couramment de l'ordre de grandeur de celles d'autres systèmes réputés non profonds, notamment lorsqu'il s'agit de nappes alluviales superficielles (ex. : « nappe profonde » de l'Astien du Languedoc, qui n'est qu'à peine à une centaine de mètres sous les nappes alluviales).

II ■ LES GISEMENTS D'EAU SOUTERRAINE PROFONDE DE FRANCE

Pour partir à la découverte des nappes profondes du territoire métropolitain, plusieurs chemins sont possibles :

- la géographie, du Nord au Sud, région par région à la satisfaction des opérateurs régionaux précisément,
- la géométrie, de la moins profonde à la plus profonde : mais la variabilité, outre les imprécisions à grande profondeur pour un même système, empêcherait toute rigueur dans une telle démarche,
- reste la géologie qui offre l'avantage d'un langage commun devenu dorénavant quasiment incontestable. Une telle

Répartition des systèmes aquifères en fonction de leur profondeur maximale d'accès.

Prof. max. (m)	< 500	500 à 1 000	1 000 à 1 500	1 500 à 2 000	> 2000
Nbre de « nappes » %	45	30	10	9	6
% cumulé	45	75	85	94	100

approche suppose toutefois d'être parfaitement conscient de ses limites :

- selon sa situation, un même niveau stratigraphique peut être profond, ou non, peut même affleurer à tel endroit avant de plonger profondément : c'est un cas très fréquent ;
- ce même niveau pourra avoir des faciès différents selon la profondeur (présence de sédimentation, d'érosion, de karstification, de modifications structurales au fil du temps) ;
- en conséquence, il n'y a pas systématiquement correspondance entre niveau stratigraphique et propriétés aquifères des formations. C'est vrai et presque « visible » pour les plus

superficielles : ce l'est d'autant plus, et d'autant moins appréhensible pour les plus profondes.

On s'efforcera donc de régionaliser l'approche géologique pour mettre en évidence les variations de caractères (profondeur, épaisseur, productivité, qualité de l'eau...) des différentes formations dès lors que leur extension le justifie.

Pour plus de commodité, nous explorerons le sous-sol de notre territoire en quatre étapes, à quatre niveaux successifs correspondant donc à une approche purement géologique des systèmes aquifères dont les profondeurs moyennes d'accès atteignent et dépassent 200 mètres (voir *tableau 1*).

Tableau 1. — Inventaire national des ressources en eau souterraine profondes.

Premier sous-sol : systèmes aquifères du Tertiaire

	N° S.A.	Région	Dénomination	Géologie	Profondeur	Épaisseur	Exploitation	Modèle	Qualité	Observations
1	225	L-R	multicouche du Roussillon	pliocène	30 250	100 250	forte	oui	bonne	captif
2	556b	L-R	grès des garrigues du sud- Vidourle et rive droite du bassin de Castries Sommières	miocène	50 >200	30 100	AEP			
3	235	AQUI	grès et calc. et sables miocènes d'Aquitaine	hélvétien aquitainien	10 >200	10 100	plus. 10zaines M m ² /an			captif
4	212	RH-A	sables et molasse de Bresse	miocène	180 360	10 150	peu		douce	captif
	212a	BOU	miocène de Bresse louchannaise	miocène	400	100	très peu			captif
	212b	BOU	miocène de Dijon-Chalon	miocène	100 400	100	très peu			captif
5	228	PACA	molasse et sables miocènes du Comtat	miocène burdigalien	150 300	50 150	peu		salé au N	captif
6	25-27	CEN	calcaires miocènes de Beauce et de Sologne	aquitainien	60 200	100	oui	partiel	Fer	captif en Sologne
7	230	AQUI	calcaires et grès oligocènes d'Aquitaine	oligocène	20 600	50 500	plus. 10zaines M m ² /an	partiel	bonne	captif
8	214	AQUI	multicouche calcaire+sables inframolassique d'Aquitaine	éocène inf.	50 >1000	50 300	plus. 10zaines M m ² /an	partiel	bonne	captif
	214	M-Py	sables infra-molassiques éocènes de Midi-Pyrénées	éocène inf. ypresien	100 800	<20 >100	env. 10 M m ² /an	Ouest	bonne	captif
9	557a1	L-R	calcaires du Minervois	éocène	10 >300	50 150	peu		v. observ.	
10	557a1	L-R	bassin de Castelnaudary	éocène inf.	50 >500	20 150	peu		AEP Casteln.	
11	557a2	L-R	calcaires du Carcassonnais et de Lézignan-Corbières	éocène jurassique	10 >500	50 500	peu			
12	142a	L-R	bassin calc. éocène de St Martin de Londres	lutétien	20 300	50 100			bonne	
13	233	AQUI	dolomies et calcaires des Landes	dano-paléocène	50 >2000	100 300	faible		aléatoire	captif

Deuxième sous-sol : systèmes aquifères du Crétacé

	N° S.A.	Région	Dénomination	Géologie	Profondeur	Épaisseur	Exploitation	Modèle	Qualité	Observations
14	44-44x-46-47-49	CEN	craye crétacé de Sologne	sénonian-turonien	100 300	150 300	oui			semi-captif
15	231	AQUI	calcaires et dolomies du crétacé supérieur d'Aquitaine	maastricht. + campanien	50 >1000	100 200	forte	partiel	bonne	captif
16	205	CEN	sables du cénomanién de nord-Touraine	crétacé sup.	100 200	50 100	intense		dure	captif
	205	PdL	sables du cénomanién de sud-Touraine	crétacé sup.	100 300	50 80	forte	oui		captif
17	215	AQUI	sables cénomaniens et calcaires du crét. sup.	crétacé sup.	700 2400	moy. 400	intense	oui	bonne	captif
18	219	RH-A	calcaires crétacé du Dauphiné / Vercors	crét. inf.	250	variable			Fe	captif
19	220	PACA	calcaires urgoniens du Tricastin (discontinus)	crét. inf.	400 1000	200 400				captif
20	229	PACA	calcaires "urgoniens" du bassin d'Apt - Vaucluse	crét. inf.	500 1000	variable	peu		bonne	captif
21	221	PACA	sables, grès et calcaires crétacé du Comtat	crétacé	150 300	400 500				captif
22	222	PACA	calcaires urgoniens de Berre-Gardanne	crét. inf.	50 500	400 500	oui			captif
23	149	L-R	calcaires urgoniens du synclinal de Gardannanque	crét. inf.	20 500	100 400	irrigation		bonne	
24	204a	IdF	sables verts de l'ailien d'île de France	crét. inf.	200 700	30 45	oui		Fer	captif
	204a	CEN	sables verts de l'ailien du Centre	crét. inf.	10 600	0 35	oui		dure	captif
	213	BOU	sables de l'ailien de Bourgogne	crétacé inf.	50 600		oui			captif
25	204 b	PIC	sables du néocomien	barrémien-hauterivien	120 250	15 30	oui	non	salé vers NW: 0.5 -> 3g/l NaCl	captif
	204b	IdF	sables du néocomien d'île de France	barrémien-hauterivien	400 900	150			Fer	captif
26	144a	L-R	bassin calcaire de Quillan	crétacé inf.	50 >200	150 250			bonne	

Troisième sous-sol : systèmes aquifères du Jurassique

N° S.A.	Région	Dénomination	Géologie	Profondeur	Épaisseur	Exploitation	Modèle	Qualité	Observations		
27	206	N-PdC	jurassique sup. du Nord (calcaire karstifié)	kimmér. oxfordien	100 350	50		7g/l NaCl à Amiens	Bouonnais et sud-Picardie		
	206	CEN	jurassique sup. du Centre (calcaire karstifié)	kimméridg. lusiézien	0 1000	500		dure	captif		
	206	IdF	jurassique sup. (malm) d'Île de France (calcaire karstifié)	kimméridg. lusiézien	1200 1800	500		5 à 6g/l sulfatée	captif		
	206	Ch-A	jurassique sup. de Champagne (calcaire karstifié)	kimméridg. lusiézien	350 1300	500		dure	captif		
	206	BOU	calcaires du Barrois (jurassique sup. de Bourgogne)	malm	100 200	90			captif		
	206	LOR	calcaires tauraciens de Lorraine (jur. sup.)	oxfordien	50 200	50 150	peu		bonne	captif	
28	207	PIC	dogger de Picardie	bathonien bajocien	100 900	50 100			17g/l NaCl à Amiens	captif	
	207	IdF	dogger d'Île de France	callovien bathonien	1500 2000	300	géothermie	oui(1986)	20à30g/l	captif	
	207	PdL	dogger de la Sarthe	jurass. moy.	100 200			oui	salée vers l'Est	captif	
	207	CEN	dogger du Berry	callovien bathonien	100 250	100				captif	
	207	P-Ch	dogger du Nord du seuil du Poitou	jurass. moy.	250 500			oui	oui 93	salée vers le Nord	captif
	207	Ch-A	dogger de Champagne	bath-callov.	600 1600	300				captif	
	207	LOR	dogger de Lorraine	bath-callov.	50 300	100 150	oui si peu profond		bonne	captif. Capte plus profond si jurass. sup. non-productif	
	207	BOU	dogger de Bourgogne	bath-callov.	80 300	90				captif	
29	217	AQUI	calcaires karstifiés du jurassique d'Aquitaine	malm+dogger	1000 2500	50 200	oui		bonne en 24 salée ailleurs	captif. Géothermie en Gironde	
30	145	L-R	synclinal des Fenouillèdes	Jur.+crét. infér.	20 >300	200 500	peu		bonne		
31	166	PACA	bassin de Beausset	jurassique	50 1000	200 400			variable/prof.		
32	706	PACA	bassin jurassique de Marseille-Aix	jurassique	50 300	200 300			variable/prof.		
33	223	PACA	calcaire jurassique de Valensole	jurass. sup.	100 >1000	200 300			variable/prof.	captif	
34	557c	L-R	calcaire jur. sup. du pli ouest de Montpellier	malm	50 >1000	100 500	peu	oui	v. observ.	T° locat. élevées	
35	224	PACA	karst profond de la moyenne Durance et calcaire jurassique d'Aix en Pce	jurassique	50 1500	500				captif	
36	143b	L-R	fossé calcaire de Montbazin-Glizean	jurassique	50 >300	300 1500	peu	oui	bonne		
37	208	Ch-A/LOR	calcaires et grès hétérogènes - sinémurien	lias	25		oui			captif	
38	147+148+218+607	RH-A	calcaires du sud-est de l'Ardèche	lias	130 300						
39	232	AQUI	dolomies et grès du lias d'Aquitaine	lias - intralias	50 >2000	100 200			bonne	captif	
40	241	P-Ch	calcaires de l'intra-toarcien du sud-Poitou	lias	100 500	50 100	oui		salée à partir de 300m	captif Salée en profondeur => géothermie	
41	138b +139ab	L-R	calcaires et dolomies karstifiés des causses Sauvet, Méjean, Noir	lias inf.	100 >500	100 200	peu et par sources		bonne	libres et vulnérables	

Quatrième sous-sol : systèmes aquifères du Trias et du Primaire

N° S.A.	Région	Dénomination	Géologie	Profondeur	Épaisseur	Exploitation	Modèle	Qualité	Observations	
42	210	LOR	grès du trias inférieur de Lorraine	trias+ muschelkalk	10 >800	50 500	oui	oui	salée vers l'ouest à prof. >800m	captif
	211	FR-C	grès du trias inférieur du sud du BP	trias inf.		200 500	oui		salée vers NW	captif
43	705	PACA	bassin de Brignoles	jur. inf. + trias	200 900	100 200				
44	202	N-PdC	calcaires fissurés carbonifères du Nord	dinantien	50 1000	85	intense au N de Lille	oui	> 2 g/l au sud de Lille	captif
45	227	L-R	calcaires primaires du Judois	cambrien	10 >500	100 300	géothermie		T° élevée	

Source : BRGM Thématique Eau

Au premier sous-sol, quasiment tous les étages du Tertiaire sont représentés par des systèmes « les moins profonds des profonds » :

— *Pliocène multicouche du Roussillon, Miocène du Languedoc* mais aussi de Beauce, de Sologne et d'Aquitaine, pouvant atteindre 250 m de profondeur et très exploités ;

— *sables et molasse miocène de Bourgogne, de Bresse et du Comtat* jusqu'à 300 à 400 m de profondeur, assez peu exploités ;

— *calcaires et grès sableux oligocènes* (jusqu'à 600 m) et *éocènes* (à plus de 1 000 m) *d'Aquitaine*, en continuité avec *l'inframolassique de Midi-Pyrénées* (jusqu'à 800 m), tous assez fortement sollicités pour l'AEP — près de 160 Mm³/an — et relativement bien connus ;

— plusieurs bassins bien circonscrits du Languedoc-Roussillon offrent des réservoirs éocènes jusqu'à 500 m de profondeur et très peu exploités (Castelnaudary, Minerve, Carcassonne, Corbières...);

— enfin, à la base de ce premier sous-sol, il faut citer le *dano-paléocène d'Aquitaine*, puissant, pouvant dépasser les 2 000 m de profondeur mais peu exploité, d'autant que la qualité de l'eau y est aléatoire.

Au deuxième sous-sol, le Crétacé supérieur est représenté par différents faciès :

— *la craie de Sologne* (jusqu'à 300 m) et sables cénomaniens de Touraine : jusqu'à 300 m et très exploités ;

— les puissantes et profondes séries d'Aquitaine, des *calcaires et dolomies du Maestrichtien* aux sables cénomaniens et calcaires qui, avec des épaisseurs de 200 à 400 m peuvent dépasser 1 000 m de profondeur pour les premiers, et 2 400 m pour les seconds.

Deux formations sont datées du Crétacé inférieur :

— *les calcaires massifs « urgoniens » du Sud-Est* (couloir rhodanien et Provence), compte tenu d'une tectonique préalpine très intense, peuvent constituer des réservoirs puissants (quelques centaines de mètres), de profondeurs variables allant de 100 à plus de 1 000 m de profondeur (dans le Tricastin). Ils peuvent être localement exploités et parfois connus en tant que gisements thermo-minéraux (ex. : Gréoux-les-Bains) ;

— la vaste et célèbre formation aquifère des *sables de l'Albien* dont l'extension va du Nord-Ouest du Bassin parisien à la Bourgogne en passant par l'Île de France où ils sont bien connus et parfois exploités, et la région Centre. Leur profondeur maximale est de 600 à 700 m et leur salinité augmente vers le Nord-Ouest, pouvant passer de 0,5 à 3 g/l de NaCl. Ils surmontent les sables du Néocomien en Île de France.

Au troisième sous-sol, règnent les puissants calcaires du Jurassique, parfois karstifiés en tête de séries (malm). On distingue encore une fois les petits systèmes compartimentés et isolés du Sud-Est, des grandes formations des bassins parisiens et aquitains.

— Concernant ces derniers, il s'agit :

- d'une part des *calcaires du Jurassique supérieur ou malm*, plus précisément kimmeridgiens (*lusitaniens* d'Île de France et du Centre, *oxfordiens* moyen et supérieur du Nord, *rauraciens* de l'Est...) : ils affleurent au pourtour du bassin (Lorraine, région Centre et Ouest du Bassin) mais dépassent 1 000 m de profondeur dans le Centre, la Champagne et l'Île de France (1 200 à 1 800 m). Dans ces régions, ils sont également les plus puissants (de l'ordre de 500 m). Leur salinité dépasse généralement les 5 g/l (7 g/l de NaCl à Amiens) ;

- d'autre part des calcaires du *Jurassique moyen ou Dogger*, plus précisément calloviens, bathoniens, bajociens. Ils s'étendent eux aussi de la Picardie au Nord du Seuil du Poitou, à la Lorraine et à la Bourgogne. Leur profondeur minimale d'accès va d'une centaine de mètres à 600 en Champagne et 1 500 en Île de France, où on les trouve encore à 2 000 m pour des exploitations géothermiques. Cet aquifère offre localement des débits de plus de 250 m³/h à

80 °C de température... L'eau est très salée, chlorurée sodique ;

- on retrouve cette puissante série de calcaires aquifères fissurés dans le Bassin aquitain, entre 1 000 et 2 500 m de profondeur. Exploités en Dordogne pour l'AEP, ils n'ont plus qu'un usage géothermique en Gironde.

— Concernant les systèmes compartimentés du Sud-Est, jurassique supérieur et moyen, ils correspondent à de petits *bassins en Provence* (Beausset, Allauch, Durance, Valensole) ou en *Languedoc* (Montpellier, Gigean...). Il donnent lieu localement à du thermalisme (Digne, Aix-en-Provence).

A la base de troisième sous-sol, des systèmes aquifères du Lias sont identifiés au Nord de la *Champagne et de Lorraine* (calcaires et grès hettangien-Sinémurien), dans le Sud-Est de l'Ardèche, les Causses, et bien sûr dans le Bassin aquitain (grès et dolomies) jusqu'à plus de 2 000 m de profondeur. L'infratoarcien du sud du Seuil du Poitou est certainement un aquifère prometteur de 100 à 500 m de profondeur.

Au quatrième sous-sol, on trouve deux types de formation :

— *les formations gréseuses du Trias*, avec les grès du Trias inférieur de Lorraine, des Vosges et du Sud du Bassin parisien. S'ils affleurent sur le flanc ouest des Vosges, ces grès plongent très vite. Au droit de Nancy, ils atteignent 800 m de profondeur et deviennent trop salés vers l'Ouest pour être exploitables. Au Sud du Bassin parisien, ils sont aussi puissants (jusqu'à plusieurs centaines de mètres) mais deviennent salés vers le Nord-Ouest.

— *les formations calcaires fissurées du Primaire* essentiellement représentées dans le Nord : calcaire carbonifère peu profond en Belgique et s'approfondissant vers l'Ouest, en France, jusqu'à environ 1 000 m. Ils sont bien exploités au Nord de Lille, tandis que leur salinité augmente vers le Sud.

Enfin, au Sud de la France, les calcaires cambriens du Lodévois (Haut Languedoc) sont exploités pour la géothermie, à plusieurs centaines de mètres de profondeur.

III ■ POUR UNE GESTION ADAPTÉE AUX SPÉCIFICITÉS DES GISEMENTS D'EAU PROFONDE

La nature même des gisements profonds d'eau souterraine, leur contexte, leurs caractéristiques physiques et les propriétés physico-chimiques de l'eau imposent des contraintes particulières de gestion de cette ressource en eau.

Eles seront largement évoquées tout au long des exposés qui suivront, qu'ils soient relatifs aux techniques et méthodes d'étude, aux aspects quantitatifs, qualitatifs de leur utilisation, voire aux aspects réglementaires.

On se limitera donc à ne rappeler que les principales de ces caractéristiques et leur implication en matière d'exploitation et de gestion de l'eau.

- **Les grandes profondeurs d'accès** imposent des conditions techniques de foration particulières. Initialement issues des techniques pétrolières, on assiste depuis peu à l'adaptation de techniques jusqu'à présent limitées aux faibles profondeurs, telle la foration à l'air.

Quoiqu'il en soit les coûts restent élevés et imposent au maître d'ouvrage de minimiser les risques d'échecs, et donc d'éviter les objectifs restreints ou discontinus dans l'espace (compartimentés, karstifiés), sans études préalables adaptées au contexte et aux enjeux : les méthodes d'études existent.

Il est *a fortiori* encore exceptionnel que ces gisements soient dotés de piézomètres de suivi, sauf à utiliser à cet effet des ouvrages d'exploitation hors service, ou le cas échéant, des reconnaissances pétrolières. Il faut citer la

nappe infra-molassique de Midi-Pyrénées qui commence à être équipée de piézomètres spécifiques, mais aussi le suivi de l'albien en Ile-de-France. Il faut souligner l'intérêt qu'il y aurait à concevoir un suivi piézométrique de ces nappes profondes.

- **Les grandes profondeurs de gisement** peuvent conférer à l'eau souterraine des propriétés physico-chimiques positives ou négatives vis-à-vis des usages escomptés : minéralisation et température valorisée en thermalisme, température pour la valorisation géothermique, mais pouvant induire des propriétés corrosives, etc...

- **Les grandes épaisseurs de recouvrement** confèrent en principe aux gisements profonds une protection efficace contre les risques de pollution. Cependant, dans la mesure où ils affleurent (ce qui garantit leur alimentation) ils « prêtent le flanc » à des contaminations possibles et difficilement remédiables. Ces zones d'affleurement de formations devenant profondes doivent donc être impérativement protégées lorsqu'on attend de cette ressource un usage qualitativement contraignant tel que l'AEP.

(Exception : les systèmes profonds à nappes libres vulnérables, des plateaux calcaires karstiques des Causses).

Malgré leur protection naturelle, les nappes profondes ne sont pas à l'abri de contamination par des ouvrages permettant, volontairement ou non, leur communication avec des nappes superficielles de qualité dégradée (ex. : Beauce). On recommandera donc que les ouvrages captant les nappes profondes soient parfaitement isolés des autres systèmes sus-jacents.

Le recouvrement protecteur des nappes profondes associé à des structures adéquates les prédisposent à des stockages spécifiques tels le gaz naturel.

- **Nappe profonde et nappe captive**

La tentation est grande d'assimiler les concepts de profondeur et de captivité des systèmes aquifères. Il est vrai que plus un système est profond, plus il a de chances d'être mis en charge.

C'est effectivement ce qu'on observe fréquemment.

Exemple : calcaires de Beauce et de Sologne, libres à 60-100 m de profondeur au Nord de la Loire, et devenant captifs vers le Sud, en Sologne ; nappes du Jurassique et du Trias de Lorraine, etc...

Sur la cinquantaine de systèmes profonds identifiés au niveau national, le caractère indiscutablement captif dans leur zone d'exploitation principale est assuré pour une trentaine d'entre eux. Notons l'existence de systèmes profonds non captifs (notamment dans certains bassins péri-alpins) et de systèmes captifs non profonds (c'est-à-dire à moins de 200 m) : sables landéniens des Flandres, craie et sables thaniens du Nord du Bassin parisien, Dogger du Poitou...).

Le caractère captif facilite, bien sûr, l'exploitation en réduisant les hauteurs de refoulement par rapport aux profondeurs d'accès. Mais il garantit surtout au système une protection efficace contre des contaminations par des nappes superficielles. Il est donc souvent indispensable de veiller à maintenir cette charge (y compris en contrôlant son exploitation en zone périphérique à nappe libre). La piézométrie différentielle en est le moyen le plus efficace.

IV ■ DE LA MÉCONNAISSANCE À LA CONNAISSANCE DES GISEMENTS D'EAU PROFONDE

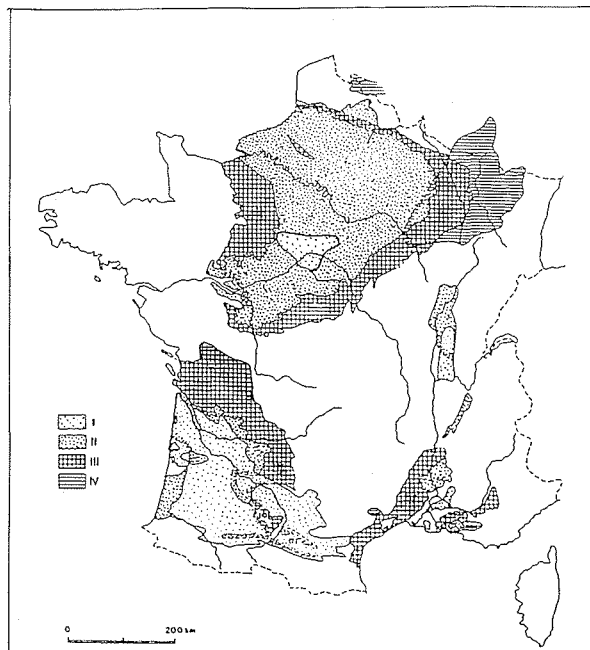
Ce qui caractérise avant tout les eaux profondes, c'est l'extrême variabilité de leur état de connaissance.

En principe, plus une ressource est profonde, moins elle est utilisée, et moins elle est utilisée, moins elle est connue ! En réalité il faut nuancer cette vision un peu réductrice.

La connaissance est effectivement essentiellement liée à l'exploitation. Très rares en effet sont, en France, les travaux spécifiquement dits « de reconnaissance hydrogéologique ». Quand bien même certaines études géophysiques ont lieu, c'est en vue de l'implantation d'ouvrage d'exploitation, c'est-à-dire financés par les exploitants. De telles études sont effectivement justement préconisées pour la recherche d'eau profonde en milieu discontinu (des Alpes du Sud par exemple) pour minimiser les risques d'échecs.

Remarquons que les « travaux de reconnaissance » sont plus couramment entrepris dans des pays à contexte de rareté de la ressource en eau, où des crédits publics peuvent leur être alloués (Afrique du Nord, Moyen Orient...). Ce cas est encore exceptionnel en France. Gageons qu'il le sera de moins en moins...

Autre exception à la règle : les reconnaissances pétrolières qui ont parfois contribué fortuitement à la connaissance des eaux profondes : exploitation de données géologiques, voire réutilisation de puits de reconnaissance. Fortuitement parce que tel n'était pas leur objectif initial ! Ainsi par exemple ils seront préférentiellement implantés sur des structures anticlinales alors que l'hydrogéologue préfère généralement les éviter...



2. Gisements d'eau profonde de France métropolitaine : extension des grands domaines géologiques susceptibles d'être aquifères.

- I 1^{er} sous-sol : systèmes aquifères profonds des formations du Tertiaire.
- II 2^e sous-sol : systèmes aquifères profonds des formations du Crétacé.
- III 3^e sous-sol : systèmes aquifères profonds des formations du Jurassique.
- IV 4^e sous-sol : systèmes aquifères profonds des formations du Trias et du Primaire.

Concernant l'identification, l'extension et la géométrie des gisements, les grandes nappes profondes des bassins parisien et aquitain sont mieux connues que les gisements plus com-

partimentés et discontinus structurellement et lithologiquement des zones de montagne, notamment du Jura aux Alpes et au Nord des Pyrénées. Toutefois ceci n'est pas toujours vrai sur le plan de la productivité : on observe encore des discontinuités surprenantes au niveau des productivités d'ouvrage captant des nappes profondes bien identifiées des grands bassins sédimentaires.

Par ailleurs, il est des nappes profondes paradoxalement mieux connues que certaines nappes superficielles sus-jacentes, parce que précisément plus exploitées que ces dernières. Malgré les coûts d'accès, l'eau y est en effet de qualité nettement meilleure, et conforme par exemple à l'usage AEP. C'est un cas de figure fréquent dans le bassin aquitain, où les nappes superficielles sont trop souvent rendues inaptes à un tel usage.

D'une manière plus générale, il faut malheureusement constater que le besoin de reconnaître et connaître les eaux profondes est minime dès lorsqu'une ressource superficielle, plus accessible, offre une alternative apparente. Toutefois au critère quantitatif devrait progressivement se substituer un critère qualitatif : les gisements profonds, bien mieux protégés de toute pollution diffuse, ponctuelle ou accidentelle, offrent un potentiel qualité encore largement sous-exploité. Dans la culture de l'exploitant, le traitement d'une eau superficielle visible apparaît encore trop souvent plus sécurisant que le captage d'une eau profonde de qualité, mais invi-

sible et réputée aléatoire, bien qu'économiquement plus avantageuse.

Ce n'est évidemment pas le cas des « exploitants spécifiquement d'eaux profondes » qui recherchent leurs propriétés minérales et thermiques en vue d'une valorisation économique (thermalisme, embouteillage, AEP sans alternative, géothermie). On peut en outre imaginer que se développera de plus en plus fréquemment une compétition économique et technique entre le traitement d'eau superficielle vulnérable et le captage de ressources protégées, notamment profondes. Encore faudra-t-il que les données du problème soient connues et que, pour commencer, **les gisements d'eau profonde soient mieux identifiés et caractérisés, surtout lorsque les ressources alternatives sont vulnérables et/ou menacées.**

L'avenir se situera donc autant sur le plan **technique** : hydrogéologie, foration, exhaure..., qu'**économique** : analyses comparées d'alternatives, et **relationnel** : sensibilisation et information des différents acteurs institutionnels et sociaux, des usagers potentiels. Le cadre prévu par la loi sur l'eau de 1992 s'y prête. Les SDAGE ont souligné à la fois l'intérêt et la méconnaissance de ce potentiel.

Il reste donc à trouver les moyens de remédier à cette inadéquation, avec une prise de conscience politique de cette nécessité, dès maintenant, c'est-à-dire avant que ne se multiplient les situations d'urgence.

Alors un jour s'apercevra-t-on peut-être que les nappes profondes ne sont pas si profondes que cela...