



**LES PUBLICATIONS DE
L'ACADÉMIE DU ROYAUME DU MAROC**

**VADE-MECUM
DE L'INGÉNIEUR-HYDROLOGUE**

Robert P. AMBROGGI
Membre de l'Académie

Rabat, 2006

ACADÉMIE DU ROYAUME DU MAROC

Secrétaire perpétuel : Abdellatif Berbich
Chancelier : Abdellatif Benabdeljelil
Directeur des séances : Idriss Alaoui Abdellaoui
Directeur scientifique : Ahmed Ramzi

Adresse : Charia Imam Malik, Km. 11, B.P. 5062
Code postal 10.100 - Rabat, Maroc

Téléphones : 037 75 51 13 / 75 51 24 et 037 75 51 35 / 75 52 00
Fax : 037 75 51 01 et 037 75 51 89

Dépôt légal : 2007/0249

ISBN : 9981-46-051-6

PHOTOCOMPOSITION : ACADEMIE DU ROYAUME DU MAROC
IMPRESSION : IMP. EL MAARIF AL JADIDA - RABAT

2006

PRÉFACE

Un carnet à feuilles mobiles corroyées sous couverture noire, accompagna une vie professionnelle, entamée au Maroc, le premier avril 1942. Il consignera toute observation originale d'un novice en hydrologie. A l'époque, l'indigence de cette science l'incita à noter les données utiles recueillies en cours de labeur ; car la plupart d'entre elles équivalaient à une découverte. Ce carnet aide-mémoire, gardé discrètement sur soi, servirait de vade-mecum et de conseiller personnel jusqu'en 2004. Ses données, ainsi personnalisées, confortaient la réputation de l'auteur.

Quand les Nations-Unies, par le truchement du Programme des Nations-Unies pour le Développement (PNUD), lui confièrent, en 1961, la supervision de l'hydrologie des 40 pays en développement, devenus 90 en 1979, le carnet des données utiles prit de l'importance. Il devint un vade-mecum international, édité par ordinateur en document personnel unique, sous le titre "*Eau, énergie, pensées et divers*".

Au crépuscule de sa vie, l'auteur le lègue avec plaisir au pays, le Maroc, qui l'avait accueilli si chaleureusement dans le domaine de l'eau. Il constitue ainsi le dernier de cinq ouvrages établis au début du XXI^e siècle : "*Les Mémoires d'un hydrologue du XX^e siècle*", les

“Histoires d’eau” les plus célèbres, “L’Atlantide revisitée par la science de l’an 2000”, “L’apport arabe à la civilisation de l’eau et à la renaissance européenne”.

Mais, pour l’impression, et l’édition, la présentation en double langues mélangées au hasard introduirait plutôt de la confusion et y perdrait en logique cartésienne. Afin d’y gagner en vérité et réalisme, comme document établi au jour le jour, au contact permanent de l’évènement, *“Vade-Mecum”* est présenté exclusivement en version française. L’approche encyclopédique est prise également en considération. En fin d’ouvrage, une table détaillée des matières permettra au lecteur de trouver l’argument désiré.

Ainsi, le transfert au grand public s’est accompli sans grandes retouches établi comme au temps de sa conception, son authenticité lui est entièrement conservée.

Robert P. Ambroggi

l’an 2006

NOTRE PLANÈTE

Étendue

		km ²	(sq.mi.) x1.000	%	
Terre	:	148.940.540	(57.506)	29.2	Continents
Eau	:	361.134.060	(139.434)	70.8	Océans, Mers, Lacs
		510.074.600	(196.940)	100	

Terre

Continents

Asie	:	43.998.920	(16.988)	29.5	3.550.000.000
Afrique	:	29.800.540	(11.506)	20.0	853.000.000
N. Amerique	:	24.320.100	(9.390)	16.3	299.000.000
S. Amerique	:	17.599.050	(6.795)	11.8	566.000.000
Europe	:	9.699.550	(3.745)	6.5	822.000.000
Australie	:	7.705.250	(2.975)	5.2	18.000.000
Antarctique	:	14.245.000	(5.500)	9.6	-
Oceanie	:	1.572.130	(607)	0.1	12.000.000
		148.940.540	(57.506)	100	6.119.000.000

Grandes îles*

Groenland	:	2.175.600	(840)
N. elle Guinée	:	821.030	(317)
Bornéo	:	743.330	(287)
Madagascar	:	595.700	(230)
Baffin	:	476.560	(184)
Sumatra	:	473.970	(183)
Honshu	:	227.920	(88)
Grande Bretagne	:	217.560	(84)
Ellesmere	:	212.380	(82)
Victoria	:	212.380	(82)

* étendue déjà incluse dans les continents.

Continents et Population



Fig. 1 Régions habitées des continents. (en grisé)
(Sahara occidental incorporé avec le Maroc)

Continents (M km²)

	habitable		inhabitable		total	
	cultivé	semi-désert	désert	autres *	surface	%
Asie **	21.4	4.7	14.2	3.7	44	29.3
Afrique	13.8	2.6	8.1	5.5	30	20.0
N. Amerique	7.9	0.8	2.3	14.0	25	16.7
S. Amerique	8.0	1.0	2.9	6.1	18	12.0
Europe	5.5	0	0	4.5	10	6.7
Australie	3.4	0.9	2.5	1.2	8	5.3
Antarctique	0	0	0	15.0	15	10.0
	60.0	10.0	30.0	50.0	150	0100

* forêts : 26 (dont tropicales : 14 et toundra : 12 (a)) ; montagnes : 9 ; glaciers ; 15. Avec les 30 de désert, le total habitable = 80. (a) un million d'habitants y vivent.

** y compris la Russie.

1 - L'eau

Volume	Superficie km ²	Volume km ³	Stoké (sq.mi) x 1.000	Superficie %
Océans				
Pacifique	: 165.242.000	640.000.000	(63.800)	45.8
Atlantique	: 82.739.700	320.000.000	(31.830)	22.8
Indien	: 73.452.400	285.000.000	(28.360)	20.3
Arctique	: 14.089.600	55.000.000	(5.440)	3.9
	335.523.700	1.300.000.000	129.430	92.8
Mers principales				
Chine du Sud	: 3.367.000	3.600.000	(1.300)	
Caraïbes	: 2.754.000	6.900.000	(1.063)	
Méditerranée	: 2.503.900	3.700.000	(967)	
Béring	: 2.268.200	3.300.000	(876)	
Golfe Mexique	: 1.543.000	2.300.000	(596)	
Mer d'Okhotsk	: 1.527.600	1.300.000	(590)	
Baie d'Hudson	: 1.232.300	200.000	(476)	
Mer du Japon	: 1.007.700	1.400.000	(389)	
Mer d'Andama	: 797.600	700.000	(308)	
Mer du Nord	: 575.300	100.000	(222)	
Mer Noire	: 462.000	500.000	(178)	
Mer Rouge	: 437.900	200.000	(169)	
Mer Baltique	: 422.300	100.000	(163)	
	18.898.800	24.300.000	(7.297)	5.2
Les plus grands lacs				
Mer Caspienne	: 371.795	70.000	(144)	
Lac Supérieur	: 82.362		(32)	
Victoria	: 69.485		(27)	
Mer d'Aral	: 65.527	4.000	(25)	
Huron	: 59.570		(23)	
Michigan	: 58.016		(22)	
Tanganyika	: 32.893		(13)	
Grand Ours	: 31.792		(12)	
Baykal	: 30.510		(12)	
Nyasa	: 29.603		(11)	
	831.553		(321)	0.2

2 - Stokage mondial de l'eau (km³)

A. Estimation Décennie Hydrologique 1971

Paramètres	Volume (km ³)	Profondeur Equi..*	Durée moy.. de résidence
Eau Atmosphérique	13.000	25 mm	8-10 jours
Océans + mers	1.370.000.000	2.5 km	4.000 ans (1)
Lacs+réservoirs	25.000	250 mm	
Cours d'eau	1.700	3 mm	2 semaines
Marais	3.600	7 mm	quelques ans
Eau Biologique.	700	1 mm	1 semaine
Humidité sol			
+zone non saturée	65.000	130 mm	2 semaines à 1 an
Eau souterraine	4 à 60.000.000	8-120 m	jours à années>10.000
Eau gelée	30.000.000		++ 10.000 y.
	1.404.209.000 (min.) à 1.460.209.000 (max)		

* calculé comme si le stokage était uniformément réparti sur l'entière surface des continents (149 M km²)

Source : UNESCO (1971)

B. Estimation USA 1963

Localisation	volume d'eau	% de l'eau totale
Lacs d'eau douce	126.000	0.0090
Lacs d'eau salée et mers intérieures	105.000	0.0080
Rivières et cours d'eau (moy.. en pouces)	1.260	0.0001
Humidité du sol + Eau sout.. près du sol	67.000	0.0050
Eau souterraine (dans le 1er demi-mille)	4.200.000	0.3100
Eau souterraine (profonde : >1.000 m)	4.200.000	0.3100
Eau liquide totale de la surface terrestre	8.699.260	0.6350
Eau Atmosphérique	13.000	0.0010
Calottes glacières et glaciers	29.400.000	2.1500
Océans	1.300.000.000	97.2000
	1.338.112.260	100

Source : Raymond L. NACE, U.S.G.S, 1963

C. Estimation URSS

Km ³	1974	1986	%
Océans	1.338.000.000	1302285600	96.5000
Eau souterraine	23.400.000	60775400]	1.7000
Humidité du sol	16.500	70000]	0.0010
glaciers + neige	24.064.000	20212400]	1.7400
glace du permafrost	300.000	300000	0.0220
lacs	176.000	]	0.0130
Marais	11.500	]	0.0008
cours d'eau	2.100	]	0.0002
Eau Biologique.	1.100	1120]*	0.0220
Eau Atmosphérique	12.900	1000000 (?)	0.0010
	1.385.985.000	1.386.000.000	100,0000
Eau douce du cycle	35.029.000		2.53

Source Russie 1974-1986

* 10 fois plus grand que la Baltique, 100.000 km³

D. L'eau du monde

Le cycle hydrologique mondial ne peut pas s'arrêter du fait que l'énergie solaire est inépuisable. Sur l'eau, précipitée en pluie ou neige sur les continents, un peu plus des deux-tiers retourne à l'atmosphère en vapeur d'eau par évaporation et transpiration des plantes. La vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère s'élève à moins d'un millième des eaux de la Terre.

97% de l'eau mondiale gît dans les océans.

Plus des deux-tiers 2/3 des réserves d'eau douce sont gelées dans les glaciers et, surtout, dans les calottes polaires. Si celle de l'Antarctique fondait, elle produirait assez d'eau pour alimenter toutes les rivières du monde durant 800 ans. Les continents sont parsemés de centaines de milliers de lacs qui contiennent cent fois plus d'eau douce que toutes les rivières et cours d'eau réunis.

L'immense réserve d'eau souterraine contenue dans les 600 premiers mètres de l'écorce terrestre représente 3.500 fois le volume d'eau coulant dans toutes les rivières.

La faible quantité d'eau douce disponible dans les rivières est variable dans le temps et dans l'espace. L'approche principale pour éliminer cette variation est le stockage. Le stockage naturel fourni par les roches et matériaux non consolidés, juste sous la surface du sol, excède de beaucoup les facilités du stockage de surface que l'homme a construit ou est capable de construire dans les pays les plus prospères.

Source: Article "*L'eau dans le monde*" par Luna B. Leopold, courrier UNESCO de July-August 1964.

E. Réservoirs de la planète

océans	1.350.000.000 km ³	* sur les continents :
continents	40.000.000 km ³ *	glace : 30.000.000 km ³
atmosphère	13.000 km ³	sout. : 8.400.000 km ³
		surf. : 200.000 km ³

Glace dans le monde

1. Etendue sur la planète (km²) : 15.260.000 km² 9 % des continents

Inlandsis :	14.800.000	Volume : 31.700.000 km ³
Régions polaires :	368.000	(Sa fonte élèverait le niveau
Latitudes moy. :	49.000	des océans de 60 m)
Latitudes basses :	43.000	

2. Qualificatifs des glaciers

Inlandsis antarctique	12.600.000 km ²	Tempérés	150.000 km ²
Inlandsis autre	1.726.000	Asie centrale	22.000
Pselces ?	1.500.000	Andins	5.300
Arctique secs	220.000	Himalayens	5.000
Arctiques humides	120.000	Péruviens	4.500
Croix sub-arctique	50.000	Sibériens	2.800
		Equatoriaux	160

3 - Le cycle hydrologique

A - Paramètres

Stockage	Flux *
Eau atmosphérique, A	Évaporation, E
Océans and Mers, O	(à partir de la terre boisée ou dénudée,
lacs and réservoirs, L	océans and autres pièces d'eau,
cours d'eau, C	neige et glace)
Marais, M	flux horizontal de vapeur, V
Eau biologique, B	Précipitation, P
Humidité du sol	Infiltration, I,
+ zone non saturée, H	percolation profonde
Eau souterraine, St	Recharge, R
Eau gélée (calottes glaciaires,	sous courant et débit,
glaciers, permafrost)	

* d'autres flux affectent le cycle hydrologique, tels que courants marins, flux de chaleur

B - Théorie du cycle hydrologique

La théorie du cycle hydrologique est basée sur deux assumptions conçues sur une base globale :

- le montant total de l'évapo-transpiration doit être égal au montant total des précipitations,
- le chargement annuel de stockage d'eau dans les couches supérieures de l'écorce terrestre est négligeable, et donc l'écoulement total annuel à partir des continents est la différence entre les précipitations sur et l'évaporation depuis les continents.

C - Flux du cycle hydrologique (en km³)

évaporation depuis les	océans	continents
précipitations sur les déficits	333.500	62.500
d'écoulement	<u>296.000</u>	<u>100.000</u>
	-37.500	+37.000

évaporation moyenne :	0.92 m (36.25 in.)	0.42 (16.55 in.)
précipitation moyenne :	0.82 m (32.25 in.)	0.67 (26.55 in.)

l'énergie solaire évapore annuellement :

depuis les océans	333.500 km ³	
depuis les continents	62.500 km ³	
	396.000 km³	Source : d'après Wust (1975)

D -Bilan des ressources d'eau continentale du monde(1) (en km³)

	Europe	Asie	Afrique	N.Amér.**	S.Amér.	Austr.***	Total
Surface(M. km ²)	9.8	44.0	30.3	20.7	17.8	8.7	131.3
Précip., P	7165	32690	20780	13910	29355	6405	110303
Écoulem. tot. R	3110	13190	4225	5960	10380	1965	38830
Souterrain, U	1065	3410	1465	1740	3740	465	11885
Surface, S	2045	9780	2760	4220	6640	1500	26945
Humidité, H	5120	22910	18020	9690	22715	4905	83360
Évaporat., E	4055	19500	16555	7950	18975	4440	71475
en mm							
Précip., P	734	743	686	670	1648	736	834
Écoulem. tot. R	319	310	139	287	583	226	294
Souterrain, U	109	77	48	84	210	54	90
Surface, S	210	222	91	203	373	172	204
Humidité, H	524	520	595	467	1275	564	630
Évaporat., E	415	443	547	383	1065	510	540
valeurs relatives							
U/R	34	26	35	32	36	24	31
U/H:(Ku)	0.21	0.15	0.08	0.18	0.16	0.10	0.14
R/P:(Kr)	0.43	0.40	0.23	0.31	0.35	0.31	0.36

(1) excluant Groenland, l'archipel Canadien et l'Antarctique (17,7 M km²)

* incluant Islande

** incluant l'Amérique Centrale mais non l'archipel Canadien(3.5 M km²)

*** incluant Tasmanie, Nouvelle Guinée et Nouvelle Zélande

P : précipitation; R : écoulem. total rivière; S : écoulem. surface (crue); H : Humidité totale sol;

Ku : coeff. du débit souter. dans les rivières; Kr : coeff. d'écoulement; Ke : coeff.

d'évaporation; U : débit souter. dans les rivières; E : évaporation

$$R = U + S \quad (1)$$

$$P = U + S + E \quad (2)$$

$$H = P - S = U + E \quad (3)$$

$$Ku = U / H \quad (4)$$

$$Ke = E / H \quad (5)$$

Source: M. I. Lvovitch (1971)

E - Écoulement stable (étiage) des rivières du Monde (en km³)

	d'origine souterraine	stabilisé par lacs	stabilisé par réservoirs*	total	% of du total écoulement
Europe	1065	60	200	1325	43
Asie	3410	35	560	4005	30
Afrique	1465	40	400	1905	45
N. Amérique	1740	150	490	2380	40
S. Amérique	3740	-	160	3900	38
Australie**	465	-	30	495	25
Total***	11885(85%)	285(2%)	1840(12%)	14010	36

* Estimations par Avakyan et Orchinnikova (1971)

** incluant Tasmanie, Nouvelle Guinée et Nouvelle Zélande

*** sans zones polaires

F - Recharge annuelle des ressources d'eau (en km³)

Europe	3.210	N. Amérique	8.200
Asie	14.410	S. Amérique	11.760
Afrique	4.570	Australie-Océanie	2.390
		Antarctique	2.310*
			46.850

* qui comprend :

- la formation des icebergs	1935
- le débit de base sous-glaciaire	310
- la fonte de la couverture glaciaire	50
- l'écoulement de la zone d'ablation	15

Indicateur mondial de l'eau

Estimation 1970 par continent

: $\frac{\text{écoulement régularisé}}{\text{population}} = (\text{m}^3 / \text{an} / \text{tête})$

1970	4.240	Europe	2.160
1975	3.900	Asie	2.170
2000	2.000	Afrique	6.250
2035	930	N. Amérique	8.100
2070	470	S. Amérique	24.000
		Australie	3.800

G - Bilan mondial de l'eau (mm)

Terre	précipitation	800
	évaporation	486
	flux	314
Océan	précipitation	1270
	évaporation	1400
	flux dans l'océan	130
Globe	précipitation	1130
	évaporation	1130

H - Écoulement total des rivières

	mm	km ³
Europe*	319	3.110
Asie	293	13.190
Afrique	139	4.225
N. Amérique	287	5.960
S. Amérique	585	10.380
Australie **	226	1.965
Groenland***	180	700
Antarctique	250	2.200
Total		41.730

* incluant l'Islande

** incluant Tasmanie, Nouvelle Guinée, Nouvelle Zélande

*** incluant l'archipel canadien

Source : d'après M. I. Lvovitch 1971

I - Écoulement des principales rivières

rang	nombre de rivières	surface drainage M km ²	débit annuel km ³	débit unitaire l/s/km ²
I	1	6.3	5.520	27.8
II	15	27.5	9.010	10.4
III	52	19.6	4.680	7.6
IV	133	7.2	1.540	6.8
V	103	1.4	130	2.8
	304	62.0	20.880	

Source : d'après R. L. Nace 1970

J - Estimation de l'écoulement des rivières par continent

	a	b*	c*	d
Asie :	27.2	8.2	3260	6750
Afrique :	30.3	9.6	1850	3850
N. Amérique** :	21.8	10.2	2230	4600
S. Amérique :	18.8	11.2	7360	10850
Europe :	4.9	1.8	520	1300
URSS :	22.4	13.5	2760	4600
Australie :	7.7	1.1	10	35
	132.1	55.6	17990	32000

a : surface totale (M km²) ; b* : principaux bassins de drainage (M km²) ; c* : principaux débits (km³) ; d : débit total estimé (km³)

* principaux bassins de drainage et débit des 69 rivières d'après "Quelques aspects internationaux du développement des ressources d'eau" par Roger Revelle, Peter Rogers and Harold Thomas, dans *International problems of science and technology*, U.S.State Dept., 1968.

** incluant l'Amérique Centrale

K - Cycle de l'eau

L'énergie solaire évapore :		
- à partir des océans :	350.000 km ³	
- à partir des continents :	70.000 km ³	
	420.000 km³	Évaporation annuelle : 1m

Une quantité égale forme les précipitations, dont 100.000 km³ sur les continents.

Production d'eau annuelle	
précipitation sur les continents	100.000 km ³
débit des fleuves	30.000 km ³
débit des 50 grands fleuves	18.500 km ³
débit des nappes aquifères	6.500 km ³

HYDROLOGIE

Classification des cartes hydrologiques

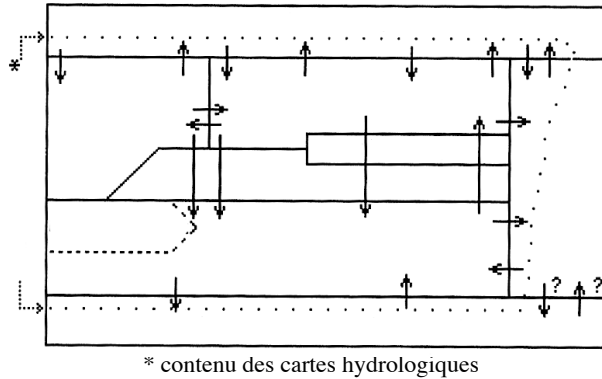


Fig. 2 : Diverses cartes

Eau dans l'avenir

L'hydrologie évolue en fonction des besoins. L'évolution hydrologique est affectée par 2 forces extérieures : Simulation + Investissement public.

Deux phases de gestion de l'eau (gestion de l'eau management) :

1. Stratégie de l'eau : fonction technique
2. Politique de l'eau : analyse économique

L'interaction des deux fonctions produit le *Plan de l'eau* qui devient la fonction finale comportant plusieurs propositions. La proposition sélectionnée sera le Plan Directeur de l'eau qui sera intégré dans le plan d'aménagement du territoire.

La meilleure utilisation de l'eau dans l'ordre chronologique :

- lutte contre la faim (jusqu'en 1980)
- conditions normales de vie (jusqu'en 2000)
- bénéfices par l'eau (après 2000)

Peut-on agir sur le cycle de l'eau ?

Oui pour l'eau de surface, jusqu'à un certain point : réservoirs.

Oui pour l'eau souterraine, jusqu'à un certain point : recharge artificielle.

Dans les deux cas : contrainte économique.

Pénuries d'eau 1975-2075 dans le monde

Nations et Territoires	menace de pénurie 1000-2000 m ³ /an/hab	pénurie latente 500-1000 m ³ /an/hab	pénurie chronique <500 m ³ /an/hab
	date d'entrée avant :	date d'entrée avant :	date d'entrée avant :
Afghanistan		2025	
Afrique du Sud		2000	2050
Algérie		2000	2025
Antigua-Barbade		1975	2025
Antilles Néerl.			1975
Arabie Saoudite			1975
Bahamas			1975
Bahreïn			1975
Bangladesh		2000	2050
Barbade			1975
Belgique		1975	
Bénin	2025		
Botswana			1975
Burkina Fasso		2000	2025
Bulgarie	2000		
Burundi		1975	2000
Canaries		1975	2050
Cap-Vert		2025	
Chypre		2075	
Comores		2000	2025
Corée du Nord	2050		
Corée du Sud		2025	
Côte d'Ivoire	2075		
Djibouti		2000	2025
Dominique		1975	2000
Égypte			1975
Émirats arabes Unis			1975
Éthiopie		2050	
Ghana		2075	
Grenade			1975
Guadeloupe		1975	2050
Haïti		2025	2050
Hong Kong			1975
Hongrie		1975	
Inde		2025	
Irak	2025		
Iran		2050	
Israël			1975
Jamaïque	2050		
Jordanie			1975
Kenya			2000
Koweït			1975
Lesotho			1975
Liban		2000	
Libye			1975
Luxembourg	2000	1975	
Madagascar		2075	
Malawi		2025	2050
Maldives		2000	2025
Mali	2075		
Malte			1975

Nations et Territoires	menace de pénurie 1000-2000 m ³ /an/hab	pénurie latente 500-1000 m ³ /an/hab	pénurie chronique <500 m ³ /an/hab
	date d'entrée avant :	date d'entrée avant:	date d'entrée avant:
Maroc	.....	2000	
Martinique	.....	.....	1975
Maurice	2000		
Mauritanie	.....	1975	2000
Mexique	2075		
Mozambique	2075		
Niger	2050		
Nigeria	.....	2025	
Oman	.....	1975	2000
Ouganda	.....	2025	2050
Pakistan	.....	1975	
Pays-Bas	.....	1975	
Pérou	.....	2025	2075
Pologne	1975		
Porto-Rico	.....	2000	2050
Qatar	.....	.....	1975
Répub.Dém.Allemande	2050	1975	
République Dominicaine	.....	2075	
Républ. Féd. Allemande	1975		
Roumanie	1975		
Rwanda	.....	1975	2000
Salvador	.....	2025	
Sénégal	.....	2025	2050
Singapour	.....	.....	1975
Soudan	.....	2000	2050
Sri Lanka	2025		
Surinam	.....	.....	1975
Swaziland	.....	1975	2000
Syrie	.....	.....	2000
Taiwan	2075		
Tanzanie	.....	2000	2025
Tchécoslovaquie	1975		
Thaïlande	2000		
Togo	.....	2050	
Trinité-Tobago	2075		
Tunisie	.....	1975	2000
Turquie	2025		
Vietnam	2025		
Yémen du Nord	.....	.....	1975
Yémen du Sud	.....	1975	2000
Zimbabwe	.....	2075	
	23 pays	48 pays	49 pays

1 - L'eau dans le monde

Le cycle hydrologique ne peut pas être arrêté tant que l'énergie solaire est inépuisable. Sur la quantité d'eau précipitée comme pluie ou neige sur les continents, plus des deux-tiers retournent à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau par évaporation et transpiration des plantes. La vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère s'élève à moins d'un millième de l'eau planétaire.

97% de l'eau du monde gît dans les océans.

Plus des deux-tiers des réserves d'eau douce sont congelés dans les glaciers, et surtout dans les calottes glaciaires. Si la calotte glaciaire de l'Antarctique fondait, elle produirait assez d'eau pour alimenter les rivières du monde durant huit cents ans. Les continents sont émaillés de centaines de milliers de lacs qui contiennent cent fois plus d'eau douce que toutes les rivières et cours d'eau du monde.

L'immense réserve d'eau souterraine contenue dans les six cents premiers mètres du sous-sol représente 3.500 fois le volume d'eau coulant dans les rivières du monde.

La petite quantité d'eau douce disponible (rivières) varie dans le temps et dans l'espace. Pour éliminer cette variabilité, l'approche principale réside dans le stockage. Le stockage naturel offert par les roches et les sédiments non consolidés présents juste au-dessous de la surface du sol excède de loin les facilités de stockage de surface construites ou à construire par l'homme dans les pays les plus développés.

*Source : Article "Water in the world" par Luna B. Leopold
dans le courrier UNESCO de juillet-Aout 1964.*

Propositions de recherche

1) écoulement de surface :

- intermédiaire : écoulement de sub-surface (rôle de la structure du sol, géologie)
- étiage : eau souterraine

2) fluctuation des cours d'eau et des lacs qui ont une influence prononcée sur l'eau souterraine voisine et vice-versa (relations de temps, d'espace et de volume).

3) changements intervenant dans la propriété des systèmes poreux quand l'eau s'y déplace vers l'intérieur ou l'extérieur. Changements chimiques (solution, dépôt) et changements physiques y compris le compactage et la subsidence résultante (1 m pour 10-25 m de différence de niveau piézométrique).

4) Situations hydrauliques intermédiaires d'une partie ou de tout le système aquifère par réseau d'écoulement, et modèles analogiques, mathématiques ou autres.

Débit solide écoulé

Chine (fleuves de)	: 50	grammes/litre	Les plus importants du monde.
Éthiopie, Soudan (Nil Bleu)	: 30-40	-	Climat tropical
Autres pays	: 2-10	-	C'est déjà important.

Évolution de l'hydrologie

L'hydrologie appliquée est affectée par deux grandes forces extérieures:

1. L'informatique comme outil dans la planification du développement des ressources d'eau. C'est un moyen remarquable d'organiser le savoir dans la banque humaine de la mémoire.

2. La décision d'investir lourdement dans la gestion de l'eau et de sa qualité.

Trois niveaux de développement en hydrologie appliquée durant la dernière décennie :

a. L'ordinateur résout les problèmes indentifiés longtemps auparavant et identifie de nouveaux problèmes importants.

b. L'horizon s'élargit et les différents groupes de l'hydrologie interfèrent. L'eau de surface et l'eau souterraine sont intégrées. En fin de compte, l'hydrologie appliquée devient des problèmes d'investissement du secteur public.

c. L'action interdisciplinaire s'accroît : météorologie, chimie de l'eau, biologie, sciences sociales et économiques particulièrement.

Auparavant, le progrès en hydrologie dépendait, à la fois, des essais contrôlés de laboratoire et de l'observation de terrain non contrôlée. Maintenant, il dépend de la simulation.

Simulation

a. La stratégie consiste à développer simultanément la fonction technique et l'analyse économique, c'est-à-dire à introduire une série d'optimisation dans les parties composant le modèle principal afin de déterminer les variables et les paramètres qui ont le plus important effet sur la fonction objective.

b. L'objectif de l'analyse du "modèle de décision" est d'identifier, à partir de plusieurs alternatives le schéma qui a la plus grande

efficience économique. Il y a une limite finale à la précision obtenue.

Modèle d'indécision pour petits bassins versants

Erreurs et incertitudes sont :

1. Dans l'analyse de l'écoulement,
2. Dans la fonction des changements relatifs au réseau d'écoulement par des travaux de contrôle avec bénéfices sociaux
3. Dans l'estimation des coûts de construction, d'entretien et d'opération,
4. Aucune certitude, au moment de planifier le projet, sur les bénéfices à attendre durant la vie utile des structures.

Source : Extrait des "*Modèles d'écoulement des petits bassins versants*"
par Harold A. Thomas, Jr.

Bassins hydrographiques des continents

On pourrait diviser les continents de la planète en trois sortes de bassins hydrographiques

- ... exoréique : 72%
- ... endoréïques : 12 %
- ... aréïques : 17 %

Vitesse d'écoulement de l'eau souterraine

Débit unitaire : $Q = ki H$

k : perméabilité ; i : gradient hydraulique ; H : puissance de la nappe aquifère

Par exemple, si :

$$k = 3.10^{-2} \text{ m/s} ; i = 0,01 ; H = 12 \text{ m}$$

$$q = 3.10^{-2} \times 12 \times 0,01 = 0,0036 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vitesse apparente : $v = ki = Q/S$ Q : débit en m^3/s S : aire filtrante en m^2

$$\text{ex : } Q = 180 \text{ m}^3/\text{h} = 0,05 \text{ m}^3/\text{s} ; S = 200 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0,05}{200} = 0,00025 = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Vitesse réelle moyenne : $v_m = Q/Sm = ki/m$ m : porosité totale

$$\text{ex : } m = 40\% ; S = 200 \text{ m}^2$$

$$v_m = \frac{0,05}{200 \times 0,4} = 0,000625 = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Vitesse réelle effective : $v_e = Q/Sme = ki/me$ me : porosité efficace

$$\text{ex : } Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s} ; me = 10\% ; S = 200 \text{ m}^2$$

$$v_e = \frac{0,05}{200 \times 0,1} = 0,0025 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$$

Quelques Vitesses d'écoulement de l'eau souterraine

sable fin	(0,02 mm)	: 16,18 m/an	Dunes d'Haarlem : 4 à 5,5 m/an
sable moyen	(0,4 mm)	: 65,70 m/an	
sable gros	(0,8 mm)	: 257,80 m/an	
gravier	(2,0 mm)	: 1635,00 m/an	Vallée du Rhin : 1.080-2.800 m/an)

2 - Eau par Pays

Bilan moyen à long terme sur le territoire de l'URSS

Bassins	Surfaces x 1000 km ²	éléments du bilan en km ³				Eau sout.%		
		Précip.	Écoulement			Evap.	riv.	gén.
			total	surf.	base			
Mers Blanche+Barents	1170	834	399	321	77.8	435	19	9
mer Baltique	653	500	169	131	37.6	331	20	8
mer Noire + d'Azov	1322	875	152	100	52.1	723	34	6
mer Caspienne	2832	1411	290	193	96.6	1121	33	7
Kara mer	6251	3350	1283	995	288.0	2267	22	8
Laptev, E.Siberien + Chukotsk	5048	2135	1083	901	137.0	1097	13	6
Béring, Okhotsk + Japon	2549	1736	789	597	192.0	974	24	11
Régions fermées d'Asie centr.+Karakst.	2188	653	88(2)	-	57.3(3)	565	2	-
	22013(1)	11694	4208(2)	3238	939(4)	7486(6)	167	55

1) sans les îles de l'Océan Arctique et usage consommateur en zone aride (150 km³)

2) sans les pertes par évap. infiltr., et usage non consommateur en zone aride (150 km³)

3) pour la part montagneuse du territoire sur une surface de 591.000 km²

4) sans l'écoulement souterrain en zone aride égal à 80 km³ (total URSS : 1019)

5) écoulement souterrain total (1019 km³) égal à 23,4% des resso. d'eau d'URSS (4358 km³)

6) y compris écoulement souterrain profond, non drainé par le réseau hydrographique.

Source : par B.I.Kudelin, I.S.Zektser and OV. Popov, 1970

bilan d'eau en URSS (en km³)

Précipitation	11.694	
Cours d'eau	4.358	
Écoulement souterrain	1.019*	
(y compris étiage)	.939	
Écoulement superficiel	3.339	Écoulement 40%
Évapotranspiration	7.336**	Évaporation 60 %

Source : par B.I.Kudelin, I.S.Zektser and OV. Popov, 1970

* 280 dans la partie européenne

739 dans la partie asiatique

** y compris la percolation profonde (courant souterrain profond)

Bilan d'eau moyen en Espagne péninsulaire

Bassins	Surfaces x 1000 km ²	Eléments du bilan en km ³				Eau sout.%		
		Précip.	Écoulement			Evap.	riv.	gén.
			total	surf.	base			
Nord	53.8	79.8	37.5	33.0	4.5	23.3	12.0	5.6
Duero	79.0	48.5	13.2	10.2	3.0	26.5	22.7	6.2
Tage	55.8	33.7	8.9	7.4	1.5	17.8	16.8	4.4
Guadiana	59.9	33.6	4.9	4.4	0.5	18.8	10.2	1.5
Guadalquivir	63.1	36.7	7.3	5.5	1.8	18.1	24.6	4.9
Sud	18.4	10.0	2.2	1.9	0.3	5.1	13.6	3.0
Segura	8.6	7.0	0.9	0.5	0.4	5.3	44.4	5.7
Jucar	42.9	22.3	3.0	2.2	0.8	15.4	26.6	3.6
Ebre	85.6	53.8	17.4	13.9	3.5	31.0	20.1	6.5
Pyr. Orient	16.5	12.3	1.7	1.1	0.6	8.7	35.3	4.9
	493.6	337.7	97.0	80.1	16.9	170.0	22.6	4.6

Bilan d'eau moyen en Espagne péninsulaire en (km³)

Précipitation, P	337.7
Écoulement total, R	97.0
Écoulement souterrain, U	20.2
y compris étiage :	16.9
+ flux à la mer	3.3
Écoulement Superficiel, S	80.1
Évapotranspiration, E	240.0
y compris humidité	70.0
Capacité des réservoirs (1967)	24.2
Régularisé par réservoirs	37.5
Estimation de la réserve souterraine (75 m)	270.0
Eau régularisée par réservoirs de surface	39%
Eau régularisée par réservoirs souterrains	17%
approvisionnement d'eau (1967)	2.5
approvisionnement d'eau (2000)	7.0
eau d'irrigation (1967)	15.0
eau d'irrigation (2000)	35.0
Irrigué (1967)	1.625.000 ha
Irriguée (2000)	3.800.000 ha

Source : par *Rafaël Heras*, 1967.

Stratégie de la gestion américaine de l'eau

Règle d'or : aménagement intégré d'un fleuve

En deux siècles : \$ 200.000 M (1960) dépensés en aménagement hydraulique.

La quantité peut être aménagée avec difficulté. La qualité est moins probable.

Stratégie = combinaison distinctive du but, des moyens et des critères de décisions.

Buts et moyens ne doivent pas être considérés comme fixes.

1. Pour les buts et moyens, trois caractéristiques fondamentales :

1. Distinction entre but simple ou multiple,
2. Distinction entre une série de moyens uniques : technique de construction, contrôle des plantations, règles cadastrales, examen d'une gamme plus vaste de techniques possibles,
3. Agences de gestion publiques et privées.

2. Les critères de décisions sont variés :

1. Traditionnelle approche le l'ingénieur (avant 1955) :
efficacité de l'utilisation de l'eau, sol, béton, acier.
Critères essentiels : sécurité, fonctionnalité, durée, économie.
2. Le critère 1 est modifié par l'analyse économique (après 1955) :
méthode d'optimisation dans l'allocation des ressources.
3. Approche des sociologues : examen de l'organisation communautaire, formation et soutien des agences de gestion.

En fin de compte, les facteurs principaux sont :

gamme de choix, ressource eau, technologie, efficacité économique, liaison dans l'espace. Chaque facteur étant influencé par l'instabilité sociale.

3. Six types de stratégie :

1. Construction privée à but unique, par ex. hydro-électrique, irrigation, drainage, alimentation en eau d'une ferme.
2. Construction publique à but unique, par ex. navigation, alimentation en eau d'une ville, irrigation, drainage.
3. Construction publique à but multiple, par ex. barrage.
4. Action à but unique par agence publique en utilisant des moyens multiples, par ex. réduction des pertes par inondations.
5. Introduction de la recherche comme outil de gestion consciente, par ex. modification du climat, déminéralisation.
6. Combinaison de buts multiples et de moyens multiples, y compris la recherche.

Pour chaque stratégie, trois questions :

- Comment sont faites les décisions et qui fait quels choix ?
- Quel effet sur le bien-être public ?
- Quel effet sur l'environnement naturel ?

4. Onze buts :

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------|
| 1. Navigation | 7. Alimentation individuelle |
| 2. Contrôle des crues | 8. Loissirs |
| 3. Hydroélectricité | 9. Réserves d'animaux |
| 4. Irrigation | 10. Contrôle de l'étiage |
| 5. Alimentation en eau domestique | 11. Conservation des sols |
| 6. Assainissement | |

Intégration régionale

Projection linéaire des besoins et ressources limitées entrent en conflit à un certain point. La réaction simpliste est de réduire l'usage ou de trouver de nouvelles ressources.

En fait, il faut s'adresser à :

1. l'eau souterraine :

- a) Prendre sur les réserves pendant des périodes déterminées
- b) Recharger en hiver les réservoirs voisins des rivières
- c) Décider d'entamer profondément les réserves

2. Réutilisation des eaux usées :

Assainissement des grandes villes, recyclage industriel.

Comme l'eau peut être réutilisée, un excédent d'utilisation brute par rapport à la fourniture n'est pas un indicateur automatique d'un déficit.

3. Eau de surface complémentaire à régulariser

4. Toute autre technologie possible.

Le résultat est donc une série de projections de la demande en fonction des différentes hypothèses d'emploi de technologie variée par les différents secteurs de population et une autre série d'évaluations de possibles méthodes accroissant la ressource.

Aquifère de l'Ogallala (Hautes Plaines USA)

	Usage de l'eau (km ³ /an)				Stockage km ³				Surface irriguée x1000 ha			
	1977	2020	diff.	%	1977	2020	diff.	%	1977	2020	diff.	%
Colorado	1,4	0,8	-0,6	43	98	48	-50	51	231	136	-95	41
Kansas	4,0	1,0	-3	75	304	228	-76	25	890	240	-650	73
Nebraska	9,7	18,2	+8,5	89	2900	2450	-467	16	1123	3863	2740	144
New Mexico	1,2	0,7	-0,5	42	2929	12	-17	60	179	100	-79	44
Oklahoma	0,8	1,0	+0,2	22	73	35	-38	52	158	180	+22	14
Texas	10,2	4,0	-6,2	61	350	108	-242	68	2453	2035	-417	17
	<u>27,3</u>	<u>25,7</u>			<u>3754</u>	<u>2880</u>			<u>5034</u>	<u>6554</u>		

L'aquifère de l'Ogallala (Moyen Occident) fournit l'eau d'irrigation à 5,8 M ha, pompée par 170.000 puits. Un volume d'eau de 29.6 km³/an est soutiré de l'aquifère alors que la réalimentation naturelle n'est que 3,7 km³/an.

Coût de l'eau aux USA

\$ 0,19/m³ = coût de production de grandes usines de dessalement (1971)

\$ 0,03/m³ = objectif de prix fédéral US pour l'eau d'irrigation produite par dessalement (1969)

\$ 0,03/m³ = coût de production de l'eau de surface (1968)

\$ 0,008/m³ = coût de production de l'eau souterraine d'un grand puits d'eau de qualité (1969)

\$ 0,002/m³ = eau d'iceberg délivrée en glace à l'Australie (7000 km) ou au désert d'Atacama, au Chili (9000 km).

Coûts comparatifs d'énergie (US cents par kWh)

Énergie solaire (voltaïque)	48
Force du vent	18
Fuel thermal	5 - 10
Charbon/pétrole thermal	3,5 - 5
Nucléaire thermal	4 - 6
Petite hydroélectricité	2 - 6

Méthodes américaines d'alimentation du bétail

1,35 kg grain pour produire 0,45 kg de volaille

2,25 kg grain pour produire 0,45 kg de porc.

4,50 kg grain pour produire 0,45 kg de bœuf

Pourcentage de perte de protéine dans l'alimentation du bétail

9 kg pour 0,45 kg de protéine de bœuf ou de veau

3,6 kg pour 0,45 kg de protéine de porc

1,35-2,7 kg pour 0,45 kg de protéine de volaille, lait et œufs.

Prélèvements d'eau dans les USA

Presque tous les prélèvements d'eau se répartissent en quatre catégories de base.

Usage	Prélèvement (mauvais)	Pourcentage du total
Public	29,0	6,9
Rural	4,9	1,2
Irrigation	140,0	33,6
Industriel	241,5	58,0

Les prélèvements d'eau proviennent des sources suivantes :

Source	Prélèvement (mauvais)	Pourcentage du total
eau souterraine douce	82,0	20,0
eau souterraine	1,0	0,2
eau de surface douce	260,0	63,4
eau de surface salée	66,0	16,1
eau d'égout traitée	0,5	0,1

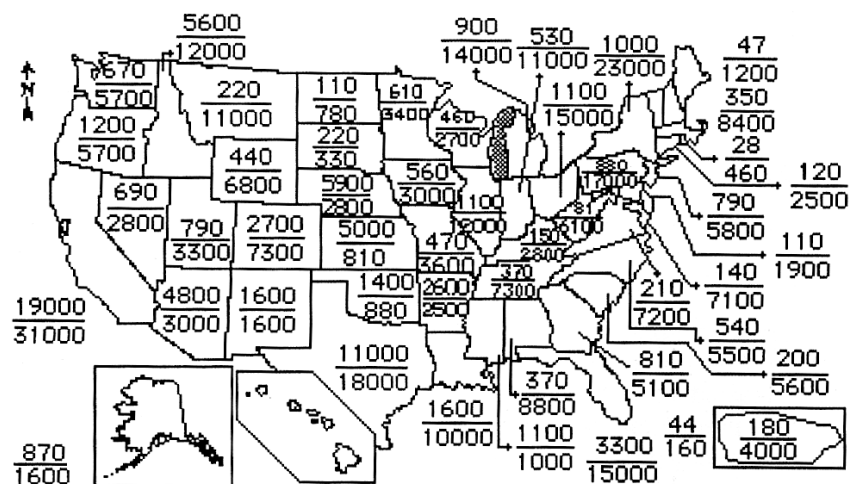


Fig. 3 : Prélèvements d'eau par État (unité : Millions de gallons par jour (Mgd)

Prélèvements d'eau souterraine (nombre supérieur), d'eau de surface (nombre inférieur)

Transfert d'eau

(à propos de l'Amérique de l'Ouest)

La population semble déterminée à surmonter les handicaps environnementaux locaux, plutôt que s'y adapter. Il appartient maintenant à l'habileté humaine de manipuler ce qui, dans le passé, avait toujours été considéré comme des rôles établis dans l'environnement naturel, notamment le partage du drainage entre les majeurs bassins hydrographiques. Ceci est, à la fois, remarquable et déroutant.

Maroc

par tête				78		79
sommes 1978 (US \$)				680		740
taux réel de croissance (%) 1970-78					3,9	
km² superficie (Climat)						
				exactes	arrondies	%
population			Humide	49403	50000	11
nombre mi-78	24.000	18.9	1/2 aride	101272	100000	22
nombre mi-79	31.000	19.5	aride	299325	300000	67
taux de croissance %	1970-78	2,9	saharien	<u>260000</u>	<u>260000</u>	67
				710000	710000	
GNP au prix du marché (US \$ dizaine de M)						
	\$ 12.890	(mi-78)	à	\$ 14.460	(mi-79)	

L'eau en chine

Pluie moyenne	: 600 mm/an en Juin-Septembre
Écoulement annuel	: 2.600 km (5 ^{ème}) (1. Brésil, 2. URSS, 3. Canada, 4. USA, 5. Chine) = 20% USA, 13% URSS, sur une base unitaire
Écoulement stable de rivière	: 700 m ³ /an/tête. extrêmes : 200-300 à 1.200 mm/an
40.000 réservoirs construits	
<i>Fleuve Jaune</i>	: 5.460 km, 752.000 km ² , Q : 47 km ³ /an
débit de crue historique	: 30.000 m ³ /s (1761, 1843); 22.000 m ³ /s (1933, 1958)
débit solide max.	: 450 kg/m ³
<i>Fleuve Yantze</i>	: 1.000 km/an
irrigue	: 2,4 M ha = 346 M d'habitants.
énergie produite	: 268.000 MW
projet par le grand canal	: transfert de 1.000 m ³ /s vers le Nord sur 1.000 km long
<i>Three Gorges dam</i>	: 25.000 MW
	: capacité de stockage : 120 km

Source : *World Water déc. 83, p. 23-28.*

Israël

Canal Méditerranée - Mer Morte

Longueur : 100 km ; chute : 400 m. Usine de 600 MW pour produire 15% des besoins énergétiques du pays en 1990 ; coût : \$ 700M. L'apport d'eau élèvera le niveau de la Mer Morte de 17m, 20 ans après l'ouverture du canal en 1990 ; il passera de -412 m en 1990 à -393 m-395 m, en 2010. En outre, le rapport du chlorure de calcium au chlorure de potassium augmentera et aboutira à la formation de gypse. Israël produisit 1,3 M tonnes de potasse en 1980 il craint que l'augmentation du gypse ne réduise la production de 15%. En **Jordanie**, une contrainte similaire entre potasse et électricité se produira si le canal Mer Rouge-Mer Morte est planifié (193 km de long. Capacité de l'usine : 330 MW).

Projet d'énergie solaire, Mer Morte

Une mare de 10.765 m² de long x 2,4 m de profondeur revêtue de caoutchouc contient deux types d'eau : lourde (Mer Morte) + eau saumâtre plus légère des puits. Le soleil chauffe l'eau lourde qui ne peut pas s'élever à cause du poids ; elle atteint 93°C, suffisamment pour changer le Fréon liquide en gaz brûlant utilisé à mouvoir une turbine génératrice de 150 kW. Une seconde mare d'un km² produirait, en 1983, 5 MW. Le projet coûterait \$ 20M.

Collecteur d'eau souterraine (1968)

Une unité de 8 km de long coûte \$ 1M et produit 6 Mm³/an d'eau, soit 200 l/s.

Par calcul, 1 km de front de nappe sur une tranche de 10 m produit de 250.000 à 900.000 m³/an, soit de 9 à 30 l/s.

Normes de consommation d'eau en RFA, aux USA et en France

République Fédérale Allemande 1958

(des collectivités rurales jusqu'aux villes de plus de 50.000 habitants)

par habitant et par jour	50-220 l/j suivant la grandeur de la cité
Collectivités	
cheval et gros bétail,	50 à 80 l
petit bétail, veaux, porcs, etc.,	15 à 20 l
cuisson des aliments et de nettoyage,	20 à 30 l/j
lavage du linge	10 à 15 l/j
bains	150 à 400 l/j
toilette	50 l
douche	30 à 50 l
chasse d'eau	8 l
arrosage des jardins par temps sec	5 l/j/m ²
arrosage des rues	1,5 l/j
écoles, par élève et par jour	2 l
casernes	30 l/j
hôpitaux par tête, personnel infirmier	250 à 650 l/j
lavage d'une voiture de tourisme	200 l
lavage d'un camion	100 l
lavage abattoir, par bœuf abattu	400 l
par porc abattu	200 l
blanchisserie par 10 kg de linge	400 à 800 l
brasserie par hl de bière	500 l d'eau
laiterie, par 1.000 l de lait	6 à 8000 l*
tannerie, par grande peau,	3000 l
par petite peau	1000 l
hôtel, par client et par jour,	150 l
puits public à puisage manuel, par jour	3000 l
Industrie	
extraction d'une tonne de charbon	2,5 m ³
production d'une tonne de coke	5 m ³
production d'une tonne de fonte	10 à 20 m ³
production d'une tonne de cellulose/pâte à papier	200 à 400 m ³
production d'une tonne essence	60 à 90 m ³
transformation d'une tonne de betteraves à sucre	10 à 20 m ³
production d'une tonne de textile, laine peignée	550 m ³
production de viscose/soie artificielle	800 m ³
une tonne de papier brut	600 m ³
une tonne de papier fin	1500 à 3000 m ³
machine à vapeur par charbon condenseur	15 l/CV
machine à vapeur sans condenseur	20 l/CV/h
zone industrielle	50 m ³ /ha/j

* pouvant atteindre 12.000 pour une laiterie avec service urbain

USA 1958-1961**Industrie 1958**

Pour le pétrole traité	18 m ³
Acier	250
Papier	250
Rayonne	750
Aluminium	2000
Caoutchouc synthétique	2300
Essai d'un moteur d'avion	200

Colléctivités 1961

Alimentation en eau	
Eau courante :	200 à 380 l/j
Eau non courante :	20 à 75 l/j
Abreuvement des animaux	
Vache laitière :	75 l/j
Chevaux et mulets :	40 l/j
Bœuf d'élevage :	40 l/j
Porcs :	10 l/j
Moutons :	7 l/j
Chèvres :	7 l/j
Dindons :	0,25 l/j
Poulets :	0,16 l/j

France 1958

Alimentation humaine et besoins domestiques	60 l/j hab.
--	-------------

Alimentation du bétail

Cheval	50 l/j/tête
Bovidés	50 l/j
Porcs	20 l/j
Moutons	5 l/j

Domaine public

Écoles	100 l/j/élève
Nettoyage des caniveaux (par m de caniveau)	25 l/j
Urinoirs à chasse intermittente	20 l/j/place
Lavoirs	1.200 l/j/place
Établissements bains/douches	200 l/poste
Abattoirs	500 l/tête
Nettoyage des marchés et des champs de foire	5 l/m ²

Besoins divers

Laiterie beurre/fromage par litre de lait traité	5 l
Ciderie, par litre de produit obtenu	4 l
Vinification par litre de produit obtenu	2 l
Lavage de véhicule à deux roues	40 l
à 4 roues	100 l
Brasserie par hectolitre de bière	100 l

USAGE DE L'EAU

Consommation mondiale de l'eau

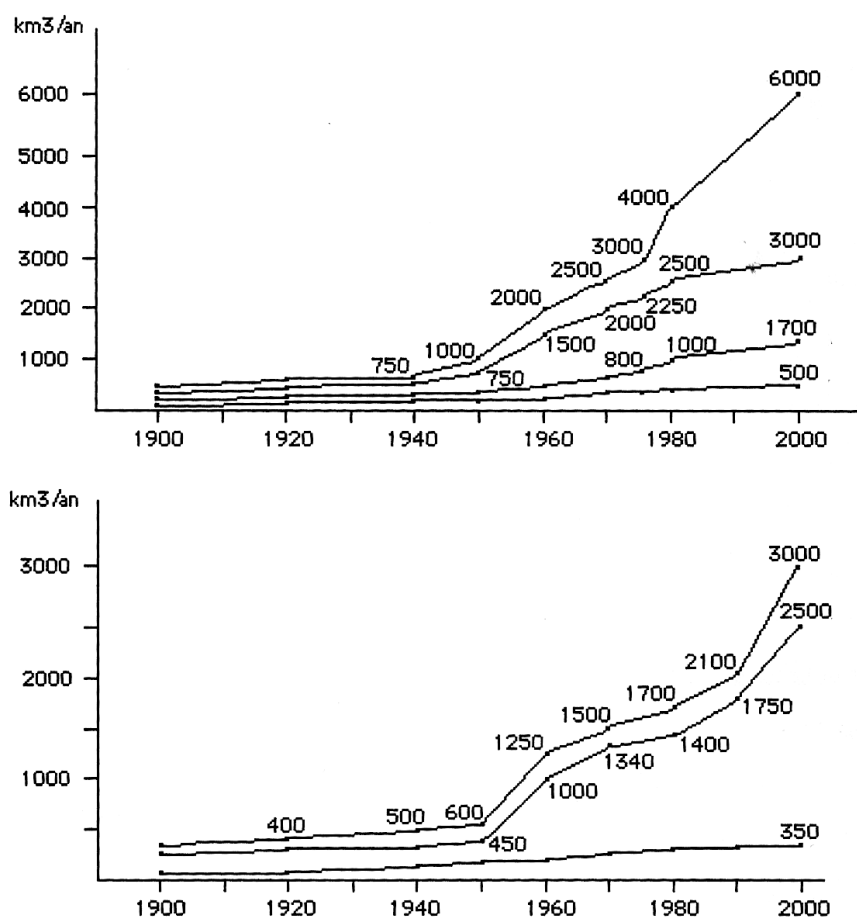


Fig. 4 : Consommation mondiale d'eau au XX^e siècle

Demande en eau

Pour une qualité de vie décente, l'individu réclame 350 m³/an d'eau douce : (30 pour les usages domestiques, 20 pour les usages industriels, 300 pour assurer une ration alimentaire de 2.500 calories/jour).

Il est certain qu'une calorie procurée par le blé réclame 0,32 litre d'eau.

- Eau noire : des toilettes + évier de cuisine
- Eau grise : eau savonneuse usagées des douches et des machines à laver.

Proposition d'utiliser l'eau grise pour l'évacuation des toilettes et l'arrosage du gazon.

Usage de l'eau en Europe et aux USA

Monde (d'après les experts US)

disponible	: 46.000
utilisée (1960)	: 1.000

sur une base de :

USA	1.500 m ³ /an/hab
Europe	500
Reste du monde	100

France

disponible	: 175
utilisée (1970)	: 17 (alimentation en eau, industrie, irrigation)
	340 m ³ /an/hab. = 930 l/jour/hab.

(1984)	: 25
--------	------

(2000)	: 30 = besoins du Maroc en 2070
--------	---------------------------------

Capacité des barrages :	: 9 (difficile à augmenter) contre 10-18 au Maroc
-------------------------	---

L'Eau

distribution (1965)	souterraine	surface	total	1970	%
alimentation en eau	1,3	2,7	4,0	5,7	33
industrie	1,7	4,3	6,0	8,5	50
agriculture	0,3	1,7	2,0	2,8	16
total	<u>0,3</u>	<u>8,7</u>	<u>12,0</u>	<u>17,0</u>	<u>100</u>
Eau Minérale vendue (1974)	: \$ 400 M				
Agences de Bassin (par an)	: \$ 100 M				

République Fédérale d'Allemagne

disponible 170 (90 locale + 80 extérieure)
 utilisée (1970) : 14 (eau potable supplie, industrie, très peu irrigation)
 240 m³/an/hab. = 655 l/jour/hab.

Suède

disponible : 160 (8 d'eau souterraine)
 utilisée (1970) : 5 (eau potable supplie 8 m + import. industrie.)
 : 640 m³/an/hab. = 1750 l/jour/hab.

USA

disponible : 2460
 utilisé (1960) : 533 (alimentation en eau, industrie, irrigation 30%)
 (1970) : 750
 (1980) : 966
 : 2960 m³/an/hab. y compris hydroélectricité
 1500 sans -
 = 4100 l/jour/hab. sans -

Evolution de l'alimentation en eau aux USA

- Alimentation en eau douce
- Stockage d'eau douce ; la clé pour la recharge artificielle est l'économie
- Alimentation en eau salée
- Stockage d'eau : "Concept de marchandise" d'usage de l'eau

Changement progressif du pourcentage de la population entre le rural et l'urbain.

1790	95% rural
1914	50% rural
1970	33% rural
2000	17% rural

Durant les cent dernières années, les USA changèrent de la société agricole prédominante à la société urbaine prédominante.

Simple stratégie linéaire pour un groupe communautaire isolé :

- prélèvement depuis les sources ;
- rejet en aval des eaux usées ≠ pour une communauté métropolitaine

Attitudes prioritaires envers les ressources d'eau où l'accent est placé sur l'alimentation. La distinction entre eau de surface et souterraine doit être évitée. Le concept du débit aval + le concept des besoins de ressources d'eau doit être alors pris en considération.

Aménagement des ressources d'eau souterraine

L'apport d'une ressource d'eau souterraine peut être la seule eau disponible ; il peut être la seule fourniture pour une période d'années jusqu'à ce qu'un nouvel apport puisse être aménagé et importé dans la zone. Ou bien, il peut être une ressource à utiliser conjointement avec de l'eau de surface. Comme portion de développement conjoint, la ressource d'eau souterraine peut apporter une part significative à l'alimentation normale ; l'apport peut être utilisé à des fins spéciales, telles que de satisfaire la demande de pointe, fournir l'appoint durant les périodes de basses eaux, assurer les besoins durant les années de sécheresse.

Source : Extraits de "Sommaire USGS du potentiel d'eau souterraine de la région du Grand Bassin (Ouest) Nevada-Utah". par T.E. Eakin, Don Price, J.R. Harrill USGS (1978)

Espacement des puits (Kansas)

Débit du puits		Distance du puits voisin
Q = 400 gal/min	(110 m ³ /h = 30 l/s	2.300 pieds (550 m)
Q = 500 gal/min	136 m ³ /h = 38 l/s	2.000 pieds (700 m)
Q = 1.200 gal/min	325 m ³ /h = 90 l/s	3.100 pieds (1.000 m)

Histoire de l'irrigation

Sumériens : 2 M ha pendant 5.000 ans

Indus : 9 M ha aujourd'hui, dont 2 déjà perdus par remontée de la nappe à raison de 40. 000 ha/an

Egypte : 1 M ha par inondation fertilisante du Nil. Aujourd'hui : Assouan, plus de limons.

Possibilité de migrations : par ex. les 40 M km² de déserts.

Population et terres cultivables planète (voir pp. 19 - 20 et 22).

Histoire de la population mondiale (M hab.)

0	250	Millions	(Christ)
476	290	"	(fin Rome)
622	303	"	(Hégire) le 16 juillet
1215	350	"	(Magna Charta)
1492	400	"	(Christophe colomb, Amerique)
1820	1.000	"	
1900	1.625	"	
1930	2.000	"	
1970	3.600	"	L'objectif croissance 0 peut être atteint en 70-60 ans à partir de 1970.
1980	4.416	"	
2000	7.000	"	
2035	15.000	"	
2070	30.000	"	

Source : ONU 1965 (nouvelle étude 1980 prévoit 10.000-12.000 en 2070)

Démographie

C'est le prolongement de l'espérance de vie, et non pas une prétendue fertilité élevée, qui est responsable de l'explosion démographique. L'Europe en est le meilleur exemple.

Jusqu'au XVII^e siècle, la population du globe (500 M) augmentait lentement à un taux voisin de zéro, vivant dans la misère selon un équilibre malthusien ; une fertilité élevée, compensée par une mortalité élevée maintenait l'espérance de vie à 25 ans.

La première explosion démographique débuta en Europe quand la révolution scientifique et industrielle fit sentir ses premiers effets, il y a maintenant III^e siècles ; elle fit passer la population de 50 M à plus d'1 milliard ; cette population de pays riches dont l'espérance de vie est maintenant de 70 ans, est redevenue stationnaire, avec une faible mortalité compensée par un faible taux de naissance.

La seconde explosion démographique qui affecte le tiers-monde depuis la révolution technologique de XX^e siècle laisse déjà apparaître, dans de nombreux pays, les premiers signes d'abaissement des taux de naissance et de mortalité, ainsi que l'allongement de l'espérance de vie. Sans doute, elle n'attendra pas II^e siècles pour devenir stationnaire.

Usage de l'eau

Principe

Jusqu'à maintenant, l'homme s'est posé en conquérant ou en transformateur qui considère comme une lutte la confrontation de ses besoins croissants avec les ressources limitées de la nature. Demain, il doit devenir l'harmonisateur et le coopérateur d'une nature qu'il découvre encore et qui change sans cesse sous son influence. Dans cette optique, les constructions hydrauliques ne seront qu'un moyen ; les autres moyens de manipuler l'eau deviendront sans cesse plus complexes ; le souci de détecter les répercussions

sur l'environnement sera plus vif ; les adaptations aux préférences humaines se feront plus sensibles. L'effort passera de la construction à la preuve technico-scientifique et de l'engagement à long terme à une flexibilité à court terme. La planification deviendra donc indicative.

Fourniture et demande d'eau

Une région peut couvrir tous ses besoins si ses ressources en eau sont équivalentes ou supérieures à la somme des pertes subies durant l'utilisation plus la quantité d'eau courante nécessaire pour la dilution des effluents. Cette somme s'appelle *écoulement nécessaire*.

L'utilisation de l'eau comprend :

- *Utilisation nette* (eau consommée) : eau perdue à l'atmosphère ou incorporée dans le produit.
- *Utilisation brute* (eau prélevée) : eau prélevée à la source ou utilisée sur place (vie aquatique).

Demande directe (du consommateur) : boisson, lavage, bain, loisir.

Demande indirecte (produits) : aliments, bois, électricité, papier, essence, acier, etc...

“*L'écoulement nécessaire*” est pratiquement proportionnel à l'importance des utilisations (usages) gaspilleuses et polluées. Les utilisations qui gaspillent le plus d'eau sont : irrigation, vie aquatique sauvage. Les principales sources de pollution sont : eaux ménagères, industrie alimentaire, pâte à papier, industrie chimique, pétrole, élevage en étables.

Le trait principal d'un programme rationnel de ressources en eau est la fourniture d'une quantité régulière d'eau propre capable de satisfaire des usages variés.

Dans la perspective d'un déficit des ressources en eau, il convient de prévoir un ou plusieurs ajustements aux projections du plan :

- a. augmentation de la source d'eau par import ; déminéralisation, modification, couvert végétal, contrôle fonte neige, pluie artificielle,
- b. amélioration de l'efficacité de certains usages : irrigation, vie aquatique sauvage,
- c. réduction des usages gaspilleurs au profit de meilleurs usages.

La valeur des ajustements dépendra de l'exécution d'un programme de recherche parmi lequel : meilleure connaissance des réservoirs naturels, amélioration de la technologie des usages de l'eau, meilleure connaissance des coûts d'emmagasinement, adduction, traitement de l'eau et des eaux usées.

La garantie d'une qualité convenable de l'eau exige un écoulement suffisant pour maintenir une moyenne de 4 ppm d'Oxygène dissous (responsabilité du secteur public), à condition, toutefois, que les eaux usées rejetées aient subi un assez haut degré de traitement (responsabilité du secteur privé). D'où la nécessité de coordonner.

Usagers de l'eau

A. Usagers consommateurs

1. Agriculture est le plus grand usager. De 45% dans les pays industrialisés à 90% dans les pays en voie de développement. C'est aussi le plus grand consommateur car 70% de l'eau allouée est évaporée ou transpirée. La réutilisation (dégorgement flow) est seulement de 20-30%. Encore faut-il traiter (nitrates) si l'eau devient à usage domestique.

2. Industrie est parfois un usager important (maximum 45% USA). C'est un faible consommateur (2%) mais un grand détériorateur. D'où la nécessité de traiter les eaux usées (jusqu'à 95% si possible) afin de limiter le débit de l'écoulement nécessaire pour assurer la dilution et la présence de 4% d'Oxygène dissous. Nécessité d'une coordination secteur public et secteur privé, et dans un premier temps de subventionner le secteur privé.

3. *Urbanisation* est un usager modeste (10 à 20%) mais exigeant en qualité (une eau à - de 500 ppm, non contaminée pour en boire 2 l/j sur les 100 à 500 l/j demandés). C'est un consommateur moyen (15-20%) mais un grand destructeur.

4. *Le transport des effluents* devient un usager de plus en plus important qu'il ne faut pas négliger dans les pays ou régions industrialisés. Il peut parfois exiger jusqu'à 90% de l'étiage, voire 100%. Dans l'avenir il faudra même augmenter l'étiage par régulation supplémentaire.

B. Usagers non consommateurs

5. *Hydroélectricité* est un gros usager (jusqu'à 50% des besoins réguliers) mais il ne détériore pas. Il exige cependant la constitution de réservoirs artificiels pour assurer une certaine régularité.

6. *Le refroidissement des centrales thermiques* est un usager jusqu'à 80% des besoins. Il détériore l'eau (pollution thermique).

C. Conclusion

Développer la technologie de l'usage de l'eau dans un double but d'économiser (quantité) et de conserver ou restaurer (qualité). Pour cela, associer à part entière l'usager à la planification.

Eau biologique (humaine)

Cycle de l'eau dans l'organisme humain en l/jour

Absorption		
aliments	1,3	
boisson	1,0	2,3
Sécrétions		
salive	1,5	
suc gastrique	2,5	
bile	0,7	
suc pancréas	0,7	
suc intestinal	3,0	8,4
	total dans l'intestin	10,7
	évacuée par les fèces	0,1
	réabsorption intestinale	10,6
Excrétions		
urine	1,4	
perspiration*	0,8	
fèces	0,1	2,3

* transpiration cutanée permanente et insensible.

En somme, l'absorption et les excrétions s'équivalent en entrée-sortie.

Mais, le corps humain entretient un circuit interne d'eau de 8,4 l/j, méconnu de la plupart, hors la médecine. Il s'agit d'un vrai recyclage.

L'eau et le corps humain

L'homme est composé de 60% d'eau.

Il en absorbe 2-3 l/j sous forme de boisson + aliments.

La dégradation des nutriments* fournit 0,3 l/j d'eau.

* substances alimentaires pouvant être entièrement et directement assimilées.

Teneur en eau des aliments	(g/100g = %)
huile de tournesol	0,2
chocolat au lait	1
beurre	15
fromage à pâte dure	30-40
pain	30-50
viande, volaille	75
pomme	85
lait	85
limonade	88
salade pommée	95

Points d'eau en Afrique (Soudan 1965)

Ils desservent à rayon de 2 miles, i.e. 8.000 acres.

Avec un taux minimum de stockage de 30 acres par unité de bétail, la capacité productive de la terre desservie par le point d'eau sera de 266 unités de bétail.

Chaque point d'eau requiert :

	Malawi K	U.S \$	
forage	3.500	3.850	
réservoir	2.500	2.750	
abreuvoir	750	825	
paddock nocturne	500	550	Malawi K = 0,91 = \$1
routes	4.000	4.400	
transport	1.000	1.100	
échelle	2.500	2.750	
	14.750	16.225	

Abreuvement du bétail

Un enclos d'eau protégé : forage + facilités de surface clôturées.

Entretien : 3 hommes (1 opérateur, 1 garde, 1 commis pour encaisser l'argent)

Paieement : S£ 0,002/godet de 4 gallons

Revenu : S£ 1.000/an/enclos d'eau qui couvre les frais de salaires, fuel, entretien, fonctionne durant les heures diurnes.

Évolution du développement par l'eau

1. L'homme s'installe près de l'eau pour y utiliser l'eau stable.
2. La nation augmente ses ressources d'eau stable en construisant des barrages-réservoirs pour maîtriser de l'eau de crue.
3. L'homme, et parfois la nation, font appel à l'eau souterraine qui est une eau stable.
4. La nation opère des transferts d'eau.
5. La nation atteint la limite de l'eau disponible. C'est la pénurie d'eau chronique.

Les solutions techniques du XIX-X^e siècles permettent de réaliser les étapes 2-4.

Le meilleur usage de l'eau (objectifs potentiels)

- Besoins d'ordinateur pour les réponses sur les délais. Un bon exemple :

Lutte contre la faim 1980

..... **Conditions de vie correcte** 2000

..... **Bénéfices** Après 2000.

Chasse d'eau

Pour une personne, la chasse classique de 5 gallons US (19 l) d'eau saine, contamine chaque année env. 13.000 gallons (49.200 l) d'eau saine pour faire circuler à peine 165 gallons (625 l) de déchets humains. Ce qui signifie que nous prenons une ressource propre, de valeur (de l'eau), et une ressource potentiellement de valeur, l'excrément humain, et que nous les mélangeons ensemble pour polluer l'eau et rendre le potentiel d'engrais des déchets humains à peu près inutilisable. Et ensuite, nous payons cher pour les séparer à nouveau.

Source : Livre édité par Carol Hupping Stoner, Rodale Press Inc., Emmaus, PA, USA.

Ce livre traite des alternatives économisant l'eau pour bassins collecteurs, fosses septiques et égouts.

Allocation scientifique des ressources en eau

Ressources : ensemble de produits utilisés pour le maintien et l'amélioration standard vie. Engineering : développement, construction, allocation, traitement, usage, réutilisation, traitement, transparence des eaux usées. La conception d'un système de ressources d'eau implique deux facteurs importants : demande et fourniture, techniques existantes, cadre institutionnel.

TERRE ET EAU

Distribution des terres (M km²)

glaciers	15	
permafrost	22	
déserts *	40	90 (60%) inhabitables
hautes montagnes	9	
autres	4	
habitables	<u>60</u>	<u>60</u> (40%)
	150	150 = 15.000 M ha

* déserts : 30 ; semi-déserts : 10

Terres cultivables de la planète	M ha (1970)	M ha (2070)	Différence
potentiel *	3.200	4.300	+ 1.100
cultivées	1.400		
irriguées	.150		
irriguées sup. brute	300-450	2.600	+ 2.150
soit, par hab. :			
cultivées	0.4 ha = 4.000 m ²	0.4	ha = 4.000 m ²
irriguées	0.042 ha = 420 m ²	0.1	ha = 1.000 m ²

Evolution de l'irrigation dans le monde

	Superficie M ha		besoins eau
	réelle	brute	(km ³)
1970	150	300 - 400	3.000 - 4.500
1975	200	400 - 600	4.000 - 6.000
2000	300	600 - 900	6.000 - 9.000
2035	600	1.200 - 1.800	12.000 - 18.000
2070	1.200	2.400 - 3.600	24.000 - 36.000

(déserts du monde : 4.000 Millions ha

* Dans les pays en développement : 2.000 + 22 grands fleuves.

Terre requise pour nourrir une personne

Divers types d'agriculture. (1963)	kg de nourriture produit par ha*	Kilocalories (cal.) produit par ha.	Nombre d'ha requis nourriture d'un individu
régime U.S. (a)			0.20
ag. indienne (b)	820	2.950.000	0.30
ag. U.S. (b)	2.600	9.360.000	0.94 (c)
ag. Japon. (b)	5.480	19.730.000	0.045

*1 kg de nourriture = 3.600 calories

(a) le régime type inclut, pour 1 personne/an : 42 kg porc + volaille, 42 kg bœuf + mouton, 250 kg lait, 18 kg d'œufs + céréales + sucre, etc.

(b) seulement les graines de céréales à manger

(c) en supposant que 9,36 millions de calories/ha/an sont produites et qu'une personne réclame 0,87819 million de calories/ha/an, la surface requise pour nourrir une personne est calculée d'être : $0,87819 : 9,36 = 0,0938$ hectare.

Besoins en eau et terre

pays agricole*	:	1.000 m ³ /an/hab.
pays industriel	:	2.500
agric. tempéré	:	1 m ³ /m ² /an
agric. tropical	:	3
terres irriguées	:	300 m ² /hab.

Appréciation politique

* 800 cal/j/hab.	:	l'âme n'est pas libre
1000 -	:	la moralité n'existe pas
1200 -	:	les gouvernements ne peuvent pas survivre

Besoin humain :	boisson	: 2 quarts/jour	: 2,270 litre/jour
	nourriture	: 2 1/2 livres, poids sec	: 1,134 kg

1 livre de blé demande	:	500 livres d'eau
0,45 kg - -	:	226,8 kg -
1 livre de farine demande	:	1000 livres -
0,45 kg - -	:	453,6 kg -
2,5 livres de pain demande	:	300 gallons -
1,135 kg - -	:	1,135 m ³ -

nourriture journalière	:	0,8 kg poids sec de blé
1 kg/jour/hab. de blé	:	3,087 calories
1,135 - -	:	3,500 -
1 calorie demande	:	0,32 litre d'eau
1 kg de blé -	:	990 l/j = 1 m ³ /j

avec centre-pivot : $2\text{m}^2/\text{j/hab.} = 700 \text{ m}^2/\text{an.}$
 culture traditionnelle : $20 \text{ m}^2/\text{j/hab.} = 7000 \text{ m}^2/\text{an.}$

Blé

Culture pluviale. Pluviométrie ; 400-500 mm/an en moyenne.

1 hectare (ha) produit, environ, 3 T de blé + 5 T de paille
 1 - est assimilable à un cercle de 112 m de diamètre
 1 - fait vivre 20 personnes/an
 ou 2 bœufs qui ne peuvent nourrir que 2 personnes/an

Eau domestique et hygiène

Eau propre + le sanitaire en 1980 dans le monde⁽¹⁾ en développement

1.	Population (M)	sans eau propre	avec sanitaire
Urbain	703	177 (25%)	331 (47%)
Rural	1612	1143 (71%)	1339 (87%)
Total	2315	1230 (57%)	1730 (75%)

2. A atteindre avec l'eau propre + sanitaire vers 1990 si les buts de la décennie sont atteints ⁽²⁾

	eau			sanitaire		
	urbain	rural	total	urbain	rural	total
Asie	203	925	1128	355	1136	1491
Amérique Latine	108	110	218	212	120	332
Afrique	104	310	414	130	342	472
Monde Arabe (Asie ouest)	16	22	38	20	25	45
Europe	14	21	35	30	30	60
total mondial	445	1388	1833	747	1653	2400

L'eau du monde + décennie sanitaire

Qui partage les coûts ?

Investissement domestique et extérieur pour l'eau potable + les systèmes sanitaires

Investissement annuel : \$ 7 billion, en 1979 (au prix de 79)

à partir des sources domestiques

à partir des fonds extérieurs

1) Chiffres des gouvernements fournis à HO

2) Chiffres HO basés sur les données fournies par les gouvernements.

aide internationale : \$ 2,4 billion

pourcentage de contribution : de la Banque Mondiale : 43%, des banques régionales : 17%, OCDE et bilatérales 23%, pays de l'OPEC : 7%, Organisation UN 6%, Non-gouvernementales 4%.

Le 43% de la Banque Mondiale en 1979 : \$ 900 M

futurs engagements : \$ 700 M

pays de l'OCDE en 1979 : \$ 550 M

(Allemagne : 26%, USA : 25%, Suède + Canada + UK + Australie : 24%, autres OCDE : 25%)

USA créa un groupe spécial : *WASH* projet = eau potable + sanitaire pour l'hygiène

OPEC : \$ 160,0 M

UNDP : \$ 22.6 M (1980)

UNICEF : \$ 53,0 M (1980)

Source : *IRC Newsletter n° 128, janvier 1982.*

CLIMAT

Modification des climats

Effet de serre

De 1988 à 2050 la température s'élèverait de 2-3° dans les latitudes tempérées (6° avant 2100), tandis que les précipitations augmenteraient en moyenne de 7%. Le réchauffement serait 3-5 fois plus grand aux pôles.

1. Partisans de réchauffement : l'augmentation régulière de gaz carbonique dans l'atmosphère doit causer un effet de serre. La combustion de l'énergie fossile et décomposition organique de la forêt tropicale (dont l'homme détruit au moins 1% chaque année) devrait provoquer le doublement de la quantité de CO² dans l'atmosphère d'ici à 100 ans. Forêts et océans absorbent le gaz carbonique et rejettent de l'oxygène. Cependant, cela pourrait changer car les forêts tropicales qui absorbent à elles seules 52% du CO² produit dans le monde sont exploitées à grande échelle ou défrichées par des paysans en quête de nouvelles terres.

Quant aux océans, la capacité d'absorption de leurs couches supérieures arrive à saturation. Il faudrait au moins mille ans pour qu'un rééquilibrage entre les couches profondes et les eaux de surface se fasse afin d'absorber l'excédent de CO². Enfin les pellicules d'hydrocarbure recouvrant la mer (en particulier à proximité des régions polaires) diminuerait les échanges entre la surface et le fond et les possibilités de réflexion des rayons solaires.

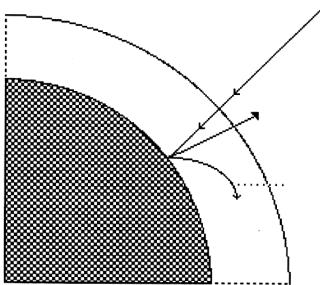


Fig. 5 : Rayonnement réfléchi et absorbé

Le rayonnement de courte longueur d'onde émis par le soleil traverse l'atmosphère et vient chauffer la surface terrestre qui renvoie ce rayonnement sous forme d'infrarouge. Comme le CO_2 absorbe l'infrarouge, la chaleur s'emmagasinerait dans les couches inférieures de l'atmosphère.

Dans son temps, la température au sol devrait augmenter de 3° (voire 8° dans les régions polaires provoquant la fonte des calottes glaciaires et le relèvement des océans). Par dilatation, une élévation de 5° de la température des mers suffirait pour relever de 1 m le niveau des océans. Le dégel de la banquise océanique influencerait sur les températures de la surface des océans, les possibilités de la pêche et le climat des régions côtières. Une fonte complète de la calotte glaciaire relèverait de 65 m le niveau de l'océan.

Pour un réchauffement de 1° , les agronomes escomptent les effets suivants : extension des terres agricoles et des cultures vers des zones auparavant froides (exemple : pour le blé extension sur 200 km de large, ce qui permettrait à l'URSS et au Canada d'accroître considérablement leur production) relance de la productivité de certaines zones arides grâce à l'augmentation de pluviosité, rallongement variable de la période de végétation (15 jours à 50° de latitude, 30 jours à 70° de latitude), permettant d'utiliser des variétés moins précoces à rendement plus élevé. Le gain de productivité agricole serait d'environ 25%. Mais on peut cependant s'inquiéter d'une extension ou d'un déplacement des déserts vers des latitudes plus élevées.

2. Pour les partisans du refroidissement : le rayonnement solaire ne sera pas emprisonné à cause de l'effet de serre car il n'arrivera même plus à traverser entièrement l'atmosphère. Une prison froide sera ainsi créée par les particules dues à la pollution. L'air de l'Arctique contient beaucoup plus de particules solides baignées d'acide sulfurique caractéristiques de la pollution urbaine. Or les gouttelettes d'eau ont tendance à se former autour de ces particules. Plus il y a de particules, plus il y a de gouttes d'eau, et moins les gouttes sont grosses, moins elles sont lourdes et moins il y a d'averses. Le grand nombre de particules intensifie le pouvoir réfléchissant des nuages et une plus grande partie du rayonnement venu du soleil repart dans l'espace. Le cycle hydrologique annuel contient beaucoup moins d'eau, et une sécheresse mondiale s'installe progressivement. Au début du cycle glaciaire, l'évaporation diminue lentement. La couverture nuageuse

planétaire s'amointrit. L'insolation augmente, en contrepartie et donne l'impression d'une période de réchauffement. L'auteur est l'un des très rares partisans de cette hypothèse.

Sécheresse : Période de déficit pluviométrique suffisamment prolongée pour provoquer un sérieux déséquilibre du cycle hydrologique. Elle a pour résultat la pénurie d'eau, les pertes de récolte, la réduction de l'écoulement, la diminution des ressources souterraines et la disparition de l'humidité du sol. Aux États-Unis et au Maroc, la *dendrochronologie* vient de révéler l'étroite corrélation des tâches solaires et des sécheresses qui interviennent avec une périodicité de 20-22 ans.

Tâches solaires : cycle de 11 ans env. entre max. et min. de tâches (5-100/an). Mais le vrai cycle est de 22 ans, parce que la polarité des champs magnétiques des tâches s'inverse tous les 11 ans.

Cycle hydrologique : Contribution des précipitations à partir de l'évaporation continentale = 12.000 km³

= 11% de la pluie continentale,

soit 107.000 km³

Modification des précipitations : ensemencement des nuages : (1984)

0,03-0,50 \$/acre = 0,075-1,25 \$/ha.

Divers climats du monde			
Climats	en M km ²	Exemples	en mm/an
Forêt vierge	14,0	Amazonie	2.500
Savanes	15,7	Afrique orientale	1.000
Steppes	21,2	Irak	400
Déserts	17,8	Arabie	200
Tempéré été pluvieux	11,3	Éthiopie	900
Tempéré hiver pluvieux	2,5	Grèce	500
Tempéré humide	9,3	Grande Bretagne	1.100
Humide hiver froid	24,5	Russie européenne	600
Pluvieux été/froid hiver	7,2	Sibérie	500
Toundra	10,3	Sibérie nordique	50
Gelée permanente	15,0	Antarctique	10
Total	151,8		

Variétés spécifiques des climats

Types	aire M km ²	pluie mm/an	exemple
Forêt vierge	14.0	2500	Amazonie
Savane	15.7	1000	Afrique orientale
Steppe	21.2	400	Irak
Désert	17.8	200	Arabie
Tempéré été pluvieux	11.3	900	Éthiopie
Tempéré hiver pluvieux	2.5	500	Grèce
Tempéré humide	9.3	1100	Grande Bretagne
Humide hiver froid	24.5	600	Russie européenne
Pluvieux été/hiver froid	7.2	500	Sibérie
Toundra	10.3	50	Sibérie du Nord
Gelée permanente	15.0	10	Antarctique

Modifications

Grandes périodes glaciaires (100.000 ans)..... Périodes interglaciaires (10.000 ans) = Période actuelle oscillations mineures, par exemple :

800-1200 après J.-C. : Phase chaude et réchauffement ; Scandinavie (invasions Vikings, Normands)

1550-1870 après J.-C. : Petit âge glaciaire (minimum de Maunder).

Cycle magnétique solaire = 22 ans (11 + et 11 -)

Recrudescence de l'activité volcanique

Actuellement (à partir de 1970), 40 éruptions/an contre 16 avant 1950

Deux thèses en présence : Réchauffement et Refroidissement.

La dissémination volontaire d'organismes manipulés

(à propos des *Pseudomonas*)

Le grand événement de la période 86-87 a cependant été les premières disséminations volontaires dans l'environnement de microbes génétiquement manipulés. Aux États-Unis, des chercheurs avaient modifié génétiquement des bactéries du genre *pseudomonas* * pour qu'elles ne sécrètent plus dans l'environnement une protéine qui accélère la prise en glace de l'eau. Les souches naturelles de cette bactérie qui vivent à la surface des feuillages des plantes sont responsables des dégâts causés aux productions agricoles par les gelées tardives de printemps. Une firme bio-technologique américaine, *Advanced Genetic Sciences (AGS)* a indiqué son intention de vendre cette bactérie antigel aux agriculteurs, dans la mesure où elle serait susceptible de prendre la place des *pseudomonas* normaux sur les feuilles des céréales. Toutefois on peut se demander si les *pseudomonas* génétiquement manipulés ne risquent pas de se propager hors des champs, avec des conséquences écologiques indésirables comme par exemple favoriser le développement des mauvaises herbes. C'est pourquoi les tests en plein champs de cette bactérie antigel ont été vivement contestés par des groupes d'écologistes américains menés notamment par Jeremy Rifkin. Ce dernier a intenté un certain nombre de procès aux diverses autorités chargées de contrôler la sécurité de ces tests, et ceux-ci ont été bloqués de 1983 à 1987. En janvier 1986, un premier épandage avait failli se faire dans la région de Salinas, Californie, mais la population, alertée par les écologistes, avait prié AGS d'aller faire son expérience ailleurs. Enfin, après un dernier procès, la firme bio-technologique a pu procéder le 24 avril 1987 à la dissémination de la bactérie sur un champ de fraisiers de 800 m² en Californie. Une tentative de sabotage de dernière minute, l'arrachage des fraisiers, a failli faire échouer l'expérience.

CAPTAGES

Technologies pour élever l'eau

chadoufs

8 h/j, période de 90 jours, élévation 1,8 a.f. ou 2.220 m³ en une période de 720 heures.

coût : \$ 90/a.f. ou 0,07 \$/m³.

Puissance du vent

coût d'une source d'énergie (USA) : \$ 1875 OM coût : \$ 397/a.f. en une période de 90 jours (720 heures)

coût d'une pompe d'énergie (USA) : \$ 50 : \$ 296 120 - (960 -) coût

total de l'appareil : \$ 1925 vie : 8 ans ; heures de pomp. 1 a.f. ou 1233 m³ : 2000

pompes (centrifuges)

A - Source énergétique Gazoline

a. 225 gal./min.; capacité 5 cusec

coût	: \$ 600 + 162 hardware coût/a.f. pompé	: \$ 34,3 (720 h)
consommation fuel/h	: 0,35 gal	: \$ 33,2 (960 h)
coût/gal.	: \$ 0,91	vie 5 ans coût d'entretien/h : \$ 0,7

b. 450 gal./min.; capacité 1,0 cusec

coût	: \$ 1500 + 350 hardware coût/a.f. pompé	: \$ 29,2 (720)
consommation fuel/h	: 0,8 gal.	- : \$ 27,1 (960)
entretien coût/h	: \$ 0,68	vie 5 ans

c. 900 gal./min.; capacité : 2,0 cusec

coût	: \$ 4400 + 700 hardware coût/a.f. pompé	: \$ 27,28 (720)
consommation fuel/h	: 1,8 gal.	- : \$ 24,44 (960)
entretien coût/h	: \$ 0,68	vie 5 ans

d. pompe eau d'égoût

capacité	0,5	1,0	2,0 cusec
coût cap. \$	526	1412	1542
fuel/h (gal.)	0,1	0,15	2,5
entretien/h \$	0,65	0,65	0,65
coût/a.f. \$	26,65	17,73	10,7 (720)
	26,10	17,50	10,0 (960)
Vie	5 ans	5 ans	5 ans

B - Pompe énergie diesel*a. pompe des contracteurs*

capacité	0,5	1,0	2,0
coût cap. \$	1935	2793	5100
fuel/h (gal.)	0,12	0,5	1,9
coût/a.f. \$	26,16	23,06	22,87 (720)
	24,91	22,84	20,85 (960)

b. Alternative pour pompes fréquentes en Asie

Capacité (cusec)	1,0	2,0
coût cap. \$	2866	3554
coût/a.f. \$ (720)	21,29	10,64
(960)		9,52

C - source d'énergie Électricité

coût cap. (2 cusec) \$: \$ 1542

coût/a.f. \$: \$ 8,46

coûts d'opération annuelle sur 1440 heures ou 4 mois de pompage : 3 a.f./acre)

D - Pompe Vergnet

coût : 100.000 CFA ou \$ 450

débit : 0,5 m³/h à 60 mètres

0,7 - 40 -

1,5 - 20 -

Pour une meilleure efficacité des captages en vue d'économie d'énergie

Quatre facteurs importants :

1. type de boue : Revert (Johnson)
2. surface ouverture crépine : + de 15 %
3. configuration ouverture de fente : à fentes continues de forme en V
4. méthode de développement : utilisation simultanée du “jetting” horizontal et du pompage “air comprimé”

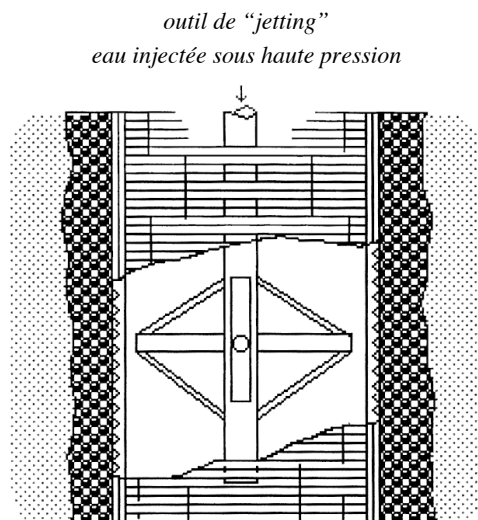


Fig. 6 : Outil de nettoyage de la boue

Récolte d'eau de pluie

1m² de toit peut collecter 0,8 litre par mm pluie.

Par exemple, un toit de 5 x 8 m sous 750 mm/an de pluie récoltera :

$5 \times 8 \times 750 \times 0,8 = 24.000$ l/an, soit un usage de 66 l/jour.

Pour tenir compte d'années sèches au dessus de la moyenne, le toit + le stockage doit avoir 50% de débit de surplus au-delà des besoins des usagers.

Eau claire à partir des brouillards côtiers

(Pérou et Chili du Nord)

Coût de l'eau potable importée par tankers dans les villages : \$ 9/m³.

Un filet métallique d'une surface de 100 m² capture 1 m³ d'eau par jour. Situé en altitude, le projet-pilote de Camanchaca constitue un petit collecteur fait d'un filet de 800 m, près du village côtier de Juan Lopez. Il peut produire un débit adéquat d'eau (50 m³/jour) avec un piège à brouillard de 6.000 m² de surface.

La structure-pilote est haute de 6 m, faite d'un squelette de 336 barres tubulaires et de 216 joints. Le tout est enveloppé dans 100 m² toile d'emballage et de piquets sur un terrain de 22 m². Il pèse moins de 200 kg peut être transporté facilement par hélicoptère sur des sites à 900 m d'altitude. Il doit produire 350 l/jour avec un maximum de 1.000 et un minimum de 100 l/jour. La production artificielle de 130 m³/an d'eau douce à partir d'une aire de 22 m² de terrain équivaut à une précipitation de 5.800 mm/an.

Source : *Prof. Carlos Espinosa and Hector Munoz,*
Universidad del Norte, Antofagasta.

Coût d'un forage d'eau

Plan + construction + opération + vie = calcul du coût réel. Afin de considérer soigneusement les nombreux facteurs intervenant dans le dessin du puits et sa construction afin de garantir une eau libre de sable à bas prix.

Transferts comparés Terre et Eau

Évolution de la demande compétitive pour droits d'eau

1. Première occupation. L'usage libéral des cours d'eau naturels fut établi, et le droit de leur usage était garanti sur une base d'appropriation

donnant la priorité dans le temps, après que les privilèges des riverains apparurent généralement impraticables à l'usage de consommation.

2. Régularisation au sein du bassin hydrographique

3. Une recherche de solutions extérieures au bassin hydrographique. L'eau continue d'échapper à l'évaluation compétitive du marché sous la protection du système de valeur ramené à la période frontière. Comme résultat, le mandat populaire dans le sec Ouest semble s'être fondé sur la logique propre à chacun, - ou, au moins directement conservée - si l'eau inappropriée peut se trouver ailleurs, comme alternative d'achat des droits d'eau locaux, dont la valeur fut déjà capitalisée.

Le modèle émergent

La solution est l'importation lointaine de l'eau depuis des régions mieux arrosées qui ne sont pas reliées hydrologiquement aux centres de croissance urbaine. In 1968, 22 km³/an d'eau furent manipulés à travers la ligne de partage des eaux des bassins hydrographiques et les longueurs de transferts atteignaient 400 km. Des propositions existent à présent de dépasser 700 km, chacune étant de 2 - 14 km³/an à coût de 0,12-0,80 \$/m³. Des limitations légales et politiques et aussi des considérations économiques, sont examinées sur deux fronts : le conflit local rural-urbain pour l'apport d'eau aménagée, et le conflit inter régional pour l'apport d'eau non encore aménagée.

Des restrictions sur les transferts des droits d'eau existants, acquis en bordures étendues des zones urbaines au début de la croissance physique ne sont pas encore suffisantes pour satisfaire les besoins après qu'ils ont commencé à prendre l'apparence et les fonctions d'un centre commercial industriel. Les usages non-agricoles apportent beaucoup plus de revenus par unité d'eau appliquée que l'agriculture ne le fait (0,02 contre 0,002 \$/m³). Tous les gouvernements d'Etat ont établi des listes officielles préférentielles ; ils placent tous les usages domestiques et municipaux en tête de liste et vont jusqu'à les considérer comme les premiers droits, sans respecter s'ils le furent vraiment en ce temps-là. Mais, les préférences ne sont pas nécessairement prioritaires.

Restrictions sur les transferts inter régionaux

L'argument des besoins futurs opposé aux demandes présentes fut employé avec succès par les économies régionales à croissance lente pour des approvisionnements d'eau de plus grande quantité et de meilleure qualité, afin de protéger leur futur développement.

Les termes du choix

Un certain nombre d'objections peuvent être soulevées pour les transferts inter régionaux :

- a. L'eau peut représenter non seulement une partie de la scène esthétique, mais aussi un moyen d'attirer la croissance économique dans une région non développée.
- b. La perturbation de l'équilibre économique et ses conséquences
- c. Le supplément de livraison à une région relativement prospère qui n'a pas encore appris à gérer ses propres ressources efficacement. La migration interne n'a pas toujours été accompagnée d'un ajustement des habitudes de vie adaptées à la pauvreté des apports d'eau locaux. A quelles conditions est-il plus profitable d'apporter de l'eau à une population que de transférer cette population vers l'eau ?

Les sortes d'informations nécessaires pour la décision à prendre vont au-delà du savoir de l'ingénierie. L'exportation croissante d'eau (et sa dérivation énergie électrique) indique déjà que le bassin hydrographique de drainage n'est pas naturellement une région isolable pour y définir les intérêts de développement. Inévitablement, il y aura des pertes ou des débordements qui ne pourront pas aisément être maintenus localement.

Digue en terre

Déversoir : élimination des évacuateurs contrôlés par des vannes automatiques qui exigent surveillance et entretien rigoureux. Préférence au déversoir libre.

Déversoir central : mur béton 2-6 m largeur, épaisseur : 0,3-0,4 m ; prix : 40% du coût de l'ouvrage.

Déversoir très latéral : (contournant la digue) : avantage de permettre la construction de digues indépendamment ; également moins coûteuse. A l'expérience, très bon comportement.

Digue : talus de 2/1 amont et aval ; protection du talus amont par un perré de roches ; filtre horizontal sous le talus aval. Revanche comptée au-dessus des hautes eaux de la crue exceptionnelle : 0,5 m.

Coût : m^3 matériaux mis en place : 34 FF (1980) en Afrique, d'après FED :
 1000 CFA (1967) = 34 FF = \$ 6,8 = DH 26,5 en 1980.
 m^3 eau emmagasiné = DH 30 en 1981,75 CFA.

PRODUCTION ET RECHARGE DE RÉSERVOIRS

Nappes captives

Débit

Sahara continental intercalaire (Albien) I alimentation : 420-750 Mm^3/an
 700.000 km^2 ; réserves : 30.000.000 Mm^3 I Forages + foggaras : 170-220 Mm^3/an

Production 1,25 Mm^3/km^2 pour $\Delta = 0,1$ m/an

Besoin d'irrigation 18.200 $m^3/an/ha = 0,6$ l/s/ha

Donc pour satisfaire ces besoins, la nappe baissera de :

0,14	en	1 an
1,45	en	10 ans
2,90	en	20 ans

7,28 en 50 ans

10,20 en 70 ans

14,50 en 100 an

Kharga (Égypte). grès nubiens

alimentation : 300 Mm³/anforages + puits artésiens : 100 M/m³/an

Zarzis-Djerba (Tunisie.). continental terminal

5.000 km² ; période considérée : 1895-1964 = 70 ansalimentation en 70 ans : 1.900 Mm³

exutoire eau forage en 70 ans : 600 -

débit écoulé à travers les épontes : 1.800 -

total des sorties : 2.400 -

variation des réserves : 500 -

Évaporation des nappes captives

1. Au Nord, à l'Est : dépression Bodélé (Lac Tchad)

moyenne : 40 mm/an/km²: 1,3 l/s/km²

2. Au voisinage des rivières

moyenne : 150 mm/an/km² ;: 5 l/s/km²

Production d'une nappe libre

	gpm/sq. mile	l/s/km²	m³/an/ha
pauvre	<250	<6,1	<1.920
normale	250	6,1	1.920
riche	1.500	36,5	11.500
très riche	150.000	3.650,0	1.150.000

Production d'eau du Karst

Grèce : Parnassos-Ghionia (1.300 km²)

1.100 mm pluie + 2 mois neige..... **500.000 m³/an/km²**

Crête : Almyros-Mont Ida (250 km²)

1.200-1.500 mm pluie + 5 mois neige **800.000-1.000.000 m³/an/km²**

Italie : Appenins du centre

1.100-1.400 mm pluie + 6 mois neige **800.000-900.000 m³/an/km²**

Madagascar : Mahafaly, Plat. (6.000 km²)

400 mm pluie, pas de neige **150.000 m³/an/km²**

Liban : Merjayoum-Yamouné (210 km²)

1.000 mm pluie + 30 mois neige..... **750.000 m³/an/km²**

Yougoslavie : Karst dinarique

rendement : 1 m³/s/ pour 30 km²)..... **1 Mm³/an/km²**

Karst méditerranéen

rendement : 1 m³/s pour 40 km² **800.000 m³/an/km²**

Alimentation des nappes

1 - Alimentation (recharge) naturelle

Chypre

rivières : 200 m de large ; niveau hydrostatique. -20-30m ; gradient : 0,002

infiltration : 1 Mm³/an/km

S'effectue durant 3 mois de crue. En introduisant retard à l'écoulement de 3 mois par barrage écrêteur, on aurait donc 6 mois de crue et, par conséquent infiltration : 2 Mm³/an/km.

La meilleure infiltration : alluvions récentes.

2 - Recharge artificielle

Israël

1 usine-pilote dans les grès du Pliocène rechargés à raison de 3 MCM/hiver

1 usine-pilote dans les calcaires du Turonien rechargés à raison de 20 MCM/hiver ;

puits de 2.000 m³/heure chacun.

Vitesse d'écoulement de l'eau souterraine

Dunes d'Haarlem	: 4 à 5,5	m/an
Vallée du Rhin	: 1.080 - 2.800	m/an
sable fin (0,2 mm)	: 16	m/an
sable moyen (0,4 mm)	: 66	m/an
sable gros (0,8 mm)	: 258	m/an
gravier (2,0 mm)	: 1.635	m/an

POLLUTION ET ENVIRONNEMENT

Rapport global 2000 au Président des USA

Bassins hydrographiques des fleuves de 1er ordre du monde : chacun est partagé par 2 à 10 pays.

En 2000, celui du Ganges seulement contiendra plus de 800 M d'individus...

En 1969, le rapport "Ressources et l'homme" (US Nat. Ac. of Sc.) plaçait la population mondiale à 10 milliards si elle est gérée intensivement et à 30 milliards sans gestion, en sacrifiant la liberté et en acceptant la faim pour la majorité...

En 2000, DCs (pays développés) : GNP/tête/an : \$ 11.000

LDCs (pays en développement) : GNP/tête/an : \$ 600 ou moins

Pour chaque \$1 en plus dans les LDCs, un surplus de \$ 20 est projeté dans les DCs.....

La surface totale irriguée du monde était de 223 M ha en 1975, de 273 M ha en 1990. Le coût d'amélioration des systèmes est estimé à \$ 23.000 M au prix de 1975. Des améliorations de drainage à \$ 13.700 M sont aussi nécessaires pour améliorer les systèmes existants.

Un terrain de 1 ha fait vivre une moyenne de 2,6 personnes au début des années 70. Il devra faire vivre 4 personnes en 2000. Dans le même temps, les coûts d'énergie augmenteront et indiquent une hausse de 95% dans le prix de la nourriture.

Les Forêts réduiront de 40% en 2000, se stabiliseront à 18 M km² en 2020. En conséquence, le flux d'eau sera déstabilisé avec l'alluvionnement, la pénurie d'eau souterraine, l'intensité des crues, compliquées de pénurie d'eau en période sèche (voir, désertification*).

Environnement : il subira une perte de terre agricole par érosion du sol, salure des terres, air+pollution de l'eau et pénuries.

Plantes aquatiques : carburant du futur ?

Les pertes financières causées par la croissance des plantes aquatiques sont énormes.

Par exemple le Soudan a dépensé \$ 2,5 M/an depuis 1962. La perte totale d'eau due à la présence de végétation aquatique sur le Nil équivaut à 7 km³/an.

L'augmentation de l'évaporation à partir de l'eau recouverte de végétation aquatique s'élève à 6 fois l'évaporation l'eau de surface.

Les jacinthes d'eau, l'une des espèces les plus prolifiques, peut produire 220 kg par ha de matière organique par jour. NASA sur le Mississippi, USA, démontra que la jacinthe d'eau récoltée sur 1 ha produira plus de 70.000 m³ de biogaz.

Chaque kg de jacinthes d'eau (poids sec) contient environ 370 litres de biogaz avec une moyenne de méthane de 69% et une valeur calorifique (chauffage) de 22.000 kJ/m³ environ.

Source : *World Water* Avril 1982

Désertification

Enlèvement du bois : 1 kg/jour/personne

: 0,5 à 1 ha/an/personne

Vers une nouvelle éthique

Les grands problèmes de l'environnement (E) : pluies acides, avance des déserts, contamination des océans et de la chaîne alimentaire, changements climatiques provoqués par l'homme, destruction des forêts et des sols, extinction d'espèces.

Un effort considérable est nécessaire en matière d'éducation.

Problème de CO² : plus grave qu'on a pensé. Son rejet dans l'atmosphère engendre un risque global très important qui pourrait se manifester plus tôt que prévu.

Problème de la pluie acide : plus grave que l'on avait pensé à Stockholm (1972)

Action à la base : nous vivons un moment unique de l'histoire humaine : nous sommes la première génération à avoir le contrôle de l'avenir des êtres humains de cette planète et nous avons véritablement la maîtrise de notre propre évolution.

Société : de nombreux humains vivent à la limite ou presque, de la survie. Survivre constitue un objectif important mais la survie seule n'est jamais en elle-même un but suffisant. Ce qui distingue les humains des autres espèces est la faculté de développer une culture. Nous vivons à une époque où nos valeurs ont été dénaturées. Des activités telles que la méditation, la contemplation de la nature ou simplement être soi-même ne sont plus considérées comme une façon valable de passer le temps. C'est l'aberration du mode de vie occidental, trop souvent pris pour modèle, où l'éthique commerciale est considérée comme le premier moteur de la société avec le prix comme critère essentiel de valeurs et du comportement.

Source : Maurice Strong, 1982, interview

Venise

Commence à être inondée quand le niveau de la marée dépasse 0,8 m.

niveau de marée	aire inondée %	fréquence annuelle
1,00	3.5	8-9 fois
1,10	12	4-5
1,20	35	1
1,30	69	1/décennie
1,94		record nov.1966

subsidence : 3.5 mm/an due au compactage du sol comme résultat de l'extraction excessive de l'eau douce contenue dans la couche stratigraphique visible sur la rive voisine.

Venise s'est enfoncée de 25 cm depuis le début du XX^e siècle.

Le niveau de la mer s'est élevé de 1 mm/an à cause de la fonte des calottes glaciaires.

lagune : 500 km² ; 230.000 habitants

Aire du bassin versant : 2.000 km² ; 900.000 habitants

Afin de réduire le phénomène, il suffit de baisser de 20-30 cm, en lagune, le niveau de marée.

Proposition : un barrage flexible trans-lagunaire de 5270 m suffirait. Il serait doublé de caoutchouc. Pirelli fait des barrages souples anti-sel : 5,5 m de haut.

Pollution de l'eau (coût du traitement)

(en DM : Deutsche Mark 1975)

- | | |
|---|--|
| 1. Eau potable | : 0,90 DM/m ³ |
| 2. traitement des eaux déversées en rivière | : 3,50 DM/habitant (0,10 DM/m ³) |
| 3. Coût de Construction | : 50,00 DM/habitant |

Mort de la Méditerranée

Claude-Marie Vadrot, 1977

Chaque année elle laisse s'évaporer 5.200 km³ d'eau, alors que les fleuves ne lui en apportent que 2.200, tout le reste venant de l'Atlantique. Fermée, elle verrait son niveau baisser d'un bon mètre tous les ans...

Au-dessous de 360 mètres, la température y est uniformément de 13°...

Trois gigantesques poumons : mer Égée, nord de l'Adriatique, bassin provençal, où les vents venus de la terre et des montagnes refroidissent sa surface et lui apportent l'oxygène nécessaire à une vie intense des eaux...

Les sociétés multinationales sont partout sur ses côtes et sur ses eaux....

La Méditerranée n'est plus qu'une fosse commune d'intérêts économiques et stratégiques...

Méditerranée, nom du XV^e siècle...

Un grand collecteur : 7 égouts de Beyrouth, 220.000 m³/j de l'émissaire de Marseille, la pollution de 120 millions d'habitants du bassin, cette mer peut devenir une bombe épidémique à retardement.

Espagne : 7 millions hab., 2.100 km de côtes ; Catalogne - Golfe de Gênes 9 millions, soit 220-340 hab./km² ; côtes yougoslaves : 0,6 millions en hiver, 1,3 en été ; Syrie : 0,26 M ; Liban : 1,25 M. sur 210 km de côtes.

Au-delà de 20.000 coli/l, l'eau est classée "très polluée". De 5.000-20.000 coli/l, elle est prudemment considérée comme "de qualité moyenne". Le pouvoir auto-épurateur de la Méditerranée est un leurre...

Personne ne dit aux touristes que plus elle est bleue, moins elle abrite de vie ; quand elle est verte, cela signifie qu'elle est riche en plancton et en poissons. Les 7 pays les plus fréquentés par les estivants évaluent à plus de 300.000/an le nombre de salmonelloses...

De nombreuses rivières ont été rayées des cartes ; le processus est simple : on pollue, ensuite on déclare le cours d'eau trop pollué pour être "récupéré" et on donne l'autorisation officielle de s'en servir comme égout et de la détourner.

Pollution chimique

14.000 usines sur côte espagnole ; 60.000 entreprises industrielles recensées dans la mer Tyrrhénienne ; 35.000 usines dans l'Adriatique...

200 produits différents l'assaillent ; au nom du travail des hommes, la Méditerranée est infectée chaque jour du plus effroyable des cocktails chimiques. Un phénomène dit de "synergie" entraîne les polluants à intensifier mutuellement leurs effets...

Pour la Méditerranée, la première exigence est que dans tous les domaines soit abolie la notion de secret...

Pétrole à la mer

350.000 t/an rejetées “normalement” par les navires + 30.000 t/an par les raffineries...

Une tonne de pétrole brut peut recouvrir d'une mince pellicule jusqu'à 1.200 ha de mer, ou gâcher 1 km de plages. Un litre de brut consomme l'oxygène de 400 m³ d'eau de mer...

La diminution des pluies est directement imputable aux rejets de pétrole ; la mince couche d'hydrocarbures freine le prélèvement par les vents de mer de particules minérales microscopiques, essentielles à l'ensemencement des nuages et qui provoquent la pluie dès qu'un certain degré de concentration et de condensation est atteint. Un autre danger a été signalé par les experts : les pellicules de pétrole freinent l'évaporation même si le phénomène ne peut pas (encore) être considéré comme significatif...

L'avenir de la pêche méditerranéenne se trouve ... dans l'Atlantique.

Destruction du littoral

L'urbanisation, l'entassement entraînent des tensions qui seront de moins en moins supportables pour les habitants. Au bord de la Méditerranée actuellement une centaine de millions d'habitants qui seront 200 M en l'an 2000...

Les gens ont l'impression inconsciente qu'en travaillant au bord de la Méditerranée, ils seront en vacances toute l'année... ; en 1970, sur le littoral, on dénombrait 135 M de moutons et plus de 50 M de chèvres, soit 15% de toutes les chèvres du monde...

Le feu dévore en moyenne 40.000 ha/an de forêt méditerranéenne française, avec des pointes de 70.000 (1970) et de 100.000 (1976)...

De nombreux puits donnent des signes d'épuisement, et des rivières disparaissent ; elles sont plusieurs centaines dans tout le bassin à avoir cessé de couler vers la mer...

Le chiffre d'affaires du tourisme méditerranéen représente plus du tiers des recettes touristiques mondiales : une centaine de M/an dont la majorité sur le littoral. Une société de consommation ne peut engendrer qu'un tourisme à son image... Le tourisme consomme davantage d'espace qu'une urbanisation destinée à loger des gens toute l'année, et beaucoup plus que les zones industrielles. En France, sur la côte, 80% des logements que l'on construit sont des résidences secondaires. On passe de l'authenticité à la médiocratie...

Dans les campings, l'absence dans 30% des cas, de fosses septiques résulte en des dérivations imprévues d'effluents qui peuvent polluer la nappe phréatique alimentant les campings en eau potable et atteindre la plage. On note de plus en plus de difficultés d'alimentation en eau potable et la saturation des systèmes d'assainissement. Certains campings ont été créés de 800% de surcharge de population...

Il y a 10 ans, rares étaient les poissons dont la teneur en mercure dépassait 0,5 mg/kg. En 1975, 17 espèces dépassaient cette dose :

espadon	2,96 mg/kg
crabes	1,86
roussette	1,88
raie	2,61
rouget	1,44
thon	1,20
langoustine	1,04

Il y a 10 ans, la région Provence-Côte d'Azur regroupait 34% de la population côtière française. Maintenant, 37% et la densité a crû de 250-280 hab./km² (100 pour l'ensemble de la France).

Eco-développement de la Méditerranée

Les éoliennes économisent l'énergie...; retour à un rythme qui est celui de la Méditerranée ; il serait possible d'installer des éoliennes partout où l'irrigation est nécessaire : la Méditerranée n'est jamais avare de vent. Chaque méditerranéen dispose chaque année de l'équivalent de 3.000 kWh.

Le monde méditerranéen mérite mieux que d'être la piscine et le solarium de l'Europe...

La science éprouve des difficultés à entrer en politique, même écologique...

La rupologie est l'art et la manière d'accommoder les restes de la société industrielle ; elle représente déjà une ébauche de solution. Elle est notamment la seule issue possible pour les pays en voie de développement, le seul choix qui peut leur permettre de ne pas polluer sans pour autant devoir remettre en cause leur développement. La rupologie serait l'élément essentiel d'un éco-développement en Méditerranée. Réconcilier les exigences du développement avec les besoins de la protection de l'environnement, cela consiste à utiliser tous les progrès scientifiques, toutes les innovations, tous les raffinements de la technologie pour mieux gérer les ressources naturelles et pour créer les conditions nécessaires à la disparition progressive de l'État. La pollution n'est pas la rançon du progrès, mais l'effet d'une conception étroite du progrès.

Pour sauver la Méditerranée mieux vaudrait peut-être commencer par ne plus laisser les spécialistes faire semblant de résoudre les problèmes. "On écrit pour vous", ce slogan pourrait figurer sur la porte de toutes les commissions qui s'occupent de l'avenir de la Méditerranée. A la technique sauvage et destructrice s'opposent des technologies sobres, pondérées, créatrices qui recherchent l'harmonie et s'insèrent à tous les niveaux de l'économie ; elles se prêtent le mieux à la décentralisation des industries et de la production d'énergie.

Guérilleros écologistes

Formation d'une conscience écologique populaire... Entreprendre de sauver la Méditerranée c'est choisir l'insurrection permanente : inventer puis intensifier une véritable guérilla écologique... A travers une association comme "les amis de la terre" par exemple, pourrait s'organiser un échange permanent d'informations sur l'état de la Méditerranée, mais surtout sur les moyens de lutte et de contestation, sur les contre-expériences réussies...

L'information est un bien public et ne doit pas servir d'instrument de domination.

On peut même proposer, comme en Grèce, des commissions paritaires de contrôle et de surveillance. La guérilla écologique, véritable effervescence de l'imagination, est une force qui doit s'appuyer sur une base aussi large que possible. Il faut donc éviter la "notabilisation", les présidents d'honneur, les personnalités dont la présence aboutit trop fréquemment à la stérilisation d'une démarche ou d'une action parce qu'elles sont trop liées à la politique de la commune et se servent de l'écologie comme d'un tremplin politique... Seuls les pays en voie de développement ont besoin de plus de richesses, de plus d'industries, de plus de biens de consommation. Les pays développés de la Méditerranée sont repus : il leur suffit de mieux distribuer leurs richesses, de cesser d'en vouloir plus pour chercher à vouloir simplement mieux.

Conclusions

La Méditerranée des côtes est entrée en agonie,... mais la mort n'est pas pour demain... au sujet de la pluviométrie, les experts rappellent qu'ils ont constaté une nette diminution des précipitations depuis trois ans et que le déficit de l'eau à la fin de l'été sera au minimum de 60% par an, chiffre d'il y a 4 ans. Une des conséquences déjà constantes, outre la "disparition de nombreuses nappes phréatiques et l'assèchement d'un puits sur deux dans des pays comme la Turquie, la Tunisie et l'Algérie paraît être une diminution de 8% chaque année de la production agricole, toutes zones littorales confondues.

PLANIFICATION

Avenir des solutions techniques

Chaque solution technique crée son danger et va vers un désastre

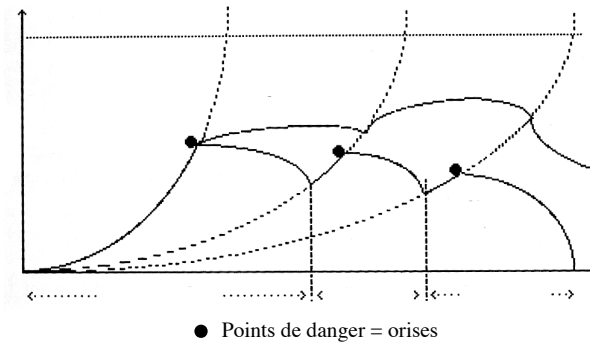


Fig. 7 : Évolution symbolique vers les désastres

Ex : un barrage-réservoir pour l'irrigation. Sédimentation de la retenue d'où périmètre abandonné.

Ex : eau souterraine pour l'irrigation, grosse extraction créant une forte baisse du NH ou un assèchement local. D'où périmètre non économique.

planification de l'eau

stratégie de l'eau	:	fonction technique
politique de l'eau	:	analyse économique
plan de l'eau	:	fonction objective

Développer simultanément les deux fonctions de l'analyse technique et économique à travers une sub-optimisation dans les parties composant le maître modèle pour obtenir la fonction objective (planification de l'eau).

La planification de l'eau comprend plusieurs alternatives :

A travers le modèle de décision, identifier de plusieurs alternatives le schéma qui a la plus haute efficacité économique pour obtenir le Maître Plan de l'Eau.

Intégrer le Maître Plan de l'Eau dans le Plan Régional de Développement.

Quelques données utiles (1981)

Domestique

Besoins d'eau potable	: 2-5 l/j/tête
population mondiale servie correctement en communautés urbaines (1975)	: 76%
idem avec de l'eau propre dans le rural (1975)	: 22%
idem dans l'urbain + rural	: 38%
idem urbain + rural + des facilités d'évacuation des excréments (1975)	: 27%
coût par tête d'accès à l'eau propre par tuyaux (1980)	: \$ 25-90
par connexion des maisons	: \$ 130-250
évacuation des excréments par latrines ou fosses privées	: \$ 13-25
idem par égouts	: \$ 200-500

Agriculture

agriculture pluviale : une pluie de 700 mm/an indiquée une garantie de bonne récolte

intensité de culture : portion de surface récoltée par rapport à la surface arable.

Entre 1980-2000, l'intensité de culture s'élèvera :

agriculture. irriguée : 1,11 à 1,29*

agriculture. pluviale : 0,71 à 0,76

* Trois pays seulement : Égypte, chine, Bangladesh, dépassent 1,50

besoin d'irrigation d'une céréale en sec :

7.000	m ³ /ha	sous climat tempéré
11.000	-	- conditions semi-arides
18.000	-	- conditions arides (désert)
15.000	-	- pour le riz

pertes d'eau d'irrigation associées au transfert + l'application : 10 à 50%

taux national d'installation de l'irrigation : jusqu'à 56.000 ha/an (Soudan)

coût d'investissement de rendre disponible 1 km d'eau pour 85.000 ha :

par barrage-réservoir	: \$ 120 M
par forages	: \$ 30-50 M

coûts variés d'irrigation (prix 1980)

amélioration de périmètres existants	: \$ 680/ha
installant un drainage correct	: \$ 240/ha
augmentant la surface	: 3.800/ha (2,500-8,000)
création dans le désert	: \$ 25.000-30.000/ha

industrie

usage par tête dans les pays en développement : 20-40 m³/an

- dans les pays développés : jusqu'à 2.300

consommation d'eau : 2 à 5% (rarement jusqu'à 20)

effet contraire de l'usage : quantité + sorte de débit perdu = pollution

la pollution industrielle crée une demande d'eau pour la dilution et le transport des déchets.

Énergie

croissance future de la demande globale proviendra des pays en développement. Les ressources les plus prometteuses d'énergie hydraulique se trouvent dans les pays en développement.

Une certaine quantité d'énergie est nécessaire pour élever l'eau aux niveaux d'usage.

Normalement, une portion de 40-80% de l'eau nationale disponible réclame de l'énergie.

Une dépense d'énergie de 0,4-0,8 kW/an est nécessaire pour élever à son niveau d'usage 1 m³ de l'eau annuelle disponible d'un pays (*règle-du-pouce*).

Rôle de l'eau en planification nationale

Elle est proportionnelle à la part du secteur agricole irrigué

Investissement dans le développement des ressources d'eau :

DCs (pays développés) : 0,3-2% GNP

LDCs (pays en développement) : 10-25% "

l'approche projet-par-projet reste l'approche ou la pratique commune.

Les planifications nationales de l'eau en 1981 étaient encore des exceptions.

La planification de l'eau est l'approche la plus raisonnable de la demande prospective, considérant que tout projet d'accroître la fourniture prend jusqu'à 20 ans pour sa réalisation tandis que la demande augmente considérablement. Dans la planification de l'eau, la demande est la souplesse et l'usage, la machine réclamant de la technologie.

Tous les usages d'eau peuvent être satisfaits de trois manières : prélèvement, eau courante, sur place. Ils se mesurent par deux nombres : l'allocation d'eau et le nombre rigoureux de la consommation par usage. La gamme des usages d'une nation est proportionnel au niveau de développement.

Le même volume d'eau peut servir successivement plusieurs usages, en supposant que les critères de qualité restent corrects.

Un pays peut satisfaire tous les besoins d'eau si l'approvisionnement égale la somme des pertes provoquées par l'usage, plus le volume d'eau courante nécessaire à la dilution des déchets afin d'assurer la dissolution de l'oxygène à 4 mg/litre dans les cours d'eau.

Les usages majeurs consommateurs sont : l'irrigation + maintien des marais et des zones humides pour la faune.

Les sources majeures de pollution : usages des maisonnées + manufactures de nourriture, pulpe et papier, produits chimiques et pétroliers.

Le besoin nécessaire d'eau propre est presque proportionnel à l'ampleur des usages de consommateurs et pollueurs.

Stratégie

La seule alternative à une relation évolutive entre une demande dynamique et un apport constant est l'approvisionnement en eau :

- pour croître la disponibilité de l'offre,
- pour diminuer la demande nette, en faisant un usage plus efficient de l'eau à disposition.

Toutefois, l'eau non-conventionnelle peut être prise en considération : pluie artificielle, collecte des eaux usées, recharge artificielle des nappes aquifères, dessalement, exploitation des glaciers, suppression de l'évaporation, enlèvement des plantes phréatophytes, transport de l'eau à longue distance par des supertankers, remorquage d'icebergs.

Planification

La planification centralisée et la planification décentralisée sont les deux éléments d'une même opération. La planification centralisée prend plus d'importance quand l'eau devient le facteur limitant. La planification locale subit la pression et doit être faite à court terme. La planification centrale, à plus long terme, n'a pas de pression. Elle vit en parfaite harmonie avec la planification régionale et locale. Il convient que la planification commence au niveau local et régional.

Systèmes

Bassin hydrographique, production hydroélectrique, eau d'irrigation, contrôle des crues, navigation, contrôle de salinité, eau souterraine.

Analyse de Système, par :

- simplification des hypothèses,
- contraintes (ex : contrainte de courant),
- données.

Modèle physique résumé du système selon cette analyse,
chercher comment trouver l'arrangement optimum du système.

D'où, le besoin d'aller vers un modèle mathématique symbolique du système disponible exemple : un modèle Linéaire de Programmation (L.P.) utilisera efficacement le peu d'information disponible sur le système.

Tâches du Modèle L.P.

- pour obtenir des estimations,
- pour amplifier les bénéfices nets = optimisation contrainte.

Le problème peut être formulé comme un problème de programmation linéaire selon lequel il est possible d'éliminer quelques suppositions = clarification préliminaire pour réduire le plus grand problème à un plus petit qui être analysé ensuite.

Ingénierie des ressources d'eau

La complexité croissante du système des ressources d'eau donne lieu à une foule de problèmes liés au développement, contrôle, allocation, traitement, utilisation et réutilisation des ressources d'eau. L'analyse et la solution de ces problèmes forment le champ d'action de l'ingénierie des ressources d'eau.

C'est le terrain traitant du développement total et de l'utilisation des ressources d'eau d'une région donnée :

... Il intègre plusieurs branches :

- sciences naturelles (math., physique, chimie, géologie, hydrologie, météorologie, etc.)
- sciences sociales (économie, sociologie, administration publique, science politique, etc.)

... Il a des closes affinités avec les disciplines traditionnelles suivantes :

- ingénierie civile, surtout l'ingénierie hydraulique, et l'ingénierie sanitaire
- hydrologie, évaluation quantitative et régime d'eau potable,

- ingénierie agricole, contrôle d'humidité adéquate, irrigation, drainage, stockage d'eau,
- économie, économétrie, théorie de décision, administration publique,
- loi

Considérant la mauvaise distribution de l'eau dans le temps et dans l'espace souvent associée avec une qualité douteuse, trois questions majeures se posent :

1. Quel système doit être construit afin de minimiser la différence existant entre l'alimentation naturelle en eau (temps, espace et qualité) et la demande pour elle ?

2. jusqu'où les ressources d'eau peuvent être aménagées, et quelle surface de la région peut être desservie par ce système ?

3. Quand le système est construit, comment peut-il opéré de façon à pouvoir accomplir une série d'objectifs de la meilleure des façons ?

1^{ère} question : hydrologie + ingénierie hydraulique

2^{ème} question : planification du développement des ressources d'eau

3^{ème} question : gestion de l'eau

De là, il s'ensuit que les ingénieurs des ressources d'eau doivent être (ou devenir) des analystes compétents dans d'autres disciplines ou au moins dans une discipline, telle qu'ingénieur-expert des ressources d'eau comme dans une des sciences qui complète l'ingénierie des ressources d'eau.

DESSALEMENT

Dessalement (1962)

Deux usines de démonstration : Freeport (Texas), San Diego (Californie)

capacité : 1 MGD ; coût : \$ 1-1,25/1.000 gal.MGD
= Millions de gallons par jour

coût de dessalement de l'eau : 20 fois le coût de l'eau douce non distribuée,
entièrement traitée.

Alors que les coûts de conversion de l'eau salée sont abaissés, le coût de l'eau douce de sources s'élève du fait que les sources d'eau douce ont été aménagées.

Maximum de concentration utilisée si la meilleure eau n'est pas disponible :

saumâtre	: 1.000 à 3.000 ppm
modérément salée	: 3.000 à 10.000 ppm
eau de mer	: 33.000 à 36.000 ppm

Usines de démonstration (après une usine-pilote)

1. Freeport (distillation), 1 MGD
2. San Diego (distillation), 1 MGD
3. Wrightsville Beach (Caroline du Nord, congélation)
4. Webster (Dakota du Sud, électrodialyse), 1400 ppm, eau souterraine
5. Roswell (Nouveau Mexique, distillation), 1 MGD, 2400 ppm, eau souterraine

1, 2, 3 convertissent l'eau de mer ; 4, 5 l'eau saumâtre

Coûts	\$/1.000 gallons
En 1930, conversion de l'eau de mer	: 4 et 5
A bord des bateaux, - - - -	: 2 à 4,5
Freeport (1962) 274 MG/an.	: 1,41
San Diego	: 1 à 1,25

Objectif à \$ 1,00 non encore atteint en 1962

Mais, il le sera quand le coût des usines de 10 à 20 MGD, baissera jusqu'à \$ 0,50 - 0,75

tandis que le coût moyen des facilités de l'eau aux USA était de 12,3 cents et l'eau municipale à : 20 - 40 cent (y compris les coûts de distribution).

La conversion de l'eau saumâtre par électrodialyse est moins coûteuse, par exemple : Coalinga (Californie) : 28.000 GD depuis 2.400 ppm = \$ 1,43

Arizona et Dakota du sud : \$ 0,25 à 1,30

Des coûts plus élevés des unités d'exploitation de terrain.

Des coûts plus bas par les usines prévues à grande échelle.

Welcona (Afrique du Sud) à partir de 3000 ppm ; 3 MGD= \$ 0,50 (opérations seulement)

La facture mensuelle pour une famille de 3 ou 4 personnes : \$ 4 à 5 ou 33 - 42 cts/1000 gallons

Conclusions

Ces conclusions peuvent être établies comme suit :

1. La déminéralisation de la mer et de l'eau saumâtre en grande quantité à un prix comparable de l'eau aménagée à partir des sources d'eau douce réside considérablement dans le futur.
2. Les procédés ne sont pas en vue, qui déminéraliseront l'eau salée ou l'eau de mer sur une base compétitive avec le coût de l'eau d'irrigation fournie couramment aux zones des Etats de l'Ouest.

3. en comparant les coûts de déminéralisation de l'eau, tous les coûts affectés correctement à la production d'eau délivrée au consommateur doivent être pris en compte et non pas traités seulement comme des coûts.
4. Si le progrès technique dans les procédés d'amélioration se poursuivent au rythme actuel la déminéralisation de l'eau saumâtre pour usage domestique sera garantie et économiquement justifiable en des zones limitées des États-Unis.
5. Comme l'eau saumâtre s'obtient par des sources continentales en de nombreuses zones à travers le pays, un nombre restreint de puits seront probablement forés dans les prochaines années, spécialement pour le développement de l'eau à déminéraliser par les méthodes les plus efficaces.

Source : *Rapport 1962 Bureau de l'eau salée*

Plan de conversion de l'eau de mer (1967)

capacité journalière : 50 M de gallons (MGD)

Energie nucléaire

coût de l'usine : \$ 34 M. (sans le réacteur)

coût de la production : \$ 0,34 M/1.000 gal.

4 unités 36 - paliers en tandem produisant chacun 12,5 MGD

En 1970, possible usine à Los Angeles de 150 MGD, double effet, quelques centaines de M \$, coût de la production : 0,25 \$/1.000 gal.

Westinghouse propose la construction d'usines de 50 à 150 MGD, si demandées.

plan URSS 125 MGD

MGD	m³/jour	m³/s
50	190.000	2,2
75	285.000	3,3
100	380.000	4,4
125	475.000	5,5
150	570.000	6,6

Dessalement (1979)

Arabie Saoudite des usines produiront 2.7 Mm³/jour (986 Mm³/an) en 1983.

Les 80.000 m³/jour de l'usine de Jubail par Osmose Inverse coûte : \$ 2-3 Milliards.

Japon : capacité installée : 70.000 m³/jour à plusieurs phases (multi-stage flash, MSF).

Plan de production MSF modules de 100.000 m³/jour chacun.

Pénurie d'eau potable prévue : 4-6 km³/an en 1985.

coût estimé de la production d'eau douce à partir d'une usine à double effet depuis 100.000 m³/j 0,85/m³ comparé avec \$ 0,5 - 11,00/m³ pour l'eau de rivière traitée.

Mais les problèmes environnementaux et la crise de fuel obligent à considérer l'Osmose Inverse.

USA : la capacité de dessalement atteindra 110 Mm³/jour (40 km³/an) en 2000.

A Yuma/fleuve Colorado, la plus grande usine de dessalement par Osmose Inverse : 360 : 000 m³/j.

Israël : nouvelle technologie MSF sur une usine-pilote de 4.000 m³/jour avec une consommation de fuel inférieure à 6 kg/m³ d'eau dessalée + énergie de pompage de 1,5 kWh/m³.

La qualité de l'eau sera de 50 mg/l de sels totaux dissous.

Dessalement (1983)

Coûts Unitaires Comparés (Investissement Coûts comparés de Production d'eau pour une usine de 5 MGD (19.000 m³/j) pour une usine* de 5 MGD (19.000 m³/j)

Type d'usine	\$/m ³ /jour installé	\$/m ³	* Basée sur un taux d'intérêt à 10% 20 ans de vie, 2%/an d'assurance
Usine à but unique			
MSF (coef. économique.=12)	1980	1.74	Distribution des Coûts de Production pour l'Osmose Inverse d'eau de mer
Vapeur Comprimée			
Évaporation (VCE)	1240	1.13	
Osmose Inverse 2-phases*	980	1.29	%
Usine à Double but			Capital 33
MSF (coef. économique=12)	1720	1.47	Énergie (avec récupération) 36
Évaporation Multi-effet			Autre (membrane de remplacement) 31
tube Horizontal (180° F)	1510	0.96	
tube Horizontal (basse temp.)	1360	0.81	

* RO Osmose Inverse avec récupération d'énergie

Coûts de l'eau (prix 1980)

dessalée par procédé thermal : \$ 1,6/m³

par Osmose Inverse : \$ 0,7/m³

eau usée nettoyée : 0,4 à 3,4 \$/m³, suivant le type de réutilisation

(en ordre croissant) : irrigation, recharge de l'eau souterraine, industrie, usages directs.

AUTRES EAUX NON CONVENTIONNELLES

Rénovation de l'eau usée (au prix de 1985)

Coûts unitaires de l'investissement comparé pour une usine de 20.000 m ³ /j		Coût annuels comparés (investissement. + opération et entretien) pour une usine de 20.000 m ³ /j*
Type d'usage	\$/m ³ /jour installé	\$/m ³ * Basée sur le taux d'intérêt à 10% 20 ans de vie, 2%/an assurance
usage secret de l'agricult.	440-515	0.5-0.6
usage non secret de l'agr.	1675-2050	1.5-1.8
usage industriel	2265-3090	2.0-2.8
recharge de l'eau sout.	1705-2540	1.7-2.4
usage direct	3825-4800	3.1-4.0

Source : de UN Water Conference Nov.1976. Classeur C XI/82

Réutilisation de l'eau usée en Israël

source d'eau usée	volume produit (m ³ /j)	volume réutilisé (m ³ /j)	% réutilisé (par jour)	volume réutilisé (Mm ³ /an)
urbain	343.000	79.000	23	20.6
rural	64.000	42.000	65	8.5
total	407.000	121.000	30	29.1

Source : World Water Sept. 1987 pp. 48-49

Vent et soleil pour le dessalement rural

Le dessalement de l'eau de mer demande plus d'énergie quand elle contient 40.000 parts de TDS (total sels dissous) contre 1.000-10.000 pour l'eau saumâtre. Coût de l'eau produite est 5-6 x h. En aucun cas, les TDS ne peuvent être réduits à moins de 500 ppm.

Outre qu'il s'agit d'une technologie prouvée, RO demande moins d'investissement de capital, de coût d'opération, de temps de construction et d'espace que les usines de distillation.

Les types de modules de membrane sont commercialement disponibles : spirales, fibre à trou fin, tubulaire.

Définition de deux termes communs

Conversion ou récupération du taux : pourcentage d'eau d'alimentation convertie en eau pure.

Pour l'eau saumâtre, RO taux de récupération : 80-90%, 30 bars

eau de mer - - : 20-30%, 65 bars

facteur de performance (énergie requise pour le dessalement : masse d'eau dessalée en kg/2.320 kj d'apport d'énergie (l'énergie de vaporisation de 1 kg d'eau = 2.320 kj)

Une eau saumâtre typique dessalée par RO produit 19 m³/jour d'eau de boisson par une alimentation d'eau à 3000 ppm de salinité, elle réclame environ 6 kW d'énergie.

ENERGIE

Géothermie (1980)

Deux applications :

- production d'électricité supérieure à 80°-150° C.
- utilisation directe de la chaleur inférieure à 80° C.

1980 : puissance installée : 3000 MW en 13 pays dont 960 USA

: 80% USA. Italie, Philippines, Nouvelle Zélande, Japon.

Profondeur exploitable par forage : 1000-2000 m, dans les conditions économiques actuelles.

A l'image de ce qui s'est produit dans l'exploitation pétrolière, la découverte des premiers champs géothermiques s'est surtout basée sur les indices de surface (fumerolles, geysers, sources thermales) quand l'exploration se limitait pratiquement au "forage sur indice". Progressivement, elle s'est dotée de moyens plus performants et s'est orientée vers la recherche de champs "cachés" qui fait intervenir des spécialistes en vulcanologie, géologie structurale, géochimie, hydrogéologie, géophysique, etc.

Reconnaissance au niveau d'un pays :

1. sélection des zones suivant les critères vulcanologiques et structuraux,
2. préféabilité : modèle géologique et hydro-géochimique des zones sélectionnées
3. faisabilité : réalisation des forages profonds d'exploration
4. développement du champ par forage systématique du réservoir.

Utilisation directe des fluides géothermaux : géothermie à basse énergie (BE), condition *sine qua non* : adéquation entre les besoins de chaleur et la présence d'un aquifère pouvant fournir une température et un débit satisfaisants.

Le Ministère de l'Industrie (France) a créé le Comité de Géothermie qui assure la garantie du risque minier. En France, l'eau géothermale est une substance concessive au même titre que toute autre substance minérale. Si l'on tient compte des aquifères à faible profondeur, le nombre de cibles géothermiques à exploiter au besoin avec des pompes à chaleur est très important.

L'énergie géothermique émane de la décroissance de radioactivité d'un isotope de K qui provoque un échauffement généralisé de 30°/km de profondeur.

Source : *extrait du numéro spécial sur
l'énergie des ingénieurs-géologues.*

Énergie 1987

Tep : tonne équivalent pétrole

tep = 1,5 tec (charbon)

Demande mondiale : 12 Milliard en 2000

Nucléaire

1980 : électricité mondiale, 262 centrales, capacités installée 142 GWe, production 150 M tep.

1985 : 15% (e.m), 330 M tep

1990 : 24% (e.m), 650 M tep, 530 GWe, soit 7% consommation mondiale.

2000 : 35% (e.m.), 1500 tep, 1200 GWe, soit 12% consommation mondiale.

réserves mondiales uranium : 70 G tep

Charbon

réserves mondiales : 500-700 G tep, soit 5-10 fois les autres sources.

ressources : 1000 -1500 G tep

production : 5 G tep (2000) sur les 12-13 G tep de consommation totale d'énergie, soit 40% contre 30% (82)

Hydroélectricité

potentiel mondial : 2 G tep

équipé en 1980 : 17%, soit 370 M tep

équipé en 2000 : 40%, soit 800 M tep

Autres énergies

... biomasse = transformation de la matière végétale, mais une limite sera rapidement atteindre dans la compétition avec l'utilisation des sols pour l'alimentation d'une population mondiale rapidement croissante.

... électricité solaire : chance pour le tiers-monde, 500 M tep pourraient théoriquement subvenir aux besoins d'un milliard d'habitants moyennant un investissement de 100 Mds de \$

Pétrole et gaz

reste à trouver : 1,5 G tep supplémentaire.

production pétrole 74 : 3,0 G tep + 1 G tep gaz

gaz naturel 80 : 1,5 G tep + 0,5 pétrole

réserves mondiales : 300 G tep, dont 100 réellement prouvés.

Part. contribution en 2000 : pétrole : 30-35% ; gaz : 15-20%

A l'avenir, les questions d'environnement occuperont une place de plus en plus grande. Les techniciens ne devront plus seulement calculer, concevoir, construire ; il leur faudra également informer, discuter, convaincre.

Source : *Rapport Hugon (extrait du numéro spécial sur l'énergie des ingénieurs géologues).*

Cellules solaires

Règle du pouce pour l'énergie une aire terrestre = 75 watts/m² aux localisations où l'insolation = 1000 W/m². Donc, un système de 1000 w peut consister en 1,3 m². Dimension conservatrice pour autoriser la dégradation par radiation sur un panneau de 1,5 m² (255 cellules, 7,5 j).

A présent (1982), coût de modules de cellule solaire varie de \$ 7-12/pointe de watt et le prix de module (1975 \$) à moins de \$ 0,5/pointe de watt fut projeté par le Department. US d'Energie en 1986 et \$ 0,1-0,3 en 1990.

Israël projet d'énergie solaire, Mer Morte

Une mare de 10.765 m²x24 m de profondeur, revêtue de caoutchouc, contient 2 types d'eau lourde (Mer Morte) + une eau saumâtre plus légère de puits. Le rayonnement solaire chauffe l'eau lourde qui ne peut pas s'élever à cause du poids ; ainsi l'eau atteint 93°C, assez pour changer le fréon liquide en gaz brûlant, utilisé pour alimenter une turbine-génératrice de 150 kW.

Une seconde mare de 1 km² produira, en 1983, 5 MW. coût du projet : \$ 20M.

Énergie solaire

Installation-pilote Koweït 300 m² de capteurs solaires fournissent l'énergie par condensation de l'eau ; ils produisent 10 m³/j d'eau pure par un évaporateur de type multi-flash nécessitant seulement le graissage de la pompe, tous les 3 jours.

Prix de l'eau dessalée ; 4-10 FS/m³

Possibilité maximum : 1.000 m³/j par suite contrainte surface capteurs

Source : Ruedi KRIESI, asst. Institut.
de Thermique appliquée (EPFL 1981)

L'énergie hydroélectrique dans le Monde

Tableau 1

**Estimation de l'énergie hydro-électrique annuelle
produite par les aménagements existants**

Pays	Potentiel énergétique en exajoules (IEJ = 10 ¹⁸ J)			
	1976	1985	2000	2020
OCDE	3,78	4,49	5,37	7,80
A économie planifiée	0,72	1,20	2,88	8,70
En développement	1,17	1,97	4,49	11,80
Total mondial	5,67	7,66	12,74	28,30

Source : C.M.E. 1980

Tableau 2

**Potentiel hydro-électrique mondial
(Estimation brute de la capacité théorique, en Mégawatts)**

Pays développés à économie de marché	533.089
Pays à économie planifiée	615.160
Pays en développement	1.194.390

Pétrole (réserves de)

a) prouvées au 1.1.72		(Millions de tonnes)	
Moyen Orient *	53.000	* Arabie Saoudite	21.000
Afrique	16.000	Koweït	9.000
Russie	15.000	Iran	8.000
USA	5.000	Iraq	5.000
Mexique + Sud Amérique	3.000	Autres	10.000
Canada	2.000		53.000
Venezuela	2.000		
Indonésie	2.000		
Europe	2.000		
	100.000	(ou 120.000 Mm ³)	

b) Estimation théorique

Pétrole brut continents	170.000
Pétrole brut mers	100.000
Réserves secondaires	200.000
Sables + schistes bitumineux	150.000
	620.000

Consommation mondiale 1971 : 2.500
 Augmentation : 8% an. Double en 9 ans
 1 tonne métrique = 7 à 7,7 barils (suivant densité)
 densité = 0,9 à 0,8

Pétroliers

flotte mondiale :	2.700	(1973)
	3.500	(1978)
Progression	10%	av. 1973
En construction :	1.031	en 1973
Il en restait :	610	en 1975

Caractéristiques

Vitesse	: 15-16 nœuds = 30 km/h
Traversée Europe - Golf	: 70-100j
Capacité moyenne	: 150.000 t. pét. = 190.000 m ³ eau
Temps de remplissage	: 36 heures
Tanker géant	: 550.000 t
Long. : 414 m; Larg. : 63 m : haut. : 36 m	
Coût	: 550 M Fr., soit 1.000 Fr/t.
Capacité annuelle de transport des 3.500 tankers	: 1,7 milliard de t. de pétrole = 2,1 km ³ d'eau, soit 486.000t/an/tanker
Equipage tanker géant	: 38 pers.
Salaire	: 3.500 Fr/mois, nourri, logé, blanchi+18 j congé/mois de navigation

Coût du pétrole transporté**Transport en Méditerranée**

indice 100 : tanker de 80.000 t.	durée : N-S : 1j; E-W : 4j
indice 50 : tanker de 270.000 t	rotation : N-S : 5j; E-W : 11j
indice 44 : tanker de 550.000 t	capacité : N-S : 1,1 Mm ³ /mois = 14 M/an E-W : 0,6 Mm ³ /mois = 7 M/an

Exportateurs nets de pétrole

Algérie	4.800	Libye	160
Angola	9.644	Malaisie	1.319
Bolivie	18.000	Mexique	20.244
Birmanie	75.000	Nigéria	1.515
Congo	9.040	Pérou	12.500
Equateur	21.000	Arabie Saoudite	900
Egypte	3.800	Tunisie	29
Gabon	17.500	Vénézuéla	11.644
Indonésie	30.000	Zaïre	132.000
Iran	10.196		379.431

Importateurs nets de pétrole

Afrique		Asie	
Bénin	1.792	Afghanistan	6.000
Botswana	2.984	Bangladesh	1.307
Burundi	-	Iles Fidji	400
Cameroun	22.960	Inde	70.000
Rép. Centrafricaine	11.040	Rép. de Corée	5.514
Tchad	3.440	Népal	80.000
Guinée Equatoriale	2.400	Nouvelle Calédonie	139
Ethiopie	9.214	Pakistan	20.000
Ghana	1.615	Papouasie, Nlle Guinée	17.762
Guinée	6.400	Philippines	7.504
Guinée Bissau	120	Sri Lanka	1.180
Côte d'Ivoire	780	Syrie	1.000
Kénya	13.440	Thaïlande	6.242
Lésotho	490	Turquie	15.200
Libéria	6.000	Vietnam	53.598
Madagascar	64.000	Iles Samoa	15
Malawi	100		285.861
Mali	3.520	Amérique Latine et Centrale	
Mauritanie	2.000	Argentine	48.120
Ile Maurice	80	Brésil	90.240
Maroc	975	Chile	15.780
Mozambique	11.920	Colombie	50.000
Niger	9.600	Costa Rica	4.336
Réunion	82	Guatemala	1.176
Rwanda	-	Guyane	12.000
Sénégal	4.400	Honduras	4.800
Salvador	900	Nicaragua	3.600
Sierra Leone	3.000	Panama	2.400
Somalie	240	Paraguay	6.000
Soudan	16.000	Surinam	260
Swaziland	700	Uruguay	2.512
Tanzanie	20.800	Caraïbes (total)	5.400
Togo	480		244.514
Ouganda	12.000	Europe	
Haute-Volta	12.000	Portugal	6.118
Zambie	3.834	Roumanie	8.033
Zimbabwe	5.000	Yougoslavie	16.957
	253.000		31.178
		Total Mondial : 2.342.639	

DIVERS

A propos des OVNI et de la barbarie des humains

Prof. J. P. Petit : Les civilisations sont comme des êtres vivants. Quand deux individus se rencontrent, 3 attitudes sont possibles: on cohabite, on se dévore ou on se rejette. L'existence d'une éventuelle civilisation nous fait peur, car supérieure à nous sur le plan technique, elle pourrait nous asservir. C'est le leitmotiv des œuvres de science-fiction. Mais il y a plus grave. Si des êtres nous visitent, sans nous asservir, c'est qu'ils nous sont peut-être supérieurs sur le plan moral, social ou politique. Le contact pourrait alors entraîner une décomposition de la structure sociale primitive et barbare. Notre culture terrienne, incapable de cohabiter sans heurts, choisit le rejet. C'est quasiment une réaction de défense immunitaire, qui rappelle celle du Dr. Zaïus dans "La planète des singes".

Interviewer : Vous n'êtes pas indulgent pour l'espèce humaine!

Prof. J. P. Petit : Regardons autour de nous. La plupart des humains meurent de faim alors que les autres entassent des armements complètement démentiels. Nous avons de terribles chances d'être vitrifiés dans les 5 à 10 ans à venir, notre science est totalement pervertie. Tout ce que les humains peuvent inventer est aussitôt, et en absolue priorité, converti en armes nouvelles. 95% du génie créateur humain s'épanouit dans cette voie démente. Nous sommes des fous suicidaires."

Source : d'après le Prof. J. P. Petit, physicien au CNRS et spécialiste de mécanique des fluides, Interview Paris n°2533, 26 oct. 1984.

Satellite ERTS-I

7 centres de réception au monde :

Goddard (NASA), California, Alaska, Canada (Prince Albert), Italie, Brésil (Cuiaba), Indonésie.

Un centre comme Cuiaba comprend :

Récepteur, Démultiplicateur (sépare bruits et signaux), Enregistreur, Formateur, (décodeur), Moniteur rapide ; ce dernier donne des photos blanc et noir non redressées. Donc il faut également un "Centre d'opération" pour passer de l'Enregistreur (Centre de réception) au Centre d'opération.

Coût (1974)

Centre de Réception	\$ 1,5 M.
+ équipement de secours	\$ 0,8 M.
Total	\$ 2,3 M.

Centre d'opération	\$ 4,0 M.
Grand total	\$ 6,3 M.

Source : *Instituto de Pesquisas Espaciais São José dos Campos, Estado de S. Paulo*
(*Conselho Nacional de Pesquisas, Presidencia da Republica, Brasil*)

Futurologie

Science développée aux USA vers la décennie 1970

Rand Corp. Sta Monica (California)

Tempo Center for Advanced Studies (dépend de la General Electric) Sta. Barbara

Hudson Inst. Harmon/Hudson (NY)

Arthur Little Inst., Cambridge (Mass.)

Batelle Inst., Columbus (Ohio)

Nord et Sud

Le Tiers-monde n'est pas pauvre ; il vit pauvrement.

Figure des trois mondes : le nord ayant accaparé l'est et l'ouest, le "Sud" restant solitaire. L'est et l'ouest prennent appui l'un sur l'autre.

L'accroissement démographique devrait être accompagné d'important investissements pour adapter le contenant au contenu, mais ces investissements vitaux se heurtent alors au mur financier de la guerre froide. Le résultat est éloquent, le cycle millénaire de la vie et de la mort est ouvert, mais c'est un cycle de misère.

Peut-être le monde n°1 même en dehors de toute solidarité humaine, pourrait-il ne pas rester insensible à une poussée lente et irrésistible, humble et féroce vers la vie. Car ce Tiers-Monde ignoré, exploité comme le Tiers-Etat veut lui aussi être quelque chose.

Les pays occidentaux fixent le cours des matières premières.

Les conditions d'une véritable indépendance passe par la maîtrise des systèmes économiques. L'émergence du conflit nord-sud provient de l'irruption des nations prolétaires ou Tiers-Monde, concept aussi peu satisfaisant que ceux du Nord et du "Sud", car ils ne traduisent pas la diversité des pays ni l'extrême inégalité sociale à l'intérieur de chacun des pays.

Premier choc pétrolier : c'est l'âge d'or du dialogue Nord-Sud qui aboutit à une conférence Nord-Sud sur la coopération économique internationale ouverte en 1975 et soldée par un échec en 1977. En 1976, un programme intégré pour les produits de base aboutit à un accord signé à Genève mais qui n'entrera pas en vigueur.

Le flux des pétrodollars (\$ 20 MM en 1974 pour la seule Arabie saoudite) représente l'équivalent de l'aide totale aux pays en voie de développement en 1972. En 1980, à l'ONU, le Nord rejetait la notion de négociation globale. En 1983, le "Sud", étranglé par l'endettement, l'effondrement du cours des matières premières et du pétrole. Les pays du "Sud" se battent pour éviter la banqueroute.

Les formes subtiles du néocolonialisme : l'administration est restée ce qu'elle était, plus peuplée qu'avant, moins efficace, plus tatillonne, corrompue mais organisée suivant les mêmes principes, maniant les mêmes concepts, respectant les mêmes hiérarchies.

La Convention de Lomé de 1975 reconduite tous les 5 ans, traite des relations commerciales des produits de base et de la solidarité financière. Elle demeure le plus beau fleuron du dialogue Nord-Sud et maintient des

relations privilégiées entre ancienne colonie et ex-métropole européenne. Mais le bilan est décevant.

Le partenariat est-il possible ? Sans partenariat, le "Sud" prendra du retard sur le Nord qui avance. La Communauté européenne est un partenaire possible car elle n'est ni Etat ni compagnie. Mais pour cela il faut une morale internationale. Aujourd'hui la Convention de Lomé joue le rôle d'une bouée de sauvetage percée.

Vieux problème de l'échange des produits de campagne du sol et du sous-sol contre les produits de la ville, de la technique et de l'industrie. Les prix des matières premières n'ont pas suivi à long terme ceux des produits industriels.

L'aide est souvent "liée", c'est-à-dire prédestinée à financer certaines dépenses.

L'évolution économique du "Sud" dépend de leurs échanges avec les pays industrialisés. Pour que se réduise l'écart avec les pays du Nord, ils ont besoin d'une croissance très soutenue et d'une participation plus large aux échanges internationaux. Les pays industrialisés ont à l'égard du "Sud" des responsabilités qu'ils assument peu et sans doute moins qu'il y a 20 ou 30 ans. Le "Sud", longtemps contraint d'acheter et de vendre aux seuls pays riches du Nord, tente de développer les échanges commerciaux directs entre eux. Dans les années 70 émergea un groupe de pays du "Sud" dénommé *les nouveaux pays industrialisés* (huit : Hong Kong, Corée du Sud, Taïwan, Singapour, Malaisie, Inde, Brésil et Mexique).

Deux événements majeurs en 86 :

1. Réunion sur le projet de création d'une Banque du "Sud"
2. Ouverture du 1er cycle de négociation sur un système mondial de préférences commerciales.

Le "Sud" a compris qu'il doit compter sur lui-même pour sa croissance car les perspectives d'exportation vers le Nord se réduisent de plus en plus. La croissance dans le Nord sera laborieuse. La solidarité Sud-Sud reste la seule perspective dans les dix prochaines années.

Le prix de la dette

En l'effet se creuse. En 1984, le "Sud" a transféré \$ 11 Milliards nets vers le Nord. En 1986, 29 Milliards. La nouvelle internationalisation de l'aide, sous l'hégémonie du FMI et de la Banque Mondiale, qui pèse désormais d'un poids supérieur à leur apport financier, et sous l'hégémonie des grandes puissances, a permis d'assurer tant bien que mal, au jour le jour, la survie des économies en crise dans les pays du "Sud", mais en renforçant leur dépendance vis-à-vis du marché mondial, c'est-à-dire en se détournant chaque jour un peu plus des objectifs d'indépendance et de développement autonome pour ces pays.

Le développement des sociétés industrialisées s'est largement fait de l'intérieur.

Les puits du Sahel ont rendu à la fois un bon et un mauvais service aux organisations non-gouvernementales (ONG) de développement. Depuis 25 ans, l'action des ONG reste figée dans l'image du puits. En fait, la nature de l'aide est double :

- 1) l'aide d'urgence en cas de catastrophe tend à accaparer tout le champ parce qu'elle est spectaculaire
- 2) l'aide au développement retient peu l'attention parce qu'elle est peu spectaculaire et ses résultats se mesurent seulement à long terme.

Il existe des pays inconnus au hit-parade des catastrophes alimentaires : sait-on que le Kenya a dû traverser une période de sécheresse aussi dramatique que l'Éthiopie de 1983 à 1985 ? Le premier a parfaitement surmonté l'épreuve.

Se rappelle-t-on que la dernière famine en Inde date de 25 ans et qu'aujourd'hui le pays regorge de surplus céréaliers alors que les aléas climatiques sont aussi graves qu'en Afrique Sahélienne. Il existe des possibilités de régler les problèmes de disette mais on ne peut distribuer que lorsque l'on a produit.

L'atterrissage en douceur du dollar, l'évolution du dollar depuis 1980, montrent qu'il existe souvent, mais pas toujours, des mécanismes de "main invisible" qui ont pour effet de redresser des tendances excessives. La baisse du pétrole en 1986 fut une grande déception car elle n'a pas stimulé l'économie du Nord contrairement à toutes les prévisions.

Les projets d'investissement apparemment rentables aujourd'hui au nouveau prix du brut, le seraient-ils demain à son prix à moyen terme ? La hausse du pouvoir d'achat des ménages en Europe en 1986 était-elle durable ou s'agissait-il d'une simple embellie ?

Depuis 1973, l'économie mondiale a subi de nombreux chocs :

Deux hausses brusques du prix de l'énergie

Deux récessions dont la seconde, aggravée par la politique monétariste américaine.

Augmentation soudaine mais éphémère du revenu et de la consommation des ménages en 86.

Ainsi, de choc en choc, est-on arrivé en 1986 à une situation d'incertitude.

Sédiments de Phosphate

1981 : 143 M tonnes exploités dans le monde. 40% par les USA ; valeur \$ 1,539 M.

Croissance de la consommation: 6,3%/an.

Dépôts d'apatite d'origine ignée contribuent à une production mondiale de 15%.

USA, URSS et le Maroc-Sahara contiennent 73% des sédiments mondiaux de Phosphate

La Chine, la Tunisie, la Jordanie et l'Afrique du Sud en exploitent 13%.

Le fait que les usines de manufacture existantes furent conçues pour des sédiments de haute qualité change lentement. Le marché mondial est dominé par les dépôts du sud des USA et par le Maroc avec 56%. URSS exporte 14%, surtout en Europe de l'est.

A cause des coûts du transport maritime largement augmentés depuis 1974, le prix du phosphate est environ 50% plus élevé à l'importation. Les principaux exportateurs de blé (USA, Canada and Australie) sont en effet exportateurs d'une portion notable de leur phosphate. En général, les UDCs ont également de telles ressources minières non développées.

Les grands producteurs de phosphate rock opèrent en millions of tonnes métriques sous réserve qu'il soit exploité dans les conditions économiques existantes.

Pays	production 1980	réserve de base
USA	54.4	8.000
URSS	26.1	6.300
Maroc-Sahara	18.84	4.000
Chine	6.7	10.000
Tunisie	4.6	500
Jordan	4.2	1.100
Afrique du Sud	3.3	700
Togo	2.9	110
Brésil	2.9	800
Israël	2.6	150
Nauru	2.1	20
Christmas Isl.	1.7	62
Sénégal	1.4	75
Syrie	1.3	830
Algerie	1.0	1.000
Corée du nord	0.5	90
Inde	0.4	110
Vietnam	0.4	100
Mexique	0.3	1.030
Zimbabwe	0.1	50
Finlande	0.1	565

Raisonnement tactique

La pensée

1. Mise dans l'ambiance : étude de chaque facteur de la décision.
Rapports entre les facteurs de la décision = analyse qui fait connaître la réalité.

	Mission	Ennemi	Terrain	Moyens
Mission	XXXXX	0	0	0
Ennemi	0	XXXXX	0	0
Terrain	0	0	XXXXX	0
Moyens	0	0	0	XXXXX

Synthèse ou conclusion qui fait comprendre la réalité.

2. Synthèse partielle : rapport des facteurs deux à deux donnent les synthèses partielles.

3. Conclusion générale : on n'y retient que les éléments essentiels, utilisables pour la conception. La conclusion générale nous dit :

Mission : voilà ce qu'il faut faire

Ennemi : voilà ce qu'il faut battre

Terrain : voilà où on peut le faire

Moyens : voilà ce qu'on peut faire

Elle offre plus de manoeuvres possible.

C'est le terme de la pensée. Après la pensée, l'action.

L'action

1. La décision : en face des manoeuvres possibles, il faut choisir.
C'est un acte de volonté qui se traduit par un choix ; le choix de la

manoeuvre estimée la plus apte à remplir la mission. Elle s'exprime par l'idée de manoeuvre : de quoi s'agit-il ? que voulez vous faire ?

- l'idée de manoeuvre découle des principes
 - la mettre à l'infinitif
 - la précéder des mots : renseigné sur..., couvert sur..., faire effort sur... (tel axe)
 - la direction des phases principales (1er temps, 2e temps, etc.)
Uniquement des idées, aucun procédé

2. La réalisation :

- préparation de la manoeuvre
- conduite de la manoeuvre

Contexture des ordres

- Situation
- Mission
- Renseignement sur l'ennemi
- Idée de manoeuvre = intention
- Organisation du commandement
- Dispositifs
- Répartition des missions
- Ordres particuliers

SUPPLEMENT EAU

Barrages

Nombre : 35.000 (dont 50% en Chine, 17% aux USA)

15-30 m : 80% ; 30-60 m : 16% ; > 60 m : 4%

Quelques grands barrages (1985)

Nom	Volume digue (Mm ³)	Capacité (km ³)	Coût (\$ M)
Tarbela	142	13,4	1.500
Aswan	43	170	1.000
Itaipu	27	30	15.000

Coût du km³/an régularisé : \$ 120 M (en moyenne)

\$ 40 M par forage pour l'eau souterraine

1. Envasement (espérance de vie)

normal : 2-10 kg/m³ d'eau (jusqu'à 50 kg/m³ en Chine

remèdes (coûteux) : surélévation, dragage, barrage-piège à l'amont, sols.

espérance de vie : 5-100 et +. La valeur du barrage diminue.

2. Écologie : ex. d'Assouan

3. Socio-économique : inondation de bonnes terres, déplacement de population, rendement discutable.

4. Dangers : ruptures (10 en 20 ans) ; quelques milliers de morts (30.000 à Mervi, Inde provoquent des séismes après remplissage du réservoir.

Avantages

Ils peuvent satisfaire plusieurs usages à la fois

Estimation des ouvrages construits : \$ 350 Milliards

Aménagement des cours d'eau :

nul : fleuves arctiques ;

presque nul : Amazone, Congo ;

complet : Nil, Volta, Zambèse

Europe et USA : surtout voies commerciales (Rhin, Ruhr, Danube, Mississippi)

: peu pour l'irrigation (Tisza, Colorado)

Conclusion

Malgré le coût élevé, le barrage est la seule technologie maîtrisée par l'homme pour le contrôle du cycle de l'eau.

Grands Transferts D'eau

Quelques grands ouvrages

Peking-Hantcheou.....	1.800 km
Californie.....	700
Rajasthan.....	600
Colorado.....	400
Jongleï.....	300
Israël.....	200

Coûts

\$ 0.10-0.80/m ³ d'écoulement	(1968)
\$ 0.25-1.85/ -----	(1985)
\$ 2.6 M/km	(1968)
\$ 6.0 M/km	(1985)
\$ 0.02/m ³ /an de redevance-usager	(1968)
\$0.05/m ³ /an -----	(1985)

Grands Projets

USA	NAWAPA (N. American Water & Power Alliance)
	Depuis le Mackenzie : 5.000 km (+ 5.000)
	Coût : \$ 100 B (1968) ou \$ 230 B (1985)
	\$ 0.72/m ³ d'écoulement (1968)
	\$ 1.65/ ----- (1985)
	Flux : 136 km ³ /an
	Projet d'eau de l'Ouest
	Depuis la Columbia R. : 1.400 km (+400 +400)
	Coût : \$ 13 B (1968) ou \$ 30B (1985)
	\$ 0.80/m ³ d'écoulement (1968)
	\$ 1.85/ ----- (1985)
	Flux : 16 km ³ /an
	Avec le Système de l'Aqueduc marin
	Depuis Rogue R. : 1.300 km
	Coût : \$ 8 B (1968) ou \$ 18 B (1985)
	\$ 0.60/m ³ d'écoulement (1968)

114

\$ 1.40/ ----- (1985)

Flux : 14 km³/an

URSS Ob Super-Canal 2.200 km (+800)

Coût : ?

Flux : 60 km³/an perte par infiltration = 10%

Dimensions du canal : prof.12m,larg. 150m

(1.000m³/s=25 km³/an)

250m (2.400 --- = 60 ----)

but : renverser sens d'écoulement Irtysh R. sur 720 km

relever l'eau de 45m + 55m pour franchir le col

Turquie Depuis O. Seyhan et O. Ceyhan 6.600 km (par 2 conduites)

vers Syrie, Jordanie, Ar. Saoudite, Koweït, E.A.U., Qatar,

Bahreïn, .

Coût : \$ 21 B (1985)

Flux : 14 Mm³/jour

Eau Souterraine

Rôle des réservoirs aquifères pour contrôler le cycle de l'eau

1^{ère} idée

Recharge artificielle sans le vouloir et sans le savoir.

Ex. : Indus (Pakistan), Assouan (Égypte)

2^{ème} idée

La nature nous montre la voie à suivre :

elle régularise 12.000 km³/an sur 40.000 (30%) par les réservoirs souterrains ; l'homme régularise 2.000 km³/an (5%) seulement par les barrages.

Deux raisons à cela : méconnaissance de l'eau souterraine, Hydro-schizophrénie*.

3^{ème} idée

En principe, les réservoirs souterrains ont plusieurs fonctions :
fourniture d'eau, stockage, régularisation, transfert, mixage.

Seule, la fonction fourniture d'eau est employée ; rarement, le stockage.

Ex. positifs : Californie, Israël.

4^{ème} idée

Un réservoir plein n'est pas utilisable pour le contrôle du cycle de l'eau.

Ce fut vrai de tous les réservoirs jusqu'au XIX^e. siècle, quand apparut la technologie des sondages. Peu de réservoirs souterrains sont surexploités. Il faut donc une politique délibérée de surexploitation doublée d'une stratégie de recharge artificielle .

Ex. : Pakistan

5^{ème} idée

La nature, par années exceptionnelles (1/10 ou 1/15) accomplit une intense recharge qui comble le déficit de plusieurs années de surexploitation. On ne connaît pas encore bien les cycles de 40 ans et plus, qui pourraient être pris en considération.

Ex. du moyen terme : Tunisie, Maroc (Souss)

Ex. du très long terme : Sahara

Les études récentes montrent qu'on peut irriguer plusieurs centaines de milliers d'hectares pendant des siècles, même avec une recharge actuelle négligeable

Économie

Coût de la recharge artificielle : \$ 25 M/km³ (1985)

*** Hydro-schizophrénie :**

Attitude mentale qui conduit à séparer radicalement l'eau de surface et l'eau souterraine.

Causes : retard technologique, inertie mentale, centralisme administratif, compétition entre “Écoles” ou “Grands Corps”, valeur esthétique des aménagements d'eau de surface.

Remèdes : meilleure formation d'origine, meilleure information des décideurs.

Conséquences : tendance à la mégalomanie pour l'eau de surface.

Pollution Chimique, Organique, Thermique

Lac Léman

Atteint d'eutrophisation par le phosphore déversé : 1.300 t/an (taux tolérable : 320 t/an)

Provenance : lessive 40%

matières fécales 30%

engrais 20%

industries 10%

Réseau urbain

Allocation : 150 l/j/hab.

Eau usée contient : 60 g/l de matières en suspension

54 g/l de DBO 5 (Demande Biochimique Oxygène)

Micro-polluants dangereux pour la santé : Halométhanés.

Principe

La pollution de l'eau est le mal inévitable du développement. Seulement, il y a des limites à ne pas dépasser.

Types de pollution

pollution ponctuelle (parfois accidentelle) et pollution par ruissellement.

eau de surface et eau souterraine, cette dernière est la plus vulnérable à long terme.

Exemple

Dans le Bassin Méditerranéen, les usages domestiques et industriels de 17 km³/an entraînent la pollution de 430 km³/an écoulés à la mer, soit une multiplication de 25 fois.

Mesures à prendre

Prévention : information, éducation plutôt que répression,

Législation : Traitement et épuration en dernier ressort.

Étude économique de Harvard (1966, en milliards de \$)

	1966	1985
Traitement des eaux	110	250
Pollution atmosphérique	105	240
Déchets solides	60	140
Coût global	275	630

Ressources d'eau non-conventionnelle

définition

C'est l'eau rendue disponible par l'intervention physique ou chimique de l'homme :

pluie artificielle, dessalement, traitement des eaux usées, exploitation des glaciers et icebergs, contrôle de l'évaporation, suppression des plantes aquatiques, transport d'eau, etc...

Dessalement

Coûts 1985

	Investissement	Production
	\$/m ³ /jour	\$/m ³
Usage		
Distillation	1-2.3	1.5
Filtration osmotique	0.5	0.7
Solaire	20	2.4
Abu Dhabi	1 usine de 110.000 m ³ /jour = 1.270 l/s = \$ 1 B.	

Traitement des eaux usées

(par une station de 20.000 m³/jour)

C'est la solution la plus économique contre la pénurie

	Coûts 1985	
Usage	Investissement	Production
	\$ M	\$/m ³
irrigation limitée	9	0.5
irrigation illimitée	35	1.5
industriel	50	2.2
recharge de nappe	40	1.9
domestique	80	3.3

Transport d'eau

Si la flotte mondiale des pétroliers (3.500 tankers) transportait de l'eau comme ballast, le volume d'eau total serait de $2 \text{ km}^3/\text{an}$. En Méditerranée, un pétrolier de 300.000 t, en rotation continue peut délivrer $14 \text{ Mm}^3/\text{an}$ du N au S, et 7 d'Ouest en E. La ville de Rotterdam transporte de l'eau avec des Supertankers de 200.00-300.000 t. et exporte $300 \text{ Mm}^3/\text{an}$ d'eau douce et $15 \text{ Mm}^3/\text{an}$ d'eau potable qui sont disponibles, ce qui alimenterait une ville de 400.000 hab. pendant 1 an.

Icebergs

1. Sélection d'icebergs tabulaires : seuls, dans l'Antarctique.
2. Remorquage : “*Oceanic*”, le plus grand remorqueur peut tracter un iceberg de $3 \text{ Mm}^3 = 220 \times 55 \times 250$ à 1 noeud/heure (0.5 m/s) ou de 53 Mm^3 à 1/2 noeud/heure (0.25 m/s). Or, il faudrait des icebergs de $0.6 \text{ km}^3 = 3000 \times 700 \times 250 \text{ m}$ ou $6.6 \text{ km}^3 = 11.000 \times 3.000 \times 250$.
3. Fusion en cours de voyage : 0% pour un iceberg de 6 km^3 ; 50% $I = 0.6 \text{ km}^3$; 100% $I = 0.06 \text{ km}^3$
4. Exploitation à l'arrivée : batardeau en mer et fonte ou carrière-transport
5. Économie : \$ 0.0013 pour l'Australie ; \$ 0.002 pour l'Amérique latine (Chili, Pérou)

Source : *Étude USA 1973 sérieuse et optimiste*

Note : Échec projet Franco-Saoudien par remorquage

Pluie artificielle : gain 15%, coût \$ $0.002/\text{m}^3$; augmente le débit annuel du Haut-Colorado.

(*Bureau of Reclamation USA*)

Quelques données, faits et idées utiles

(R. Ambroggi, février 1985)

Eau domestique

Population globale desservie (1975) : urbaine 76%; rurale 22%; totale . 38%

Coût/hab. d'alimentation par borne-fontaine (1985) : \$ 35-110

«» «» branchement-maison.....: \$ 170-325

«» d'assainissement par latrines : \$ 15-30

«» égouts : \$ 250-600

Distribution : 0-500 l/j coût : 0.10-25 \$/m³

Population sans eau potable (1990) : 1 Milliard

Programme Décennie OMS : \$ 200 Milliards (eau : \$ 130 ;
assainissement : \$ 70)

Ex. du Bangladesh : 50.000 sondages/an ; 450.000 (1980) ;
700.000 (1985)

1 sondage : 50m ; 3 heures; 180 hab. ; \$ 130.

Eau minérale en France : 3.5 Milliards litres marché : \$ 1 Milliard
consommation : 55 l/hab.

«» Suisse : 0.3 «» «» «» : \$ 300 M

«» : 45 «»

Irrigation

Terres irriguées : 200 M ha (1970) ; 300 M ha (2000), dont 30 M
de Désert

Besoin d'eau du blé : 5.000 m³/ha (tempéré); 10.000 (semi-aride) ;
15.000 (désert).

Culture pluviale : de 200 mm/an (1 récolte/5 ans) à 700 mm/an
(1 récolte an)

rendement : de 0.8 t/ha «» à 4-5 t/ha

intensité de récolte : rapport entre superficie récoltée et cultivée
= superficie récoltée

Culture pluviale : 0.71 (1970)- 0.76 (2000)
 superficie cultivée
 irriguée : 1.11 (1970) - 1.30 (2000)
 Perte d'eau par irrigation (= efficacité) : 5- 60%
 Consommation d'eau par évapotranspiration : 70%
 Coût d'aménagement hydraulique par barrages = 120 M \$/km³ pour 85.000 ha récoltés
 «» «» «» par sondages = 40 M.
 Coût d'amélioration des périmètres existants : \$ 900 + drainage \$ 300 = \$ 1.200/ha
 Coût d'extension «» «» : «» «» = \$ 3.000-10.000/ha
 = \$ 30.000 (désert)
 Différents types d'agriculture pour fournir 2.500 cal./j/hab. :
 Indien : 0.3 ha/hab. ; USA : 0.094 ha/hab. ; Japon : 0.045 ha/hab.
 Grande sécheresse de 1972 : déficit d'eau = 400 km³/an
 déficit de céréales = 35 Mt/an

Industrie

Demande des pays plus développés : jusqu'à 2.300 m³/an/hab.
 «» «» moins «» : «» 20-40 «»
 Consommation d'eau : 2-5 %. Mais les 95-98% rejetés créent la pollution.
 Principaux pollueurs (80%) : industries papetières, alimentaires, chimiques, pétrolières.
 Le Thermique utilise plus de 60% de la demande.
 La pollution industrielle crée une demande supplémentaire d'eau d'écoulement pour la dilution et le transport des déchets.

Énergie

La future croissance de la demande globale viendra des pays moins développés. En règle générale, une portion de 40-80 % des eaux nationales aménagées réclame une demande énergétique de 0.4-0.8 kwh/an pour élever 1 m³ d'eau à son niveau d'utilisation.

Pensées, réflexions, définitions

1. Quelques pensées connues

“Une calamité est un moment de grande opportunité” (Proverbe chinois).

“Beaucoup de millions de gens, dans les pays pauvres, vont mourir de faim sous nos yeux devant nos postes de télévision” (C.P. Snow, 1968).

“Il y a une limite absolue à la capacité de la Terre de supporter ou de tolérer le processus d'activité industrielle” (Robert Heilbroner, 1974).

“Chez les individus, la démence est rare, mais en groupes, parties, nations, et époques, c'est la règle” (Nietzsche, *Beyond God and Evil*, 1886).

“L'Histoire montre que les hommes et les nations se comportent raisonnablement, seulement quand elles ont épuisé toutes les autres alternatives” (Abba Eban, Foreign Minister, Israel, 1970).

“Ne pas être autoritaire, mais avoir de l'autorité”(Robert Ambroggi, R. A.1950).

“Une des sources d'énergie, un des moteurs d'action les plus puissants dans l'homme, est la soif d'un ordre universel” (Dostoïewski).

“Rien de grand ne se fait sans chimères” (E. Renan 1823-1892, *L'avenir de la Science*, Préface).

“Passer pour un idiot aux yeux d'un imbécile est une volupté de fin gourmet” (Philosophie de G. Courteline, 1860-1929).

“Les lois inutiles affaiblissent les lois nécessaires” (Montesquieu, 1689-1755, *De l'esprit des lois*, 1748).

“La servitude abaisse les hommes jusqu'à s'en faire aimer” (Vauvenargues, 1715-1747, *Réflexions et maximes*).

“Médiocre et rampant, l'on arrive à tout”. “*Mediocrity and groveling are the road to success*”, (Beaumarchais, 1732-1799, *Mariage de Figaro* 1784).

“Etranger à la défiance, aux procédures de style policier, à l'esprit de système, je veux demeurer un homme de contact, de dialogue, de coordination, de communication et de collégialité vécue”. (R. Ambroggi).

“La mémoire est un facteur d'intelligence dans l'acception la plus générale du mot, car celui qui ne sait rien ne peut pas se comporter intelligemment”.

“Pour les psychologues, l'intelligence est l'aptitude à utiliser les données et à repérer dans quel cadre elles s'insèrent”.

“C'est à l'époque néolithique que l'homme a fait les grandes découvertes indispensables à sa sécurité : agriculture, élevage, tissage, poterie, habitat permanent. Il avait su, ainsi, mettre son espèce à l'abri des risques d'extinction”.

“L'invention de l'écriture coïncide avec les premiers signes des inégalités et des déséquilibres. Il semble même que cette cassure de la société humaine en forces antagonistes soit la condition du progrès technique puisque le conflit, dès qu'il est aboli sur un plan, doit reparaître sur un autre”. (Claude Lévi-Strauss, ethnologue. *Réalités*, janv. 1965, p.50).

“Nous n'avons pas d'argent, nous devons donc penser” (Lord Rutherford).

2. Réflexions

(Robert Ambroggi pour les trois premières)

Disette du Sahel

La disette de 1970-73 n'est pas née de l'insuffisance des ressources ; elle découle d'une paresse de la prévoyance. Elle est à inscrire au passif du système capitaliste, né du colonialisme, dans lequel l'impératif du prix, mal ou pas corrigé par l'action des gouvernements ou des Nations Unies, joue un rôle fondamental mais paralysant sur la recherche, l'expérimentation, l'ouverture de voies nouvelles, les solutions de sauvegarde sociale.

Le temps des géologues

Dans les années 1970 seulement, il est apparu avec clarté que, en affinant de plus en plus le champs d'observation des réservoirs souterrains, on avait trop négligé l'une des dimensions-clé de l'hydrogéologie qui est le temps.

Idée de manœuvre pour l'eau du Maroc

Se hâter de porter les connaissances et l'action au niveau des contraintes engendrées par la mutation démographique du Maroc, le plus grand défi que la nation ait à relever, durant un siècle.

La fin de l'opulence

Le jeu de la croissance illimitée touche à sa fin (1970).

Les pays surdéveloppés sont ceux dans lesquels les niveaux de population et les demandes de ressources par tête sont si élevées qu'il sera impossible de maintenir les niveaux de vie actuels sans faire d'exorbitantes demandes sur les ressources et écosystèmes globaux. Les pays en voie de développement (UDCs) sont ceux qui sont incapables de fournir les nécessités fondamentales de vie pour la majorité de leurs citoyens : nourriture, vêtements, abris et soins.

La sous-alimentation résulte du manque de calories ; la malnutrition résulte d'un régime alimentaire mal équilibré, dû le plus souvent à la pénurie de protéines.

Dans les pays en voie de développement, une personne consomme en moyenne un peu au-dessus d'une livre de blé en grains par jour, presque le tout directement. L'Américain moyen, par contre, consomme près de cinq fois plus de blé en grains, dont un peu moins de la moitié d'une livre directement (essentiellement les produits de boulangerie et les céréales du petit déjeuner).

Les Américains (6% de la population mondiale) consomment non seulement 30% environ des ressources naturelles mondiales, y compris le pétrole, mais encore 30% de la viande mondiale.

La production totale mondiale de nourriture peut fournir un régime alimentaire adéquat pour quelques quatre milliards. Toutefois, la plupart de la faim de chaque jour provient de problèmes de distribution, inspirés par des esprits malfaisants.

Les nations pauvres, trop souvent, exportent leur nourriture (et indirectement de l'eau) qui seraient nécessaires à domicile dans un monde où l'argent, et non le besoin, détermine le flux international de marchandises, qualifié de marché par les initiés.

L'ultime limite de consommation énergétique est établie par la quantité de chaleur que l'humanité peut s'offrir de dissiper dans l'environnement planétaire.

L'industrie dépense (gaspille) des sommes énormes d'argent et d'eau pour créer la demande d'une myriade de produits non nécessaires rangés entre voitures luxueuses et inutiles, brevets de médecine et d'alimentation non nourrissante.

Les USA utilisent, maintenant (1974), un tiers du pétrole mondial extrait chaque année. Chaque Américain utilise 3 fois plus d'énergie qu'un Européen occidental.

Nous ne pouvons plus ignorer que les nations arabes, riches en gisements pétroliers, puissent menacer d'embargo total de pétrole les USA et autres pays développés, si certains transferts de nourriture ne sont pas faits entre nations affamées.

#Source : extraits de Paul R. Ehrlich, 1974

3. Définitions

A. Science

C'est la découverte aux frontières du savoir. Il n'y a que 300.000 scientifiques dans le monde. Ils sont concentrés dans 1/3 des pays. Ces pays contiennent le 1/3 de la population mondiale.

B. Hydro-schizophrénie

(terme créé en 1973 par R. NACE)

Maladie des planificateurs et des faiseurs de décision (decision-makers). Elle désigne une attitude mentale qui consiste à scinder ou séparer radicalement ce qui se réfère aux eaux souterraines et aux eaux superficielles.

Les causes de la maladie sont :

- a. le manque de connaissances scientifiques et technologiques = cause fondamentale,
- b. le manque d'études sur l'économie de l'eau,
- c. les relations entre les conditions hydrogéologiques, l'environnement et le contexte administratif et légal,
- d. les concurrences administratives et institutionnelles en matière d'eau,
- e. les facteurs politiques.

“On cesse de haïr ce que l'on cesse d'ignorer”, (Tertullianus, III^e siècle)

(= *Desinunt odisse qui desinunt ignorare*).

C. Lieux communs

Lieu commun : idée, sujet de conversation que tout le monde utilise (banalité) ; fait de style qu'un emploi trop fréquent a affadi (cliché, poncif).

Banalité : idée, propos, écrit sans originalité.

Poncif : thème, expression littéraire ou artistique dénués d'originalité. Les poncifs académiques, romantiques, populaires.

Idée reçue : préjugé, croyance, opinion préconçue souvent imposée par le milieu, l'époque, l'éducation ; parti pris.

Traditionalisme : attachement aux notions et aux techniques traditionnelles, c'est-à-dire d'un usage ancien et familier.

D. Sourciers

Radiesthésie : (1930, du *rad.* de radiation, et *-esthésie*). Réceptivité particulière à des radiations qu'émettraient différents corps ; procédé de détection fondé sur cette sensibilité.

Rhabdomancie : (1579, du grec *rhabdos* "baguette" et *mancie*) Didactique. Mode de divination à l'aide de baguettes, art de déceler les sources, trésors, mines. Aussi : rādomancie. "*La baguette du sourcier a une bien vieille histoire, son magnétisme est masculin. Même de nos jours on ne parle guère de sourcières*".

Sourcier : (1781, de *source*) Personne à laquelle on attribue l'art de découvrir les sources cachées, les nappes d'eau souterraine, au moyen d'une baguette, d'un pendule ou par les pieds.

Source : Bachelard, *L'eau et les rêves* (1940)

E. Le Principe de Peter

Dans une hiérarchie, chaque employé tente de s'élever jusqu'à son niveau d'incompétence. A la longue, chaque poste tend à être occupé par un employé incompétent dans l'exercice de ses devoirs. Les employés, dans une hiérarchie, n'objectent pas réellement sur l'incompétence ; ils jasant plutôt à son sujet. Le travail est accompli par les employés qui n'ont pas encore atteint leur niveau d'incompétence. La super-compétence est plus discutable que l'incompétence, parce qu'elle rompt la hiérarchie.

F. Thème majeur de l'existentialisme

L'être humain est par essence incompatible à l'être humain. Par agressivité instinctive, l'homme est un loup pour l'homme. Haine entre les peuples, guerres, racisme, sont des préjugés paradoxalement moins graves, parce que de l'ordre visible, que l'agressivité sournoise de chacun contre chacun. Le nœud de vipères pourrait être le symbole de chaque groupe humain. Tous trahissent tous, à quelque moment, d'une certaine façon, la plus subtile n'étant pas la moins dangereuse. Si, donner tort à un ami qui a effectivement tort est une preuve de loyauté et d'impartialité, c'est à partir de là, précisément, que s'écoule le mythe de l'identification avec lui. C'est l'unité du couple amical ou social qui s'écroule. Car, avoir raison et par conséquent être du bon côté, en laissant l'autre du mauvais côté, avec ses torts, et seul - c'est cela la trahison. A partir du moment où l'on porte sur l'autre un regard objectif, on avoue du même coup être étranger à sa subjectivité. Et donc, étranger tout court.

J. P. Sartre, 1946

G. La néotonie

C'est la faculté de conserver les caractéristiques de la jeunesse. Elle joue un rôle important dans l'évolution puisqu'elle permet de s'adapter à des conditions de vie déviant de celles qui sont naturellement les nôtres. Les animaux domestiques sont tous atteints de néotonie, ou infantilisme persistant.

L'homme est l'animal dont la néotonie est la plus développée. Elle lui permet de s'adapter aux multiples changements de son environnement ; elle lui donne une curiosité d'esprit suffisante pour lui inspirer l'envie de s'instruire bien au-delà de ce qui lui est strictement nécessaire pour assurer sa survie. Lorsque sa néotonie diminue, l'homme commence à vieillir. Il refuse toute nouveauté et s'en tient rigoureusement à ses habitudes. Il se "cristallise".

Dans les meilleurs cas, une bonne dose de néotonie fera des plus curieux, des savants, des artistes et des plus grands joueurs.

Source : *Illustré n°16, 21. 4.82*

Hiérarchie des peurs

1. appréhension
2. crainte
3. peur* *Peur collective = panique ou peur spécifique.
4. frayeur
5. effroi
6. épouvante
7. terreur

H. Le temps de la retraite

Nécessité d'une préparation. La qualité de la retraite dépend de l'idée qu'on s'en fait : non une fin mais le commencement. C'est un retour à l'image des vieillards d'autrefois qui étaient les sages auxquels on se référait ; mais sans attendre d'être écouté, il faut se faire entendre en prenant conscience de ses qualités. La société est constituée de 20% de retraités. Dorénavant, il faut que le travail devienne une récompense, plutôt que d'être une fatalité. La civilisation va vers la spécialisation de plus en plus poussée de l'individu. La culture, au contraire, englobe toutes les ressources de la vie. Le temps de la retraite nous offre la possibilité de quitter la civilisation pour entrer dans la culture. C'est cesser d'être partiel pour s'intégrer au tout. On a trop cru au pouvoir de la violence pour faire avancer le progrès social ; c'est faux, car la violence conduit toujours à la destruction de la société. C'est la tâche des vieux de faire changer de cap, car ils sont en nombre et tous les autres sont des vieux en devenir.

I. Révolution verte

1. La première révolution verte = blé et riz à haut rendement et variétés performantes = nourrir les villes = évite les famines mais a créé une dépendance accrue vis à vis des industries d'amont et l'accroissement des disparités entre producteurs (= conséquences politiques et sociales)

2. La deuxième révolution verte met l'accent sur les productions des pays pauvres seulement : mil, pois, sorgho, patate douce.

mission = stabilité = manger tous les ans

Avantages : mettre au point variétés résistantes au "stress" sans adjuvants coûteux

- en un mot, ne plus imiter le modèle occidental mais créer des modèles économes plus autonomes
- variétés résistantes aux maladies et insectes permettant de fixer l'azote de l'air.
- variétés ouvertes(non hybrides)

Désavantages :

- hybrides, uniformité, banque de gènes, multinationales

J. A propos des ...

Économistes : Graines de technocrates frottés d'une gousse de marxisme et assaisonnés de tois séminaires à la Banque Mondiale

Pays du Tiers-Monde : Peuples souriants mais enfermés dans leur immobile éternité rurale.

Q. Quelques idées de vétéran sur l'eau souterraine

(R. Ambroggi)

1. La recharge artificielle se fait presque partout sans le savoir et sans le vouloir, comme la prose de Monsieur Jourdain. Deux exemples importants dans le monde : l'Indus-Pakistan et Assouan où les fuites se font vers l'ouest en direction du désert.

2. En matière de régularisation de l'eau qui tombe de façon incohérente au cours d'une année, la nature nous montre la voie à suivre. Grâce à tous les réservoirs souterrains du monde, elle régularise 12.000 km³ par an sur les 40.000 du cycle hydrologique, soit 30%, et tout cela grâce aux réservoirs d'eau souterraine.

L'homme, grâce aux barrages qu'il a construits, peut régulariser seulement 2.000 km³, c'est-à-dire 5% au lieu des 30% ; et dans le siècle à venir il pourra peut-être en faire encore 2.000, mais guère plus car la contrainte est financière. D'autant plus qu'il faudra les faire dans les pays en voie de développement qui n'ont pas beaucoup d'argent, seront obligés d'emprunter, et donc de se rendre encore en esclavage pendant un siècle pour pouvoir construire ces barrages.

Pour cette seconde idée il y a deux raisons:

i. méconnaissance de l'eau souterraine : aucun ingénieur sur cette terre n'est encore capable de raisonner ou de comprendre l'eau souterraine, et même les spécialistes de l'eau souterraine n'ont pas une notion véritable de ce qu'est l'eau souterraine et de l'importance de ses réservoirs. La terre est gorgée d'eau, le sous-sol est gorgé d'eau.

ii. hydro-schizophrénie : c'est-à-dire que les gens sont tous en faveur de l'eau de surface et, forcément puisqu'ils ne connaissent pas l'eau souterraine, ils sont contre.

3. Les réservoirs souterrains ont plusieurs fonctions :

a. fourniture d'eau ; b. stockage ; c. régularisation ; d. transfert ; e. mixage.

Seule, la fonction fourniture d'eau est utilisée pour l'instant. La fonction stockage est à peine effleurée dans certains cas. Les autres sont complètement ignorées. La fonction stockage est utilisée en Israël et en Californie essentiellement. Les autres pays n'ont pas encore compris l'importance de cette fonction. Elle est fondamentale et surtout pour les pays de la zone semi-aride et de la zone aride.

4. Un réservoir souterrain plein n'est pas utile. C'était vrai de tous les réservoirs souterrains jusqu'au XIX^e siècle inclus, quand apparut la technologie des sondages. Depuis la technologie des sondages, les réservoirs souterrains commencent à être exploités, et même certains ont été immédiatement surexploités, presque vidés. Mais peu de réservoirs sont surexploités dans le monde.

Il faudrait une politique délibérée de surexploitation, doublée d'une stratégie de recharge artificielle. J'insiste bien sur le fait de doubler car si on fait simplement la politique délibérée de surexploitation, elle est idiote. Il faut donc que la politique soit combinée : surexploitation et recharge artificielle combinées. Mais on est encore loin avant de faire passer ces idées dans la pratique. Ni les chefs d'États, ni les grands ingénieurs de cette terre ne seront prêts avant 20 ou 30 ans. C'est pratiquement un testament fait ici.

5. Comme nous venons de le voir cette année 1987-88, les pluies ont été d'une abondance exceptionnelle, ce qui ne se produit que tous les 15, 20 ou 30 ans, peut-être. Donc la nature, par périodes, fait l'intense recharge qui comble les déficits des réservoirs souterrains qui ont été exploités. Il est évident qu'une année comme celle-ci en Europe a rechargé tous les réservoirs pour une période de 10 ou 15 ans. Donc cela assure plusieurs années de surexploitation. On pourrait peut-être même surexploiter pendant 40 ans si la nature est capable de combler le déficit une fois ou deux par siècle. Enfin je dis ces chiffres au hasard ; ce qui est important c'est de savoir ce que la nature a fait dans les siècles passés. On a maintenant les moyens de connaître, de reconstituer les climats des siècles passés par la dendrochronologie notamment. Exemple du moyen terme, j'en vois deux : la Tunisie et le Maroc. Exemples du long terme: le Sahara.

A propos du Sahara, des études récentes montrent qu'on peut irriguer plusieurs centaines de milliers d'hectares, pendant des siècles même, sans recharge naturelle. C'est vrai également pour l'Arabie Saoudite, c'est vrai également pour la Libye. Le coût de la recharge artificielle pourrait être estimé à environ 25 M \$/km³.

TABLES NUMÉRIQUES (9)

Application des directives de la Banque Mondiale Janvier 1975

1 - basée sur une augmentation de coût de : 2 - assumant que le coefficient de l'augmentation de coût est de

1967 : 6%	1975 : 1,16 16%
68 : 6%	76 : 1,26 10%
69 : 6%	77 : 1,40 14%
70 : 6%	78 : 1,56 16%
71 : 6%	79 : 1,70 23%
72 : 6%	80 : 1,95 16%
73 : 13%	81 : 2,14 19%
74 : 25%	

Rentabilité

(Nouveaux Francs/mois pour anciens millions)

	10%	9%	8%	7%	6%	5%
25	2080	1875	1675	1225	1050	875
20	1670	1500	1330	1115	1000	830
19	1580	1425	1270	1110	950	790
18	1500	1350	1200	1050	900	750

17	1420	1275	1130	990	850	710
16	1330	1200	1070	930	800	670
15	1250	1125	1000	875	750	650
14	1170	1050	930	820	700	590
13	1080	975	870	760	650	550
12	1000	900	800	700	600	500
11	920	825	730	640	550	470
10	830	750	660	580	500	430
9	750	675	600	525	450	390
8	670	600	530	470	400	350
7	580	525	470	410	350	310
6	500	450	400	350	300	270

Équivalence des Débits

l/s	m³/h	m³/j	m³/an
1	3.6	86.4	31.536
2	7.2	172.8	63.072
3	10.8	259.2	94.608
4	14.4	345.6	126.144
5	18.0	432.0	157.680
6	21.6	518.4	189.216
7	25.2	604.8	220.752
8	28.8	691.2	252.288
9	32.4	777.6	283.824
10	36.0	864.0	315.360
20	72.0	1728.0	630.720
30	108.0	2592.0	946.080
40	144.0	3456.0	1.261.440
50	180.0	4320.0	1.576.800
60	216.0	5184.0	1.892.160
70	252.0	6048.0	2.207.520
80	288.0	6912.0	2.522.880
90	324.0	7776.0	2.838.240
100	360.0	8640.0	3.153.600
200	720.0	17280.0	6.307.200
300	1080.0	25920.0	9.460.800
400	1440.0	34560.0	12.614.000
500	1800.0	43200.0	15.768.000
600	2160.0	51840.0	18.921.600
700	2520.0	60480.0	22.075.200
800	2880.0	69120.0	25.228.800
900	3240.0	77760.0	28.382.400
1000	3600.0	86400.0	31.536.000

Conversion des débits anglais en système métrique

Gallon par heure	m ³ /h	l/s
500	2.3	0.64
1000	4.5	1.25
1500	6.8	1.9
2000	9.1	2.5
2500	11.4	3.2
3000	13.6	3.8
3500	16.0	4.5
4000	18.2	5.1
4500	20.4	5.7
5000	22.8	6.4
5500	25.0	7.0
6000	27.2	7.6
6500	29.4	8.2
7000	32.0	8.9
8000	36.3	10.1
9000	40.9	11.4
10000	45.5	12.6
11000	50.0	13.9
12000	54.6	15.1
13000	59.1	16.4
14000	63.6	17.7
15000	68.2	18.9
16000	72.7	20.2
17000	77.3	21.5
18000	81.8	22.7
19000	86.4	24.0
20000	91.0	25.3

Conversion en l/s des m³/h et m³/j

m ³ /h	l/s	m ³ /j	l/s
1	0.28	10	0.116
2	0.56	20	0.231
3	0.83	30	0.347
4	1.11	40	0.463
5	1.39	50	0.579
6	1.67	60	0.694
7	1.94	70	0.810
8	2.22	80	0.926
9	2.50	90	1.042
10	2.78	100	1.157
20	5.56	200	2.315
30	8.33	300	3.472
40	11.11	400	4.630
50	13.89	500	5.787
60	16.67	600	6.944
70	19.44	700	8.102
80	22.22	800	9.259
90	25.00	900	10.417
100	27.78	1000	11.574
200	55.56	2000	23.148
300	83.33	3000	34.722
400	111.11	4000	46.296
500	138.89	5000	57.870
600	166.67	6000	69.444
700	194.44	7000	81.018
800	222.22	8000	92.592
900	250.00	9000	104.167
1000	277.78	10000	115.740

Centres-pivots

aire (ha)	rayon (m)
20	252
30	309
40	357
50	399
60	437
70	472
80	504
90	535
100	565
110	592
120	618
130	643

Conversion des Mm³/an en m³/s

Mm ³ /an	m ³ /s	Mm ³ /an	m ³ /s
1	0.032	10.000	.317
2	0.063	20.000	.634
3	0.095	30.000	.951
4	0.127	40.000	1.268
5	0.158	50.000	1.585
6	0.190	60.000	1.903
7	0.222	70.000	2.220
8	0.254	80.000	2.537
9	0.285	90.000	2.854
10	0.317	100.000	3.171
20	0.634	200.000	6.342
30	0.951	300.000	9.513
40	1.268	400.000	12.684
50	1.585	500.000	15.684
60	1.902	600.000	19.026
70	2.220	700.000	22.197
80	2.537	800.000	25.368
90	2.854	900.000	28.539
100	3.171	1.000.000	31.710
200	6.342		
300	9.513		
400	12.684		
500	15.855		
600	19.026		
700	22.197		
800	25.368		
900	28.539		
1.000	31.710		

Équivalence de la Transmissivité d'une couche de 100 mètres
(Systèmes métrique et américain)
T pour H:100 m

K : perméabilité	T. Transmissivité	H : Hauteur de la tranche filtrante	
m/s	m/j	m³/j	US gal./j
9.10-1	7.776	777.600	205.421
8.	6.912	691.200	182.596
7.	6.048	604.800	159.772
6.	5.184	518.400	136.947
5.	4.320	432.000	114.202
4.	3.456	345.600	91.298
3.	2.592	259.200	68.474
2.	1.728	172.800	45.649
1.	0.864	86.400	22.824
9.10-2	0.777	77.760	20.542
8.	0.691	69.120	18.260
7.	0.605	60.480	15.977
6.	0.518	51.180	13.695
5.	0.432	43.200	11.420
4.	0.345	34.560	9.130
3.	0.259	25.920	6.847
2.	0.172	17.280	4.565
1.	0.086	8.640	2.282

9.10-3	0.077	7.776	2.054
8.	0.069	6.912	1.826
7.	0.060	6.048	1.598
6.	0.051	5.184	1.370
5.	0.043	4.320	1.142
4.	0.034	3.456	913
3.	0.025	2.592	685
2.	0.017	1.728	456
1.	0.008	864	228
9.10-4	0.007	777	205
8.	0.006	691	183
7.	0.006	604	160
6.	0.005	518	137
5.	0.004	432	114
4.	0.003	345	091
3.	0.002	259	068
2.	0.001	172	46
1.	0.001	86	23

Conversions

mètres		mètres-carré	
inch (pouce)	0,025 4	sq. inch (pouce carré)	0,000 645 (6.4516 cm ²)
foot (pied)	0,304 8	sq. foot. (pied carré)	0,092 9
yard (id)	0,914 4	sq. yard.(yard carré)	0,836 097
mile (id)	1.609,315	acre (acre)	4.046.710,00
knot (noeud)	1.853,123	sq. mile (mille carré)	2.589.894,77

mètres-cube		litres	
cubic inch (pouce cubique)	0.000 016 386	cubic foot. (pied cubique)	28.32
cubic foot. (pied cubique)	0.028 315	imperial gallon (gallon impérial.)	4.546 5
cubic yard. (yard cubique)	0.764 513	US gallon (gallon US)	3.785,4
acre-foot (acre pied)	1233.412 9	pint (pinte)	0,567 9
quart	1.135, 8		
bushel	36.347, 7		
barrel oil (baril)	158.986, 8		
pound (livre)			: 0.4536 kg
cusec (seconde cubique)			: 28.32 l/s
ounce (once)			: 0.02835 kg =28.35 g
cusec/square mile (seconde cubique/mille carré)			: 10.93 l/s/km ²

1m	39.37	in.ch(pouce)	1m ²	1550.0	square inch. (pouce carré)
1m	3.281	foot (pied)	1m ²	0.764	square foot (pied carré)
1m	1.094	yard	1m ²	1.196	square yard (yard carré)
1km	0.621	mile	1km ²	247.114	acres
1km	0.539	knot (noeud)	1km ²	0.386	square mile (mille carré)
1m ³	35.311	cubic foot.	1m ³	220.0	imperial gallon (gallon impérial)
1m ³	1.308	cubic yard.	1m ³	264.173	US gal. (gallon US)
1Mm ³ (Hm ³)	810.758	acre feet	1 lit.	1.761	pint
		1 lit.		0.880	quart
		1m ³		27.512	bushels

Résidu sec, RS : 1 mg/l = 2,387 microhoms

Pression atm., P : 1 kg/cm2 = 1.013 bar

**Relation entre
taux de croissance (Tc) et temps de doublement (Td)**

Tc	Td
(%/an)	(ans)
0.1	700.0
0.5	140.0
1	70.0
2	35.0
3	23.3
4	17.5
5	14.0
6	11.7
7	10.0
8	8.7
9	7.8
10	7.0
11	6.4
12	5.8
13	5.4
14	5.0
15	4.7
16	4.4
17	4.1
18	3.9
19	3.7
20	3.0

$$\mathbf{Td = 70/Tc}$$

Production d'un puits (m³/an) exploité 150 j/an*
soit une récolte par an (x 1000)

Capacité du puits		8 h/j 1200 h		10 h/j 1500 h		12 h/j 1800 h		14 h/j 2100 h		16 h/j 2400 h	
l/s	m ³ /h	m ³ /an	l/s	m ³ /an	l/s	m ³ /an	l/s	m ³ /an	l/s	m ³ /an	l/s
10	36	43,2	(1,3)	54	(1,7)	64,8	(2,0)	75,6	(2,4)	86,4	(2,7)
20	72	86,4	(2,7)	108	(3,4)	129,6	(4,1)	151,2	(4,8)	172,8	(5,4)
30	108	129,6	(4,1)	162	(5,1)	194,4	(6,1)	226,8	(7,2)	259,2	(8,2)
40	144	172,8	(5,4)	216	(6,8)	259,2	(8,2)	302,4	(9,6)	345,6	(10,9)
50	180	216,0	(6,8)	270	(8,5)	324,0	(10,2)	378,0	(11,9)	432,0	(13,6)
60	216	259,2	(8,2)	324	(10,2)	388,8	(12,3)	453,6	(14,3)	518,4	(16,4)
70	252	302,4	(9,6)	378	(11,9)	453,6	(14,3)	529,2	(16,8)	604,8	(19,2)
80	288	435,6	(10,9)	432	(13,6)	518,4	(16,4)	604,8	(19,2)	691,2	(21,9)
90	324	388,8	(12,3)	386	(15,4)	583,2	(18,5)	680,4	(21,5)	777,6	(24,6)

*1 an : 8760 h

Production d'un puits (m³/an) exploité 300 j/an*
soit 2 récoltes par an (x 1000)

Capacité du puits		8 h/j 2400 h		10 h/j 3000 h		12 h/j 3600 h		14 h/j 4200 h		16 h/j 4800 h	
l/s	m ³ /h	m ³ /an	l/s	m ³ /an	l/s	m ³ /an	l/s	m ³ /an	l/s	m ³ /an	l/s
10	36	86,4	(2,7)	108	(3,4)	129,6	(4,1)	151,2	(4,8)	172,8	(5,4)
20	72	172,8	(5,4)	216	(6,8)	259,2	(8,2)	302,4	(9,6)	345,6	(10,9)
30	108	259,2	(8,2)	324	(10,2)	388,8	(12,3)	453,6	(14,3)	518,4	(16,4)
40	144	345,6	(10,9)	432	(13,6)	518,4	(16,4)	604,8	(19,2)	691,2	(21,9)
50	180	432,0	(13,6)	540	(17,1)	648,0	(20,5)	756,0	(23,9)	864,0	(27,0)
60	216	518,4	(16,4)	648	(20,5)	777,6	(24,6)	907,2	(28,7)	1036,8	(32,8)
70	252	604,8	(19,2)	756	(23,9)	907,2	(28,7)	1058,4	(33,5)	1209,6	(38,3)
80	288	691,2	(21,9)	864	(27,0)	1036,8	(32,8)	1209,6	(38,3)	1382,4	(43,8)
90	324	777,6	(24,6)	972	(30,8)	1166,4	(37,0)	1360,8	(43,1)	1555,2	(49,3)

*1 an : 8760 h

TABLE DES MATIERES

PRÉFACE	7
NOTRE PLANÈTE	9
Aire mondiale	9
Terre	9
Continents	9
Grandes îles	9
Continents et population (Carte)	10
Continents habités ou inhabités	10
L'eau	11
Océans	11
Principales mers	11
Les plus grands Lacs	11
Stockage mondial d'eau	12
Estimation Décennie Hydrologique 1971	12
Estimation USA 1963	12
Estimation URSS	12
L'eau du monde	13
Réservoirs de la planète	14
Glace dans le monde	14
Etendue sur la planète	14
Qualificatifs des glaciers	14
Le cycle hydrologique	15
Paramètres	15
stockage et flux	15
Théorie du cycle hydrologique	15
Flux du cycle hydrologique(in km ³)	15

Bilan des ressources d'eau continentale du monde	16
Ecoulement stable (étiage) des rivières du Monde	16
Recharge annuelle des ressource d'eau (en km ³)	17
Indicateur mondial de l'eau	17
Estimation 1970 par continent	17
Bilan mondial de l'eau (mm)	17
Ecoulement total des rivières	17
Ecoulement des principales rivières	18
Estimation de l'écoulement des rivières par continent	18
Cycle de l'eau	18
HYDROLOGIE	19
Classification des cartes hydrologiques (Schéma)	19
Eau dans l'avenir (évolution de l'hydrologie)	19
Pénuries d'eau 1975-2075 dans le monde	20
L'eau dans le monde	22
Propositions de recherche	23
Débit solide écoulé	23
Evolution de l'hydrologie	24
Deux grandes forces extérieures	24
Trois niveaux de développement	24
Simulation	24
Modèle d'indécision pour petits bassins versants	25
Bassins hydrographiques des continents	25
Vitesse d'écoulement de l'eau souterraine	26
Vitesse apparente	26
Vitesse réelle moyenne	26
Vitesse réelle effective	26
Quelques vitesses d'écoulement de l'eau souterraine	26
Eau par pays	27
Bilan moyen à long-terme sur le territoire de l'URSS	27

Bilan d'eau en URSS (en km ³)	27
Bilan d'eau moyen en Espagne péninsulaire	28
Bilan d'eau en Espagne péninsulaire (in km ³)	28
Stratégie de la gestion américaine de l'eau	29
Buts et moyens	29
Critères de décisions	29
Six types de stratégie	30
Onze buts	30
Intégration régionale	31
Aquifère de l'Ogallala (Hautes Plaines USA)	32
Coût de l'eau en USA	32
Méthodes américaines d'alimentation du bétail	33
Prélèvements d'eau dans les USA	33
Transferts d'eau (à propos de l'Amérique de l'Ouest)	34
Maroc	35
L'eau en Chine	35
Israël canal Méditerranée-Mer Morte	36
Israël Project d'énergie solaire, Mer Morte	36
Israël Collecteur d'eau souterraine (1968)	36
Normes de consommation d'eau en RFA, aux USA, et en France ...	37
RFA 1958	37
USA 1958-61	38
France 1958	38
USAGE DE L'EAU	39
Consommation mondiale de l'eau (2 abaques)	39
Consommation d'eau totale	39
Consommation d'eau disparue	39
Demande d'eau	40
Usage de l'eau en Europe et aux USA (km ³)	40
Monde	40

France (y compris l'eau minérale)	40
Republique Fédérale d'Allemagne	41
Suède	41
USA	41
Evolution de l'alimentation en eau aux USA	42
Simple stratégie linéaire	42
Aménagement des ressources d'eau souterraine	42
Espacement des puits (Kansas)	43
Histoire de l'irrigation	43
Historique de la population mondiale	43
Démographie	44
Usage de l'eau	44
Principe	44
Fourniture et demande d'eau	45
Usagers de l'eau	46
Usagers Consommateurs : Ag., Industrie, Urbanisation	46
Usagers Non-Consommateurs : Hydroélec., Refroidiss	47
Conclusions	47
Eau biologique (pour les humains)	48
Cycle de l'eau dans l'organisme en l/jour	48
L'eau et le corps humain	48
Teneur en eau des aliments	48
Points d'eau en Afrique (Soudan 1965)	49
Abreuvement du bétail	49
Evolution du développement par l'eau	49
Le meilleur usage de l'eau (objectifs potentiels)	49
Chasse d'eau	50
Allocation scientifique des ressources en eau	50
TERRE ET EAU	51
Distribution des terres	51

Terres cultivables de la planète 1970 et 2070	51
Evolution de l'irrigation dans le monde	51
Terre requise pour nourrir une personne	52
Besoins en eau et en terre	52
Appréciation politique	52
L'eau pour l'alimentation	53
Monde développé	53
Monde en développement	53
Blé	53
Production	53
Eau domestique et Hygiène	54
Eau propre+le sanitaire en 1980 dans les LDCs (=pays en développement)..	54
L'eau du monde + décennie sanitaire. Qui partage les coûts ?	54
CLIMAT	56
Modification des climats	56
Effet de serre	56
Partisans du réchauffement	56
Partisans du refroidissement	57
Sècheresse	58
Tâches solaires	58
Cycle hydrologique	58
Modification artific. des précipitations	58
Divers climats du monde	58
Variétés spécifiques des climats	59
Types	59
Modifications	59
Cycle magnétique solaire	59
Recrudescence de l'activité volcanique	59
Deux thèses en présence	59
Dissémination volontaire d'organismes manipulés.....	60

CAPTAGES	61
Technologies pour élever l'eau	61
Shadoofs	61
Puissance du vent	61
Pompes (centrifuges)	61
à Gazoline	61
au Diesel	62
à Electricité	62
Vergnet (énergie humaine à pied)	62
Pour une meilleure efficacité des captages	
en vue d'économie d'énergie	63
4 facteurs importants	63
Récolte d'eau de pluie	63
Eau claire à partir des brouillards côtiers (Pérou, Chili)	64
Coût d'un forage d'eau	64
Transferts comparés Terre et Eau	64
Évolution de la demande compétitive pour droits d'eau	64
Le modèle émergeant	65
Restrictions sur les transferts inter-régionaux	66
Les termes du choix	66
Digue en terre	67
Déversoir	67
Digue	67
Coût	67
PRODUCTION ET RECHARGE DES RÉSERVOIRS	67
Nappes captives	67
Sahara	67
Kharga (Egypte)	68
Zarzis-Djerba (Tunisie)	68
Evaporat. des nappes captives (Tchad)	68

Production d'une nappe libre	69
Production d'eau du karst	69
Grèce	69
Crête	69
Italie	69
Madagascar	69
Liban	69
Yougoslavie	69
Méditerranée	69
Alimentation des nappes	70
naturelle (Chypre)	70
artificielle (Israël)	70
Vitesses d'écoulement de l'eau souterraine	70
POLLUTION ET ENVIRONNEMENT	71
Rapport Global 2000 au Président des USA	71
Forêts	71
Environnement	71
Plantes aquatiques	71
Les pertes financières	72
L'augmentation de l'évaporation	72
Les jacinthes d'eau	72
Désertification	72
Vers une nouvelle éthique	72
Venise	73
Pollution de l'eau (coût du traitement) Allemagne	74
Mort de la Méditerranée	74
Pollution chimique	75
Pétrole à la mer	76
Destruction du littoral	76
Eco-développement de la Méditerranée	78

Guérilleros écologistes	79
Conclusions	79
PLANIFICATION	80
Avenir des solutions techniques	80
Planification de l'eau	80
Quelques données utiles (1981)	81
Domestique	81
Agriculture	81
Besoin d'Irrigation d'une céréale en sec	81
Industrie	82
Energie	82
Rôle de l'eau en planification nationale	83
Strategie	84
Planification	84
Systèmes	84
Analyse de Système	84
Tâches du Modèle Linéaire de Programation	85
Ingénierie des ressources d'eau	85
DESSALEMENT	87
Dessalement (1962)	87
Usines de démonstration	87
Coûts	88
Objectif à \$ 1,00 non encore atteint in 1962	88
Conclusions	88
Plan de conversion de l'eau de mer (1967)	89
énergie nucléaire	89
Dessalement 1979 : S. Arabia, Japan, USA, Israël	90
Dessalement 1983	91
Coût de l'eau 1980	91

AUTRES EAUX NON-CONVENTIONNELLES	92
Rénovation de l'eau usée (au prix de 1985)	92
Réutilisation de l'eau usée en Israël	92
Vent et soleil pour le dessalement rural	93
Définition de 2 termes communs	93
ENERGIE	94
Géothermie 1980	94
Reconnaissance au niveau d'un pays	94
Energie 1987	95
Nucléaire	95
Charbon	96
Hydroélectricité	96
Autres énergies : biomasse, solaire	96
Pétrole et gaz	96
Cellules Solaires	97
Israël projet d'énergie solaire, Mer Morte	97
Energie Solaire	97
Energie Hydroélectrique dans le monde (2 tabl.)	98
Estimation de l'énergie produite en 1980	98
Potentiel	98
Pétrole 1972 (réserves de)	99
prouvées	99
Estimation	99
Pétroliers	99
Flotte mondiale	99
Caractéristiques	100
Coût du pétrole transporté	100
Transport en Méditerranée	100
Exportateurs nets de pétrole	100

Importateurs nets de pétrole	101
Afrique, Amérique Latine et Centrale, Asie	101
DIVERS	102
A propos des OVNI et de la barbarie des humains	102
Satellite ERTS-1	102
Futurologie	103
Nord et Sud	103
Sédiments de Phosphate	107
Raisonnement tactique	109
La pensée	109
L'action	109
Contexture des ordres	110
SUPPLÉMENT EAU	111
Barrages	111
Quelques grands barrages (1985)	111
Problèmes. Envasement (espérance de vie)	111
Ecologie	111
Socio-économiques	111
Dangers	111
Avantages.....	112
Conclusion	112
Grands transferts d'eau	112
Quelques grands ouvrages	112
Coûts	113
Grands projets : USA, URSS, Turquie	113
Eau souterraine	114
Rôle des ressources aquifères pour contrôler le cycle de l'eau	114
5 idées	114
Economie	115
Hydroschizophrénie	116

Pollution chimique, organique, thermique	116
Lac Léman	116
Réseau urbain	116
Principe	117
Type de pollution	117
Exemple	117
Mesures à prendre	117
Etude économique de Harvard	117
Ressources d'eau non-conventionnelles	118
Définition	118
Dessalement	118
Traitement des eaux usées	118
Transport d'eau	119
Icebergs	119
Pluie artificielle	119
Quelques données, faits et idées utiles	120
PENSÉES, RÉFLEXIONS, DÉFINITIONS	122
Quelques pensées connues	122
Réflexions	124
Disette du Sahel	124
Le temps des géologues	124
Idée de manœuvre pour le Maroc	124
La fin de l'opulence	124
Définitions	126
Science	126
Hydroschizophrénie	126
Lieux communs	126
Sourciers	127
Radiesthésie	127
Rhabdomancie	127

Sourcier	127
Le principe de Peter	127
Thème majeur de l'existentialisme	128
La Néotonie	128
Hiérarchie des peurs.....	129
Le temps de la retraite	129
Révolution verte	130
A propos des : économistes, pays du Tiers-Monde	130
Quelques idées de vétéran sur l'eau souterraine	131
TABLES NUMÉRIQUES	133
Application of IBRD's guidelines	133
Rentabilité	133
Equivalence des débits	135
Conversion des débits anglais en syst. métrique	136
Conversion en l/s des m ³ /h et m ³ /j	137
Centres-pivot	138
Conversion des Mm ³ /an en m/s	139
Equivalence de la Transmissivité	140
Conversions	142
Relat. Taux de croissance-Temps de doublement	143
Production d'un puits exploité 150 j/an	144
Production d'un puits exploité 300 j/an	144