

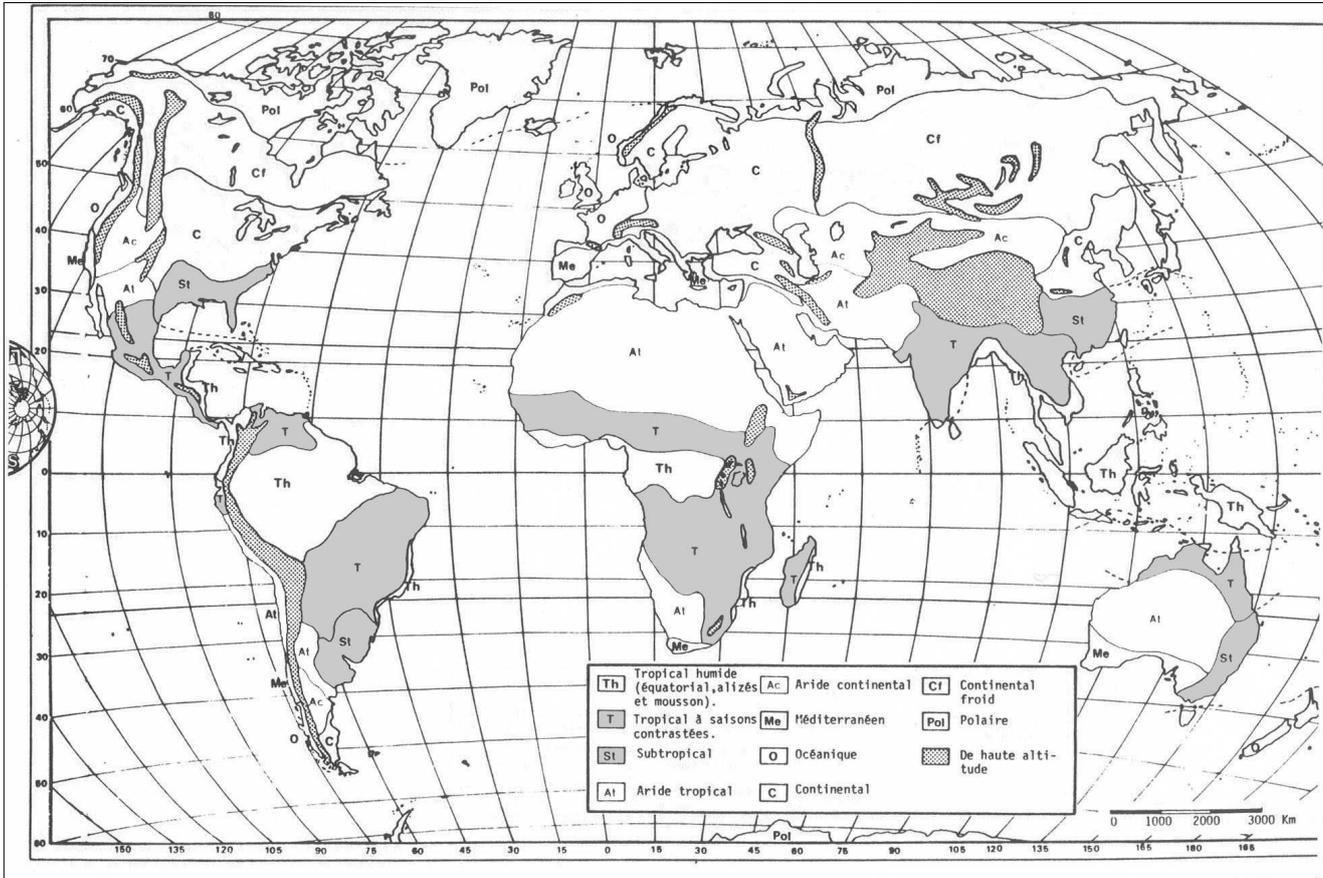
Les grands milieux chauds

Le géosystème tropical à saisons contrastées



Mousson à Chennai (Inde)

1. Localisation



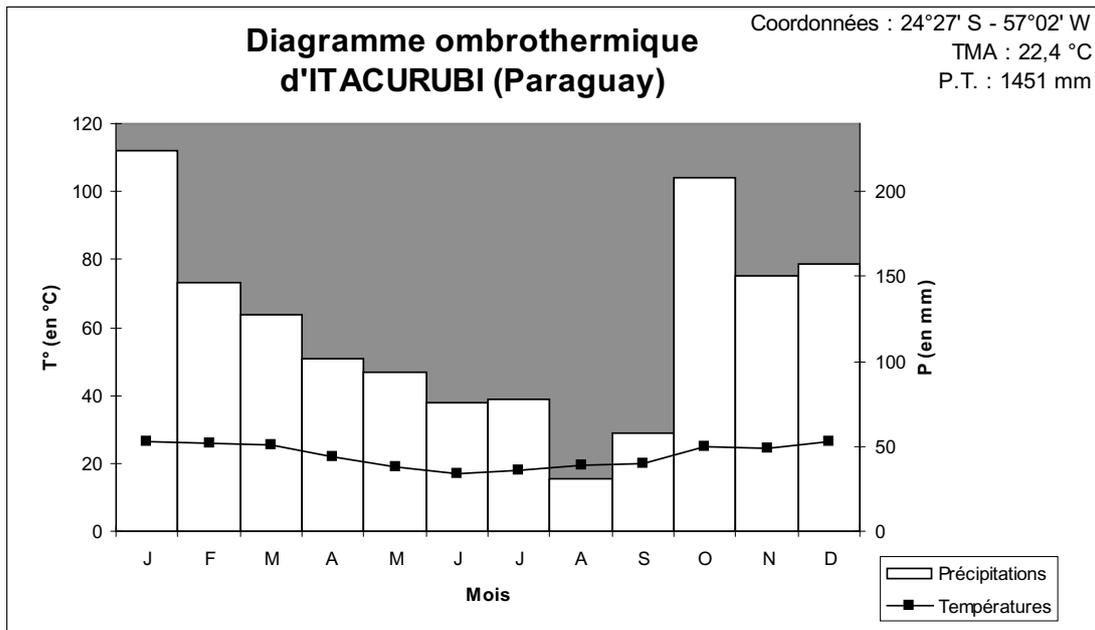
2. Les caractéristiques climatiques

Le climat subtropical

Entre 25° et 35° de latitude sur la face est des continents existent des climats originaux aux contrastes thermiques marqués. L'été est chaud et humide, avec des moyennes qui peuvent atteindre 30°C ; les pluies abondantes sont dues aux alizés ou à la mousson. En revanche l'hiver est marqué avec des coups de froid possibles, la pénétration de flux océaniques en fait une saison assez arrosée. Dans ces climats les influences tempérées l'emportent pendant la saison froide et les influences tropicales pendant la saison chaude.

Exemple : **ITACURUBI (Paraguay)** (24°27' S - 57°02' W)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
T (en °C)	26,5	26,1	25,2	22,1	18,7	16,9	18,1	19,3	20	24,8	24,4	26,4	22,2
P (en mm)	224	146	127	102	94	76	78	31	58	208	150	157	1451



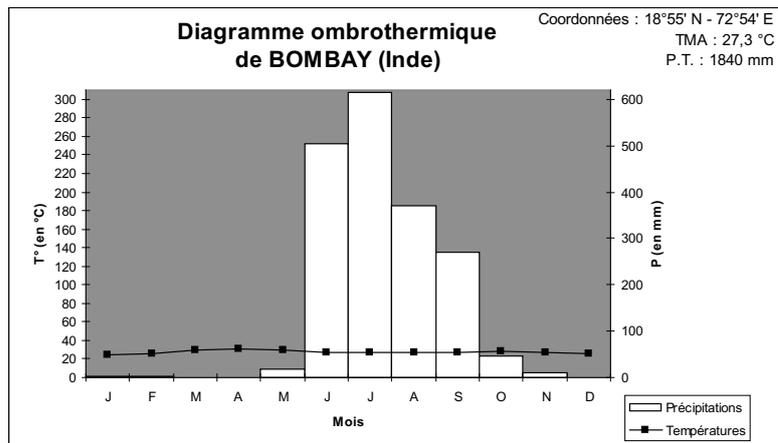
Le climat de mousson

En Asie du Sud et du Sud-Est règne une variété particulière du climat tropical : le climat de mousson. Ce climat présente les mêmes caractéristiques générales que le climat tropical, mais offre un vif contraste entre l'été et l'hiver.

Comme en climat tropical, l'hiver est chaud et sec, la période d'avril-mai a une chaleur torride qui dure jusqu'à l'arrivée des pluies. A ce moment, la température diminue très sensiblement, devenant presque agréable. La différence réside dans le régime des pluies; on passe brutalement de la sécheresse absolue aux pluies diluviennes.

Ce passage sans transition de la saison sèche à la saison humide s'explique par un renversement spectaculaire des vents :

- en hiver (mousson sèche) le vent souffle du continent vers l'océan, dirigeant ainsi sur l'Asie du Sud et du Sud-Est de l'air continental frais et sec.
- en été (mousson humide) le vent souffle de l'océan vers le continent, c'est alors de l'air chaud et humide qui afflue sur la région.



Exemple : **BOMBAY (Inde)** (18°55' N - 72°54' E)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
T (en °C)	24,2	26,3	28,7	30,6	29,1	27,4	26,9	26,9	27,2	28,2	26,7	25,1	27,3
P (en mm)	3	2	1	1	17	504	624	370	269	47	11	1	1840

3. Quelques données climatiques

Amérique

Stations

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
CERES (Argentine) (29°55' S - 62°00' W)	T (en °C)	25,8	24,8	22,9	19,3	15,4	12,3	12,1	13,4	16,7	19,7	22,1	24,6	19,1
	P (en mm)	115	122	123	103	39	13	21	15	45	71	106	13	786
ITACURUBI (Paraguay) (24°27' S - 57°02' W)	T (en °C)	26,5	26,1	25,2	22,1	18,7	16,9	18,1	19,3	20	24,8	24,4	26,4	22,2
	P (en mm)	224	146	127	102	94	76	78	31	58	208	150	157	1451
MIAMI (USA) (25°48' N - 80°12' W)	T (en °C)	19,7	20	21,8	23,2	25,2	26,8	27,6	27,8	27,2	25,3	22,6	20,3	24
	P (en mm)	63	50	54	79	155	177	136	154	215	210	75	42	1410
CUIABA (Brésil) (8° 09' N - 63°33' W)	T (en °C)	26	25,9	25,7	25	24	22,8	22,5	24,3	26,2	26,5	26,4	26,1	25,1
	P (en mm)	214	196	231	102	49	20	3	14	40	131	140	219	1360
QUIXERAMOBIM (Brésil) (5°12' S - 39°17' W)	T (en °C)	29	28,4	27,6	27,1	26,6	26,5	26,9	27,7	28,3	28,6	28,8	29,1	27,6
	P (en mm)	43	88	171	160	102	39	20	9	4	3	6	16	661

Australie

Station

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
BRISBANE (27°28' S - 153°02' E)	T (en °C)	25,1	24,7	23,5	21,3	18,1	15,7	14,7	15,8	18,4	21,1	23,1	24,6	20,5
	P (en mm)	160	170	141	94	69	70	55	50	52	63	94	121	1139

Asie

Stations

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
CHONG-KING (Chine) (29°39' N - 106°34' E)	T (en °C)	7,2	10	14,7	19,2	23,1	25,8	29,2	30	24,7	18,9	13,9	10,3	18,9
	P (en mm)	15	20	38	99	142	180	142	122	150	112	48	20	1088
BANGKOK (Thaïlande) (13°38'N - 100°27' E)	T (en °C)	24,6	26,5	28,5	29,4	28,8	28,4	28,1	28	27,5	27,3	25,6	24,5	27,3
	P (en mm)	8	16	44	43	157	141	156	174	302	207	69	8	1325
BOMBAY (Inde) (18°55' N - 72°54' E)	T (en °C)	24,2	26,3	28,7	30,6	29,1	27,4	26,9	26,9	27,2	28,2	26,7	25,1	27,3
	P (en mm)	3	2	1	1	17	504	624	370	269	47	11	1	1840
CALCUTTA (Inde) (22°32' N - 88°24' E)	T (en °C)	19,2	21,8	26,8	29,8	30,1	29,5	28,7	28,4	28,4	26,3	23,1	19,2	26
	P (en mm)	11	25	35	55	414	303	323	340	254	124	17	6	1634
HO CHI MINH VILLE (Thaïlande) (10°47' N - 106°42' E)	T (en °C)	25,6	27,1	28	29,1	28,4	27,4	26,9	27	27	26,7	26,2	25,4	27,1
	P (en mm)	18	3	18	42	204	339	305	261	347	279	119	68	2003
HONG KONG (22°17' N - 114° 09' E)	T (en °C)	15,6	15,9	18,5	22,1	25,9	27,7	28,6	28,2	27,5	25	21,3	17,7	22,8
	P (en mm)	27	42	55	139	298	432	317	413	320	121	35	25	2224
KAGOSHIMA (Japon) (31°36' N - 130°33' E)	T (en °C)	6,6	7,7	10,8	15,1	19	22,6	26,8	27,1	24,4	18,9	14	9	16,8
	P (en mm)	30	60	70	133	332	479	286	415	364	33	46	17	2258

MADRAS (Inde) (13°04' N - 80°15' E)	T (en °C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
	P (en mm)	24,6	25,4	27,3	29,6	32,1	32,2	30,9	30	29,6	27,9	26,1	24,8	28,4
MANILLE (Philippines) (14°35' N - 120°59' E)	T (en °C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
	P (en mm)	24,8	25,2	26,5	28,1	28,4	27,8	27	27	26,8	26,6	25,8	25	26,6
NIIGATA (Japon) (37°55' N - 139°03' E)	T (en °C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
	P (en mm)	1,7	1,8	4,8	10,2	15,3	19,9	24,1	25,8	21,4	15,5	9,8	4,7	12,9
YANGON (Birmanie) (16°47' N - 96°13' E)	T (en °C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
	P (en mm)	24,8	26,3	28,7	30,6	29,1	27,4	26,9	26,9	27,2	28,2	26,7	25,1	27,3

Afrique

Stations

BAMAHO (Mali) (12°37' N - 8°01' W)	T (en °C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
	P (en mm)	25,2	27,8	30,6	31,7	31,1	28,1	25,9	25,5	25,6	25,6	26,3	24,2	27,3
BOBO-DIOULASSO (Burkina) (11°10' N - 4°19' W)	T (en °C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
	P (en mm)	25	27,2	29,4	29,6	27,9	26,2	24,8	24,3	24,6	25,8	26,2	24,1	26,3
CONACKRY (Guinée) (9°35' N - 13°38' W)	T (en °C)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
	P (en mm)	26,3	26,3	26,6	27,1	26,9	25,8	24,7	24,4	25,2	25,6	26,3	26,5	25,9

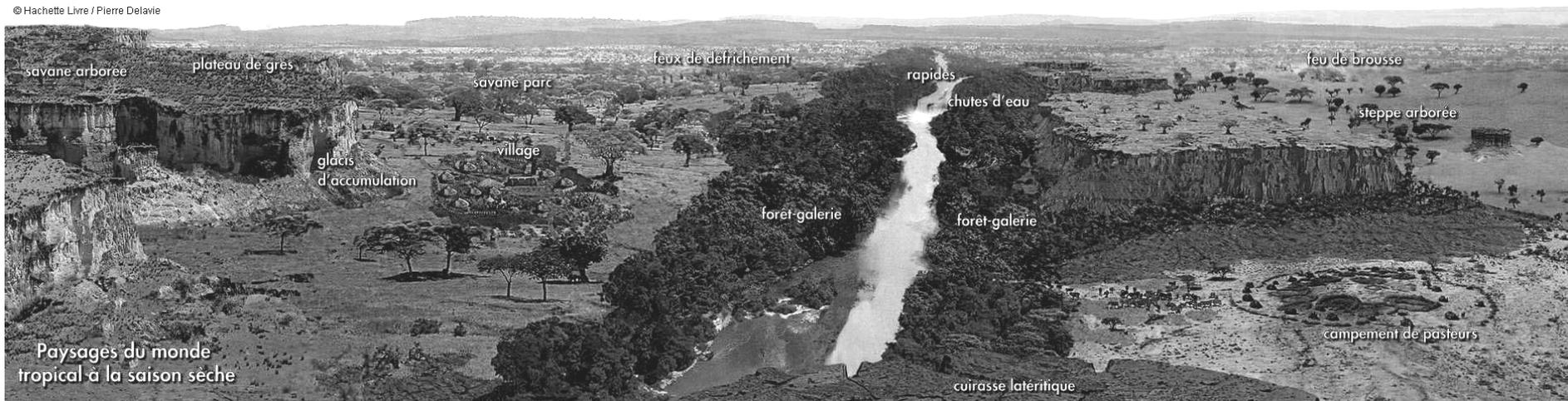
DAKAR (Sénégal) (14°27' N - 17°26' W)	T (en °C)	22,3	21,6	22,6	23,1	24	26,3	27,5	27,4	28,1	28,4	25,3	23,3	25
	P (en mm)	0	0	0	0	0	23	84	261	144	32	3	1	548
KANO (Mali) (12°03' N - 8°32' E)		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
	T (en °C)	21,3	24	28,2	30,6	30,1	28	25,7	25	25,9	26,8	24,8	21,8	26
LUBUMBASHI (Congo) (11°33' S - 27°28' E)	P (en mm)	0	0	3	8	69	114	208	312	140	13	0	0	867
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
MONGALLA (Soudan) (5°00' N - 32°00' E)	T (en °C)	22	22,3	22	20,8	18,6	16,4	16,1	18,1	21,4	23,6	23,3	22	20,6
	P (en mm)	267	244	213	56	5	0	0	1	3	31	150	269	1239
MOROMBE (Madagascar) (21°45' S - 43°22' E)		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
	T (en °C)	26,7	27,8	28,3	27,2	26,1	25	24,4	24,4	25	25,6	26,1	26,1	26,1
NIAMEY (Niger) (13°30' N - 2°06' E)	P (en mm)	3	20	38	107	137	117	132	147	124	109	46	8	938
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
OUAGADOUGOU (Burkina) (12°21' N - 1°31' W)	T (en °C)	28,4	28,1	27,6	25,8	23	21,4	20,7	21,7	23	24,3	26,3	27,6	24,8
	P (en mm)	119	184	57	5	5	10	4	0	2	6	19	74	485
ZINDER (Niger) (13°46' N - 9°00' E)		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
	T (en °C)	26,4	30,2	34	36,5	36,1	32,6	30,2	28,2	30,4	33,4	31,9	28,7	31,5
ZINDER (Niger) (13°46' N - 9°00' E)	P (en mm)	0	0	1	6	38	94	133	226	83	24	0	0	605
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
ZINDER (Niger) (13°46' N - 9°00' E)	T (en °C)	25,3	27,8	30,9	32,1	30,2	28,5	26,4	25,6	26	27,8	27,6	24,7	27,7
	P (en mm)	0	2	6	18	85	114	193	267	150	40	1	0	876
ZINDER (Niger) (13°46' N - 9°00' E)		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	année
	T (en °C)	22,6	25,4	29,8	32	31,9	30,3	27,4	25,7	26,9	28,9	26	21,7	27,4
ZINDER (Niger) (13°46' N - 9°00' E)	P (en mm)	0	0	0	0	53	50	114	260	103	12	1	0	593

4. Sélection de documents pour aborder le géosystème tropical à saisons contrastées en classe

Thème : quelques coupes-synthèses

Doc 1

Paysage tropical à saison sèche



Nous nous trouvons ici dans un paysage où, comme au Sahel, la saison sèche dure pendant 8 à 9 mois, souvent même bien davantage. Le fleuve, moins puissant que dans le monde tropical humide, et dont le cours est souvent coupé de rapides et de chutes, n'est pas une voie de communication. Il est en effet bordé sur ses deux rives par une forêt-galerie qui, bien que les sols y soient souvent plus fertiles que ceux des savanes environnantes, est un véritable désert humain : particulièrement denses, sans aménagement, ces forêts, infestées par des insectes qui véhiculent de très graves maladies tropicales (maladie du sommeil, onchocercose, etc.), sont des espaces éminemment répulsifs. Au-delà du fleuve et de sa lisière de forêt-galerie s'étend le domaine de la savane, formation herbeuse constituée d'un tapis de graminées (herbe à éléphant) qui couvre le sol de façon continue. Çà et là, des arbres groupés en boqueteaux rompent cette monotonie (savane parc, savane arborée). À droite, un campement de pasteurs qui font paître un troupeau de bovins. Ces éleveurs se déplacent continuellement pour trouver

de nouveaux pâturages. Au loin, un autre groupe de pasteurs a allumé un feu de brousse pour détruire l'herbe desséchée, trop dure pour être consommée par le bétail : sur les cendres repoussera une herbe plus tendre, le regain. Ces incendies accélèrent malheureusement le processus de désertification : l'eau infiltrée dans le sous-sol pendant la saison des pluies s'y charge de sels ferrugineux provenant de la décomposition des roches ; elle remonte vers la surface à la saison sèche et, en s'évaporant, dépose ces sels métalliques, dont l'accumulation progressive forme une cuirasse dure où désormais nulle végétation ne peut plus pousser. On aperçoit une telle cuirasse latéritique au premier plan.

D'après Hachette Multimédia / Hachette Livre, 2000

Doc 2**L'étagement des milieux de vie dans les Andes tropicales**

Large de 100 à 500 kilomètres, la cordillère des Andes constitue un obstacle continu et presque infranchissable entre le Pacifique et le versant atlantique. Au-delà d'une étroite bande côtière soumise aux influences adoucissantes de l'océan, son climat est surtout marqué par l'altitude.

On a figuré ici un paysage typique des Andes du Nord, humides, situées dans la zone tropicale. On distingue plusieurs étages :

- le domaine glaciaire, au-dessus 4500 - 5000 mètres, avec quelques glaciers courts (près de l'équateur la limite des neiges éternelles est très élevée) ;
- le domaine périglaciaire et les hautes terres (tierras frias) au-delà de 3000 - 3500 mètres : le gel fréquent n'y empêche pas la culture de la pomme de terre et des céréales locales, mais les rendements sont faibles en raison du froid, d'une relative sécheresse et de la pauvreté des sols. La végétation naturelle est adaptée à l'altitude : forêt de conifères, puis, au-delà de 4000 mètres, arbustes et graminées (paramo et puna), terres de pâture pour les moutons et les lamas ;
- les terres moyennes (tierras templadas), de 1500 à 3000 mètres, étage tropical tempéré. À partir de 1500 mètres, la forêt sempervirente laisse la place à la forêt mixte (bambous, lauriers...). C'est l'étage des grandes plantations (café, maïs). Les aires de savane sont utilisées pour l'élevage des bovins dans le cadre de grandes haciendas ;
- les basses terres (tierras calientes), chaudes et humides, jusqu'à 1500 mètres. L'occupation de ces terres y est plus récente que celle des étages supérieurs, moins malsains. De grandes plantations y sont installées dans des trouées faites par le feu dans la forêt tropicale : fruits tropicaux, canne à sucre, bananes...

D'après Hachette Multimédia / Hachette Livre, 2000



Thème : végétation

Doc 1

Traits généraux de la savane

Le terme de savane, utilisé dès le XVI^{ème} siècle par les conquérants espagnols au Venezuela, désigne une formation végétale de hautes herbes qui couvrent pratiquement toute la surface du sol pendant la saison des pluies. Certaines savanes sont uniquement herbeuses, mais la plupart sont parsemées d'arbres ou d'arbustes.

Les herbes de la savane sont essentiellement des graminées appartenant à un petit nombre de genres. L'herbe à éléphant, qui fait partie du genre *Pennisetum* peut dépasser trois ou quatre mètres de haut, mais en général les herbes des genres *Imperata* (herbe à paillote), *Andropogon*, *Hyparrhenia* *Loudetia* et en Australie, *Triodia*, *Astrebla*, *Themeda* atteignent 1 ou 2 mètres de haut. Les touffes meurent à la fin de la saison sèche, mais, grâce aux réserves accumulées dans les rhizomes, une nouvelle génération d'herbes repousse dès les premières pluies de l'année suivante.

Les Graminées de la savane sont donc adaptées au climat tropical à saison sèche. Leurs longues feuilles profitent au maximum des précipitations et leurs rhizomes sont capables de résister à la sécheresse et à des températures très élevées, non seulement pendant les journées torrides de la fin de la période sans pluie, mais surtout au moment de l'incendie de leur appareil superficiel desséché. Les savanes sont en effet parcourues chaque année par des « feux de brousse » naturels ou d'origine humaine.

Entre les touffes de Graminées, poussent de petites plantes annuelles, des thérophytes, qui se reproduisent par graines. Dans certains secteurs, par exemple lorsque la savane est temporairement inondée, des Cypéracées se substituent aux Graminées.

Les plantes herbacées favorisent naturellement la prolifération des grands troupeaux d'herbivores, antilopes, gazelles, gnous, buffles, zèbres, éléphants... qui se déplacent à la recherche de la nourriture et des points d'eau. Ils sont pourchassés par les carnivores, lions, léopards, chacals... mais les mammifères ne sont pas les seuls à peupler la savane; les insectes sont très nombreux, particulièrement les termites, et aux oiseaux coureurs (autruches) s'ajoutent de nombreux oiseaux arboricoles.

Les arbres de la savane appartiennent en général à des espèces peu nombreuses et différentes de celles de la forêt dense. Les représentants de la famille des légumineuses (*Acacia*, *Albizzia Prosopis*) dominent souvent mais on trouve également des arbres d'autres familles, par exemple des palmiers rôniers, du genre *Borassus*. Certains arbres sont d'ailleurs protégés par l'homme, ou même plantés. Ainsi en Afrique occidentale, les Karités ou arbres à beurre abondent dans les zones de savane où la culture est provisoirement abandonnée et donnent à certaines régions soudaniennes un aspect de savane-verger.

Les arbres de la savane subissent une longue saison sèche aggravée dans certaines régions par des vents desséchants (Harmattan en Afrique occidentale). Il faut également qu'ils puissent supporter le passage des feux de brousse. Ils ont donc des adaptations xérophiiles; certains ont des feuilles persistantes mais la plupart perdent leurs feuilles pendant la saison sèche, en particulier les acacias. Les couronnes sont souvent aplaties ou en forme d'ombrelle; les troncs sont trapus, noueux, protégés par une écorce dure et épaisse, parfois renflés pour conserver des réserves d'eau (baobabs, arbres bouteilles). La plupart des espèces rejettent de souche avec vigueur et leurs racines sont largement développées, soit en profondeur, soit latéralement quand une carapace gêne leur pénétration à l'intérieur du sol.

D'après HUETZ DE LEMPS A., *La végétation de la Terre*,
Initiation aux études de Géographie, Masson, Paris, 1970, pp 94 et 95.

Doc 2

Les principaux types de savane

Sous le nom général de « savane », les biogéographes ont pris l'habitude de désigner des formations végétales très différentes et il est nécessaire d'ajouter un adjectif pour préciser la physionomie de la savane que l'on veut décrire. Les principaux types de savane que l'on distingue habituellement sont les suivants :

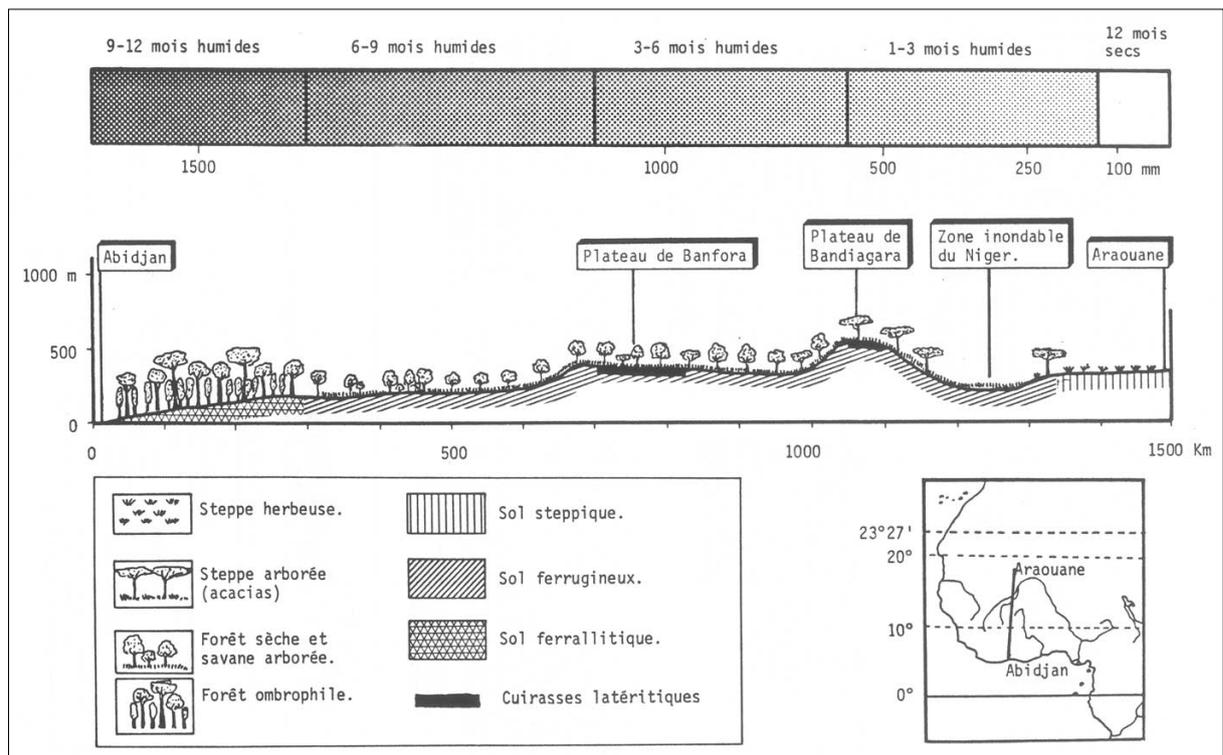
- **la savane herbeuse ou savane nue** (en anglais grass savanna) est une savane où il n'y a pratiquement ni arbres ni arbustes;
- **la savane arborée** (en anglais : trees savanna) est une savane piquetée d'arbres à peu près régulièrement répartis. Ces arbres sont généralement de taille assez médiocre (5 à 8 mètres).
- Lorsqu'il s'agit d'arbustes de faible taille (3 ou 4 mètres), avec de loin en loin un grand arbre, on parle de **savane arbustive** (en anglais shrub savanna). Si ces arbustes sont des épineux ou des cactacées, on peut préciser : **savane à épineux ou savane succulente**. Dans certains cas, ces épineux ou ces cactées deviennent suffisamment denses pour que la savane soit peu pénétrable on passe alors à une formation de type fourré.

- **la savane à boqueteaux** comporte non plus des arbres isolés mais des petits bosquets. Les boqueteaux s'installent parfois sur d'anciennes termitières où le sol, enrichi en éléments minéraux, est bien aéré et humide en profondeur : c'est le paysage original de la savane à termitières boisées;
- **le parc** est un type voisin de la savane à boqueteaux. Les étendues herbeuses alternent avec les bosquets ou les petits bois et donnent un paysage aimable et varié;
- **la savane boisée** ou savane forestière (en anglais savanna woodland) a une densité d'arbres déjà importante mais ces arbres ne forment pas un couvert continu. Ce type de savane est en réalité très voisin de la forêt claire; la seule différence est l'abondance plus grande de la strate herbacée au moment de la saison des pluies. Les feux de brousse la parcourent pendant la saison sèche.

D'après HUETZ DE LEMPS A., *La végétation de la Terre*, Initiation aux études de Géographie, Masson, Paris, 1970, pp 94 et 95

Doc 3

Coupe Abidjan - Araouane



Thème : le climat

Doc 1

C'est la saison des cyclones

Frances, Ivan. Les cyclones se suivent, dévastant tout sur leur passage. Mais au fait, comment se forment les cyclones et leur fréquence est-elle liée au réchauffement de la planète ?

IVAN a semé la terreur, de l'autre côté de l'Atlantique. Le cyclone a fait 108 morts dans les Caraïbes et dans le sud des Etats-Unis. C'est le phénomène météorologique le plus puissant qu'a connu cette région du monde depuis un demi-siècle au moins.

Un effet de plus du chamboulement climatique observé par les scientifiques ? Pas sûr. En fait, les cyclones, ouragans et typhons - trois

termes qui désignent le même phénomène dévastateur - sont tout simplement de saison... A cette époque de l'année (de juillet à octobre), toutes les conditions sont réunies, dans les océans des tropiques, pour voir naître ces redoutables tempêtes tourbillonnantes.



D'abord, la température de l'eau de mer doit atteindre 27 degrés, sur 80 mètres de profondeur au moins. Il faut, ensuite, que l'air de la haute atmosphère soit particulièrement froid... C'est le contact entre la masse d'eau de mer chaude et l'air froid d'altitude qui génère le cyclone.

Concrètement, l'air chaud, à hauteur de la mer, va s'élever, entraînant avec lui l'eau évaporée qui forme des nuages. Les vents suivent le mouvement : ils montent en tournant, ce qui donne à la masse - nuageuse une forme -de spirale, autour d'une zone relativement calme qu'on appelle « l'œil du cyclone ».

UN DIAMÈTRE DE 1.000 KM

Des vents de plus en plus forts (jusqu'à 300 km/h) se forment autour de l'« œil ». L'humidité qu'ils entraînent en altitude se condense brusquement, au contact de l'air froid, et provoque des pluies intenses. La masse d'air tourbillonnante peut ainsi atteindre un diamètre de 1.000 kilomètres et dégager une puissance dix fois supérieure à celle de la bombe atomique d'Hiroshima.

Redoutable, le cyclone se déplace à la vitesse de 20 à 25 km/h et peut parcourir plusieurs milliers de kilomètres, pendant une semaine environ, avant de perdre puissance et disparaître.

Cette année, les cyclones n'ont pas été plus nombreux qu'auparavant. Mais ils se sont distingués par leur violence. Jérôme Lecou, expert à Météo-France, rappelle qu'on a connu bien pire : *En 1998, Mitch a fait plus de 11.000 morts, notamment en Amérique Centrale, et à*

la fin du XVIIIe siècle, The Great Hurricane avait provoqué quelque 22.000 morts dans les Caraïbes.

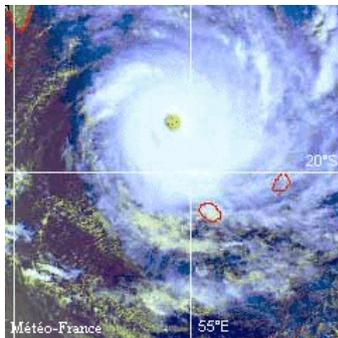
Pour Jérôme Lecou, on ne peut expliquer la violence particulière des cyclones de cette saison par le phénomène global de réchauffement de la planète : Il n'y a pas de tendance claire sur les quelques études qu'on a à notre disposition. Dans la mesure où les cyclones sont des phénomènes extrêmes, et donc rares, on a beaucoup de mal à établir des statistiques.

Ricardo GUTIERREZ

D'après le supplément du journal « Le Soir », *Swarado*, du 21 au 27 septembre 2004, n°3

Doc 2

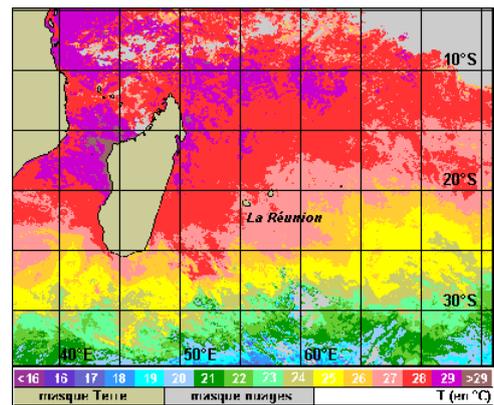
Un exemple d'interaction océan-atmosphère : les cyclones tropicaux



L'étude présente se rapporte au cyclone Bonita qui a affecté le sud-ouest de l'océan Indien du 5 au 14 janvier 1996. Elle s'appuie sur les images des satellites NOAA (documents Météo-France, centre de La Réunion).

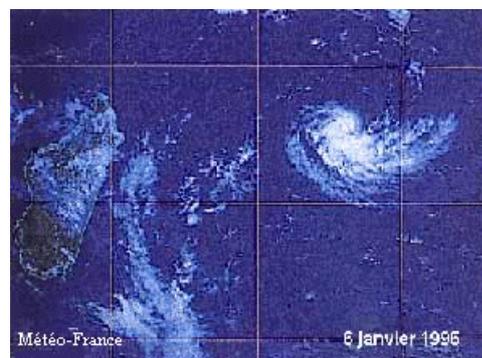
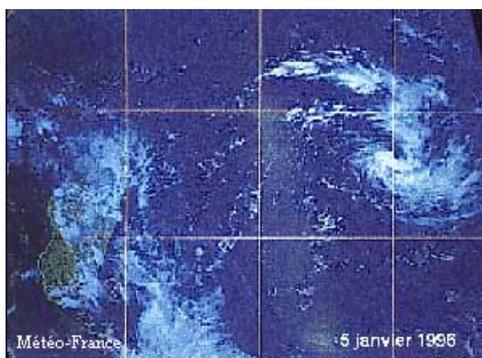
Conditions de formation d'un cyclone

La formation d'un cyclone est liée à une forte humidité de l'air dans une atmosphère instable. Ces conditions peuvent exister en zone tropicale quand la température de la mer dépasse 27°C. Dans le sud-ouest de l'océan indien, la période de janvier à mi-mars est propice à la formation des cyclones.



Document SEAS (ORSTOM)

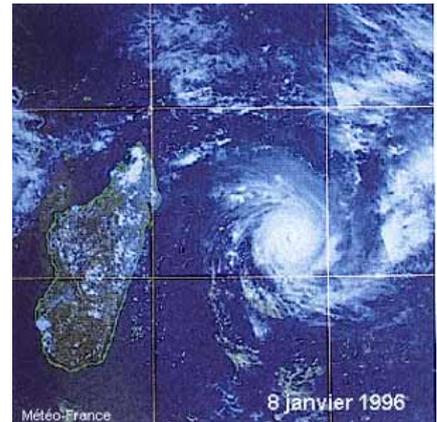
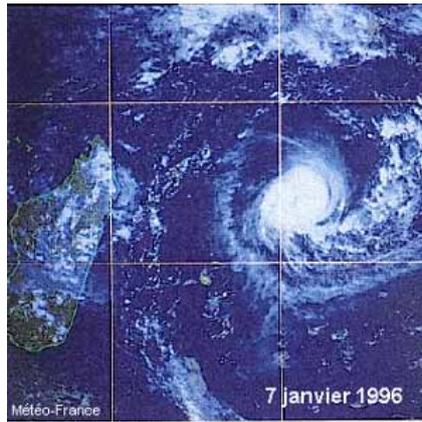
Naissance du cyclone, les 5 et 6 janvier 1996



Le cyclone Bonita a été initié par l'existence d'une zone perturbée (environ 500 km au nord-est de l'île de la Réunion) qui va très vite se développer.

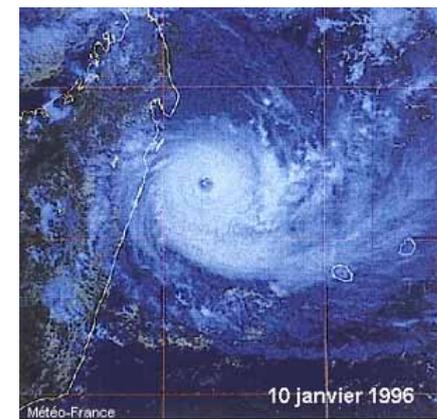
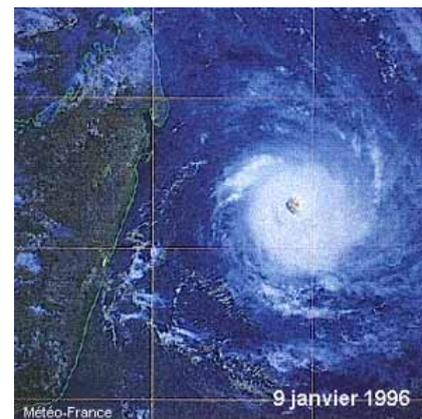
Développement du cyclone Bonita

Au contact des eaux chaudes, un mouvement ascendant d'air chaud a lieu. Il s'ensuit une baisse de pression atmosphérique, un accroissement de la masse nuageuse et de la vitesse des vents. Le système va parvenir à maturité.



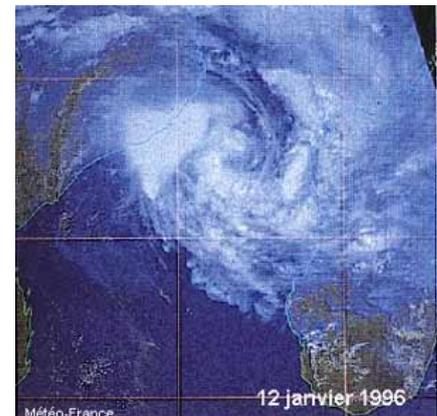
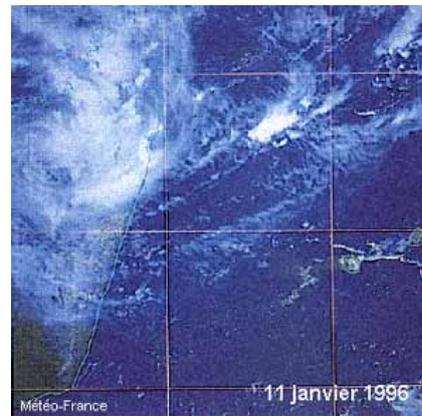
Le stade de maturité

Ce stade est caractérisé par l'apparition de l'œil traduisant un renforcement des vents au centre du cyclone (180 à 270 km/h). Ce "cyclone tropical intense" va subir en approchant des terres, une perte d'énergie qui causera son déclin.



Déclin du cyclone

Faute d'alimentation en eau au cours de son passage sur Madagascar, le cyclone s'affaiblit. Il reprend un peu de vigueur sur le canal du Mozambique et se déstructure au contact des côtes africaines, vers le 13 janvier.



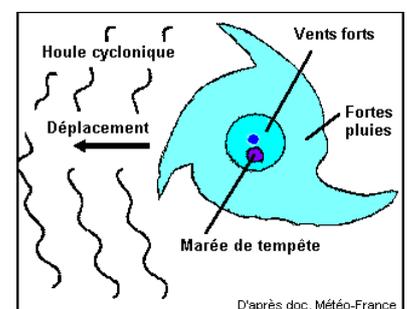
Dégâts causés par un cyclone

Le cyclone est alimenté en énergie thermique par l'eau et la transfère pour une part en énergie cinétique, sous forme de vents forts qui, à terre sont à l'origine de nombreux dégâts, et en mer, génèrent une houle importante.

La dépression au centre du cyclone crée une marée de tempête. Il s'ensuit alors une élévation du niveau des eaux marines, avec inondation des zones côtières les plus basses.

Des pluies diluviennes accompagnent le passage du cyclone. Elles accroissent brutalement le débit des torrents et sont à l'origine d'inondations, de coulées boueuses et de glissements de terrain.

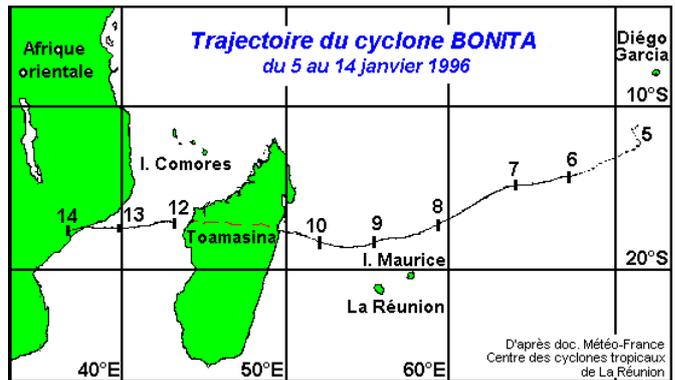
Ces effets se font ressentir tout au cours de la trajectoire du cyclone.



D'après doc. Météo-France

Trajectoire du cyclone et mesures de prévention

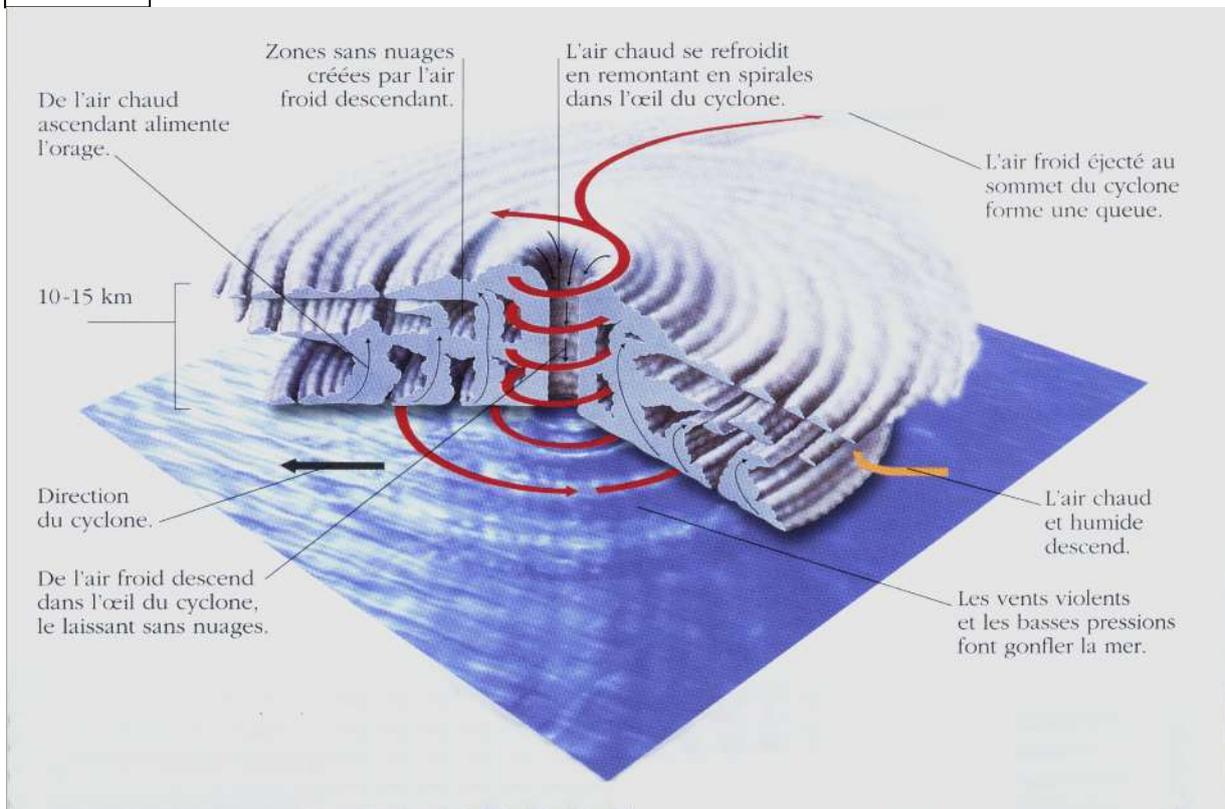
Grâce aux données issues de la surveillance satellitale, Météo-France peut avertir les autorités locales qui déclenchent les phases d'alerte cyclonique.



D'après http://www.educnet.education.fr/meteo/ocea_atm/bonita/html/bonita00.htm

Doc 3

Les cyclones tropicaux



Ce phénomène est appelé:

Hurricane dans l'Atlantique Nord
Ouragan ou **Huracan** dans le Nord et le Pacifique
Typhon au Nord ouest du Pacifique
Kamikaze au Japon
Willy-Willy en Australie
Baguio aux Philippines
Cyclone au Sud-ouest du Pacifique, Sud-ouest de l'Océan Indien et au Nord de l'Océan Pacifique

Chaque année, une soixantaine de gigantesques ouragans, accompagnés de vents de plus de 200 km/h, se déchaînent au-dessus des eaux tropicales océaniques.

D'après <http://www.nathetchris.com/cyclone.html>

Doc 4

Les alizés

Les alizés matérialisent le grand courant d'Est des basses latitudes. On peut les définir comme des vents d'Est réguliers, parfois épais de plusieurs milliers de mètres, circulant sur le flanc équatorial des cellules de hautes pressions subtropicales. Ils intéressent, au moins une partie de l'année, plus du quart de la surface du globe et certainement un bon tiers des océans.

Ils se caractérisent d'abord par une remarquable régularité dans leur vitesse (en moyenne de l'ordre de 20 km/h) et une constance non moins exceptionnelle dans leur direction : Nord-Est ou Est-Nord-Est pour l'hémisphère Nord, Sud-Est ou Est-Sud-Est pour l'hémisphère Sud. Par leur régularité, les alizés jouent un rôle important dans la vie des régions sur lesquelles ils soufflent : dans le passé, ces *trade-winds* ces vents du commerce, ont rendu de grands services aux voiliers traversant l'Atlantique : actuellement encore, ils commandent le site des ports, la direction des pistes des aérodrômes...

Un second trait caractéristique des alizés est la sécheresse. Elle est évidemment particulièrement marquée sur les continents (*l'harmattan* d'Afrique occidentale par exemple). Il faut que l'alizé ait voyagé sur une longue distance au-dessus des océans et soit soulevé par une puissante ascendance orographique pour qu'il puisse apporter des précipitations. En général il ne donne pas de pluies et se contente d'emmagasiner des quantités importantes de vapeur d'eau par évaporation, effectuant ainsi un puissant transfert d'énergie vers l'équateur.

Alors que l'océan, balayé par l'alizé, ne reçoit que des pluies assez médiocres, îles et côtes peuvent être fort arrosées, tout au moins sur les versants attaqués par l'alizé

Il existe en effet une opposition fondamentale entre les versants au vent, exposés directement à l'alizé, et où l'ascension de l'air provoque de fortes précipitations, et le versant sous le vent, abrité, où l'alizé devient un vent subsident, sec et plus chaud. Ainsi aux îles Hawaï on peut enregistrer jusqu'à 12 m de pluie par an sur les versants nord-orientaux au vent, contre parfois 500 mm sur les versants sud-ouest, à quelques kilomètres de distance.

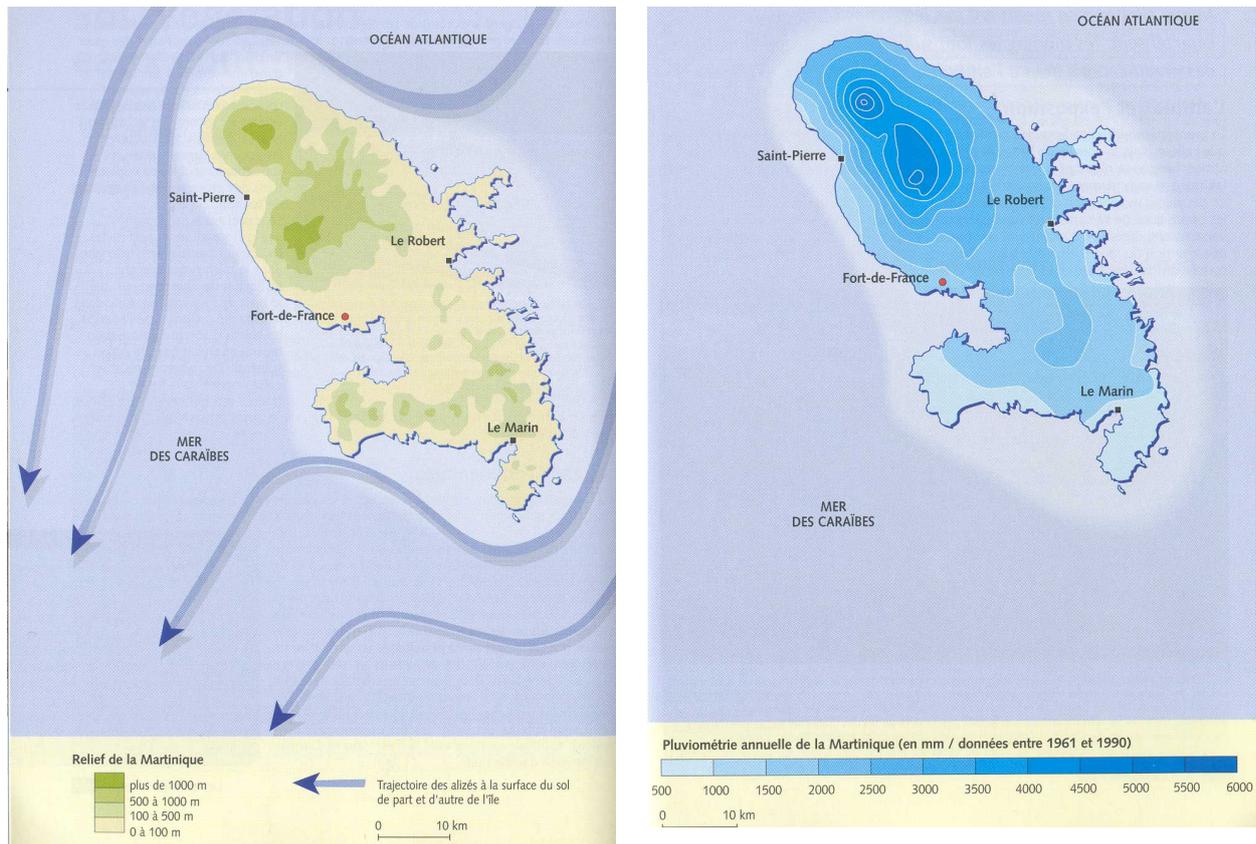
Ces climats intéressent d'abord des archipels au milieu de l'océan. A l'est des surfaces océaniques, l'alizé issu du continent est encore sec et les îles sont fréquemment subdésertiques (Canaries, îles du cap Vert). Au contraire, au centre et à l'ouest des océans, le climat d'alizé trouve sa pleine vigueur (îles du Pacifique central et occidental, domaine caraïbe, îles de l'océan Indien). Plus encore, il souffle sur de longues façades orientales : côte orientale de Madagascar, de l'Afrique méridionale et orientale, façade sud-est du Brésil. En Amérique Centrale, alors que la côte caraïbe bénéficie des pluies apportées par l'alizé, le versant pacifique, sous le vent, jouit d'un climat plus contrasté, sans grandes pluies d'hiver et sans les dégâts causés par les cyclones tropicaux.

D'après ESTIENNE P. et GODARD A., Climatologie, ed Armand Colin, Collection « U », Paris, 1970, page 133-134 et 314-315

Doc 5

L'influence des alizés en Martinique

En Martinique, la pluviométrie dépend des vents dominants : les alizés. Ces derniers, chargés d'humidité, soufflent sur le nord-est de l'île, ce qui y favorise les précipitations. Sur les régions situées sous le vent en revanche (région de Saint-Pierre par exemple), l'effet de foehn se fait sentir : l'air est plus sec, il y a moins de nuages, et donc de pluies. Par ailleurs, les précipitations augmentent avec l'altitude. Cela est particulièrement visible sur le nord de l'île, montagneux, qui est plus arrosé que le Sud.



Extrait de CHEMERY L., *Petit atlas des climats*, collection « petite encyclopédie Larousse », éd. Larousse, 2003, pages 107 à 109.

Doc 6

La mousson, salut et angoisse pour un milliard d'homme

L'attente

Depuis longtemps, tout était desséché jusqu'aux profondeurs de la terre, brûlée par l'implacable et aveuglant soleil, que, depuis des semaines, aucun nuage ne venait tamiser... Chaque jour, la tension s'accroissait. Non seulement les nerfs, usés par l'horreur de ce soleil inhumain, étaient à bout, mais la terreur s'insinuait progressivement, terreur de la famine, des épidémies. En effet, personne ne s'illusionnait sur les réserves de grains et de vivres du vieux maharajah; elles ne pourraient suffire à sauver douze millions d'êtres de la misère et de la mort, si Rama, Vishnou et Krishna jugeaient bon de ne pas envoyer les pluies. Au fur et à mesure que l'attente se prolongeait, l'épouvante s'infiltrait partout...

L'explosion

L'orage, accompagné d'un vent furieux venu du golfe d'Arabie, se déchaîna d'un seul coup. Le tonnerre et les éclairs affolèrent les chauves-souris qui tournoyèrent comme des furies autour du Réservoir. Brusquement, les lumières s'éteignirent et de grosses gouttes de pluie se mirent à éclabousser le sol. Le vent augmenta, pliant, tordant les arbres. Les éclairs se succédèrent, blancs, incandescents, illuminants le paysage de lueurs terrifiantes. Bientôt, le ciel ne forma plus qu'une immense cataracte qui déversait ses flots sur la terre assoiffée. En voulant traverser la rue pour s'abriter, on était aussi trempé que si on avait traversé la rivière à la nage...

Résurrection

En quelques heures, miraculeusement, les pluies diluviennes avaient transformé le paysage, métamorphosant les jardins, les champs, la jungle, arides et roussis, en une masse verdoyante et vivante qui s'élançait à l'assaut des murs, des arbres, des maisons. Des lianes, d'un vert de laitue, s'insinuaient partout, se glissaient dans les moindres interstices, dans les conduites d'eau, par les fenêtres ouvertes, s'enroulaient aux colonnes de la véranda, aux chaises du jardin, à la pompe du puits, s'enchevêtraient, s'attachaient avec une sorte de volupté végétale à tout ce qu'elles rencontraient. Dans les plates-bandes, au milieu des sentiers, sur les terrasses, les pousses, nées de la chaude averse, surgissaient et grandissaient avec une telle exubérance qu'on pouvait en mesurer la croissance d'un matin à l'autre. Les serpents commençaient à sortir: pythons, cobras, vipères, d'abord engourdis, puis avec un appétit grandissant, envahissaient les bords de la rivière, les prés, les jardins, pénétraient même dans les maisons. Au loin, les vastes champs de maïs et de millet passaient de l'or brun au vert émeraude, comme si un immense tapis avait été jeté sur toute la contrée, de l'extrémité du quartier des Intouchables, jusqu'à la ville morte d'El Kantara. Une fois de plus, la mousson avait fait renaître la vie.

A nouveau, l'angoisse

Il pleuvait déjà plusieurs semaines, par averses diluviennes qui ne s'interrompaient que quelques heures au plus. Partout, dans les maisons, la moisissure s'étalait en taches sur les murs. Tout le jour, malgré la chaleur étouffante, on devait entretenir des feux pour sécher les draps de lit alourdis par l'humidité d'une nuit. Les insectes pullulaient par millions, transformant les moustiquaires en pesants linceuls noirs. Pendant le jour, ils s'insinuaient en masses compactes derrière les tableaux, sous les coussins, sous les meubles, servant de festin aux petits lézards criailleurs qui vivaient dans les plafonds bourrés de roseaux. Et les mangoustes avaient fort à faire, pour empêcher l'invasion des serpents qui pullulaient dans les jardins.

Et ils se mettaient à compter les semaines qui les séparaient encore du jour où le renversement du vent ramènerait peu à peu la sécheresse.

D'après le livre de Louis Bromfield, *La Mousson*.

In CABANNE C., COQUERY M., DRIANCOURT J., PITIE J. et PREVOT V., *Une seule Terre*, Espaces et Temps. Coll. J. Dupaquier -V. Prévôt, Magnard, Paris, 1981, pp. 72-73.

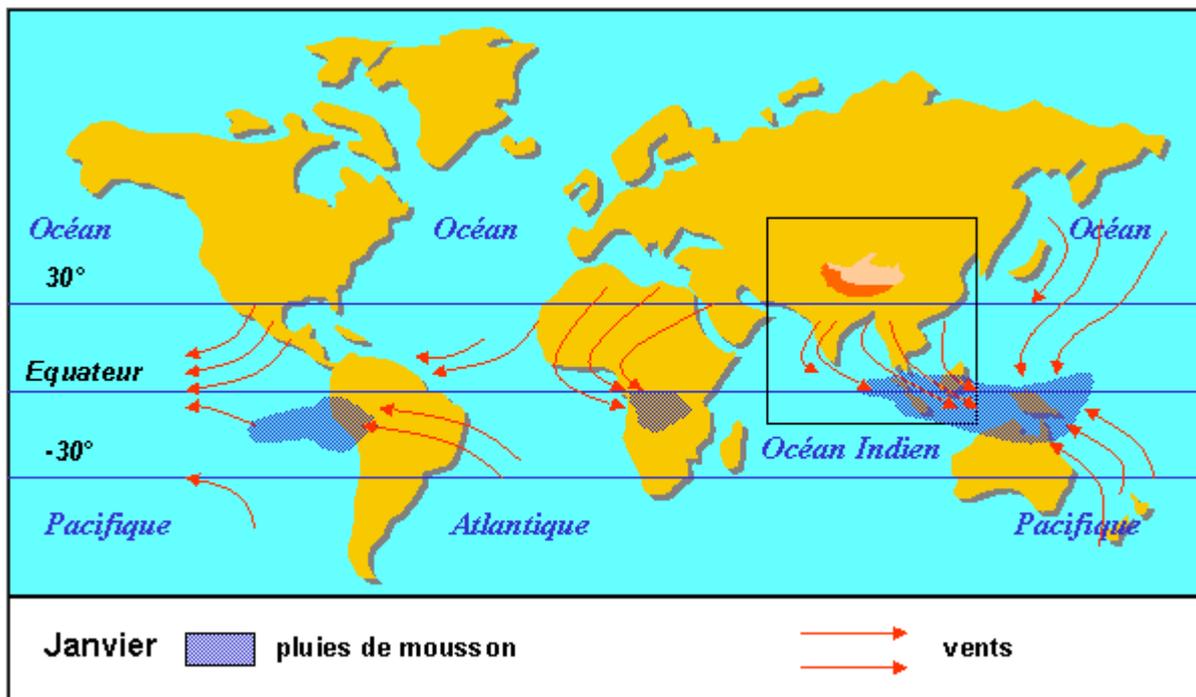
Doc 7

La mousson

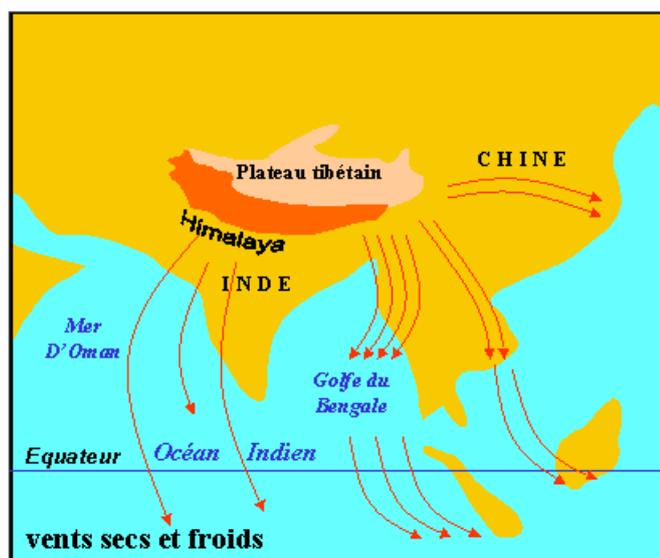
La mousson est un vent saisonnier qui souffle de la mer vers l'intérieur des terres en été (mousson humide) et du continent vers la mer en hiver (mousson sèche).

Le phénomène des moussons est propre aux latitudes intertropicales : on l'observe en Afrique (Soudan, golfe de Guinée, Madagascar), dans l'Océan Indien, en Asie du sud-est, en Nouvelle-Guinée et en Australie. Il est dû à un réchauffement inégal de l'atmosphère de part et d'autre de l'équateur selon la saison.

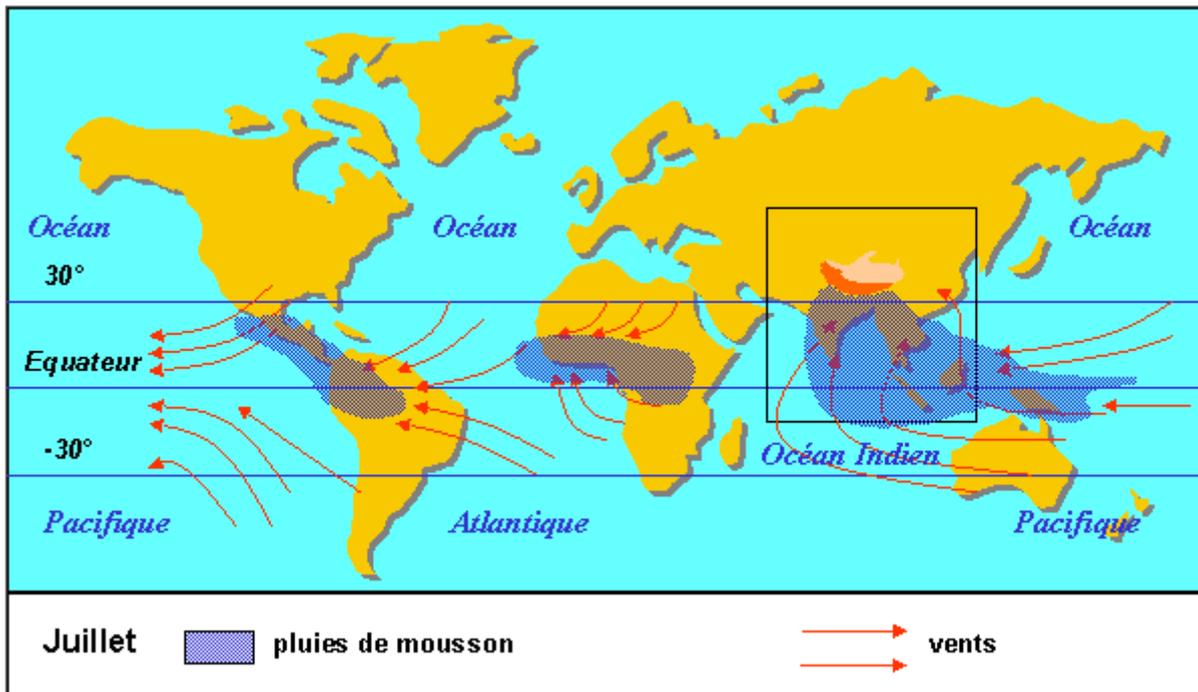
En **hiver**, l'hémisphère nord se refroidit alors que l'hémisphère sud se réchauffe. Les masses d'air situées au nord de l'équateur ont donc tendance à se déplacer vers le sud.



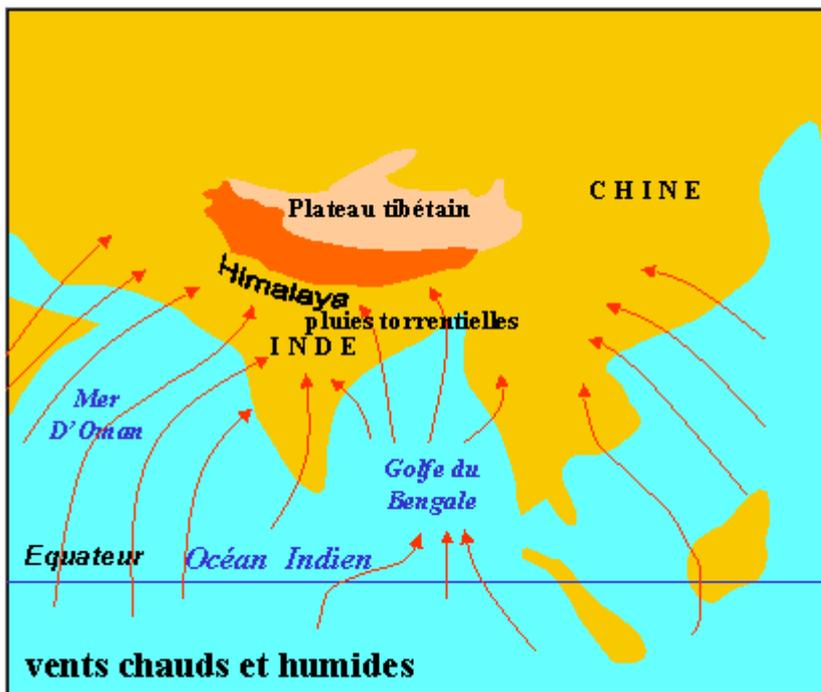
Par exemple, un air froid et sec circule de l'Himalaya vers l'Inde où, par conséquent, c'est la saison sèche. En franchissant l'équateur, ces vents sont déviés vers l'est en raison de la rotation de la Terre et se dirigent vers le sud-est asiatique. En passant au-dessus de l'océan Indien, ils se chargent d'humidité, qu'ils iront déverser sous forme de pluies torrentielles au-dessus de l'Indonésie et du nord de l'Australie.



En **été**, le déséquilibre s'inverse.



La chaîne Tibet-Himalaya se réchauffe plus vite que l'océan Indien au sud. L'air continental chaud s'élève, laissant la place à l'air océanique humide. Celui-ci, en arrivant au sud-ouest de l'Inde, franchit la chaîne des Ghats, se refroidit et libère son humidité sous forme de pluies : c'est la mousson d'été.



En Inde, la sécheresse est donc importante de décembre à avril, et les pluies très abondantes de juin à septembre. Les dépressions mobiles, qui jouent un rôle important dans le déclenchement des pluies, sont assez capricieuses et de graves sécheresses peuvent survenir.

D'après <http://www.ilesdepaix.org/sud/auton/kalakad/mousson.html>

Les moussons dans le monde

Le fait essentiel, c'est le déplacement anormal en latitude de la masse d'air équatoriale; centrée l'hiver vers 10° de latitude Sud, elle remonte l'été jusqu'au 30^{ème} parallèle, alors que sa translation normale ne devrait guère excéder une dizaine de degrés. Simultanément, l'air polaire se trouve décalé, vers les hautes latitudes pendant l'été, alors que l'hiver il s'avance jusqu'au tropique : il gèle jusqu'à Hong Kong, c'est-à-dire au sud du tropique... Il est probable que l'Himalaya et la masse des plateaux de l'Asie centrale jouent un rôle important en rejetant l'été la circulation d'Ouest au nord des systèmes montagneux et en permettant ainsi l'invasion de tout le continent par l'air équatorial. Il est certain que l'Himalaya, en isolant le subcontinent indien du reste de l'Asie, est responsable d'importantes différenciations dans le climat de mousson.

D'après ESTIENNE P. et GODARD A., *Climatologie*, Armand Colin, Collection « U », Paris, 1970, p. 325.

La **mousson japonaise** est encore celle qui se rapproche le plus du schéma de Halley :

- 1) ***l'hiver***, les hautes pressions sibériennes occupent tout le continent, au moins au sol; sur 1 500 à 2 000 m d'épaisseur, elles dirigent vers le sud-est de l'air arctique ou polaire continental très froid et sec, qui balaie la Chine du Nord, la Mandchourie, l'Extrême-Orient soviétique et une bonne partie de la Corée (où les températures de janvier sont presque partout négatives). Les expulsions d'air froid se font par saccades; elles procurent à tous ces pays, jusqu'aux Tsin Ling, un hiver froid et sec, de type continental. Cet air froid pousse jusqu'au Japon; au passage de la mer du Japon, réchauffée par un diverticule du Kouro-Chivo, il se charge d'humidité; d'où le déclenchement de précipitations très importantes sur le versant nord des Alpes japonaises, alors que le versant sud est souvent indemne de ces chutes (neige le plus souvent). Mais ces irruptions sont temporaires; la plupart des pluies qui affectent le Japon en saison froide sont liées au passage des perturbations d'Ouest sur le flanc sud-est de l'anticyclone sibérien;
- 2) ***l'été***, un anticyclone subtropical pacifique dirige sur le Japon et la Chine du Nord un flux de secteur sud, qui n'est probablement que l'alizé du Sud-Est, peu épais et stable. Les précipitations y sont provoquées, de façon de plus en plus irrégulière au fur et à mesure qu'on pénètre sur le continent, soit par des perturbations des latitudes tempérées, soit par des cyclones tropicaux, fréquents sur le Japon, surtout à la fin de l'été.

En somme, le continent connaît un type de régime tempéré sec, avec hiver froid et été chaud et modérément pluvieux; le Japon bénéficie de pluies d'hiver importantes, notamment sur la côte de la mer du Japon, mais son climat ne peut se ranger dans aucune des catégories précédemment définies, du fait de la très forte chaleur de l'été, voisine de celle des régions équatoriales.

D'après ESTIENNE P. et GODARD A., *Climatologie*, Armand Colin, Collection « U », Paris, 1970, p. 325.

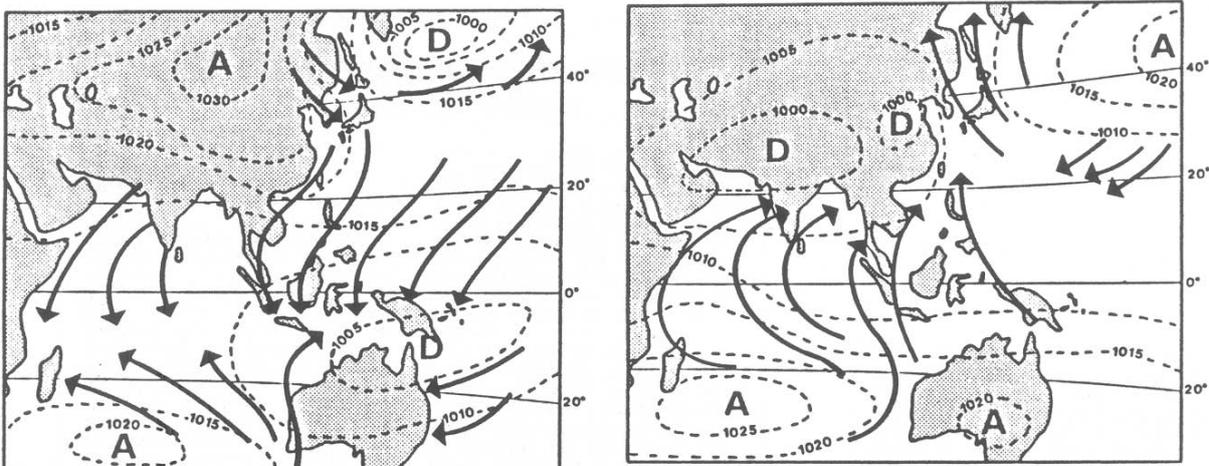
La **mousson indochinoise** intéresse la Chine du Sud et la péninsule indochinoise. La circulation d'hiver y reste dominée par les poussées d'air froid sibérien; mais ces coulées dégénèrent progressivement vers le sud et ne dépassent guère le 20^{ème} parallèle; elles se produisent essentiellement à l'arrière des perturbations du front polaire; par suite, au nord du 20^{ème} parallèle, les mécanismes frontaux classiques provoquent des pluies de saison froide plus ou moins abondantes, avec des sautes brutales de température et des vagues de froid parfois sévères (il faut y ajouter, sur la côte annamitique, le rôle de cyclones particulièrement

tardifs dans la saison). Au sud du 20^{ème} parallèle, l'air venu du nord et attiré par les basses pressions australiennes est à peu près réchauffé : l'hiver est alors sec et chaud (comme en Cochinchine, au sud du Laos, au Cambodge ou en Thaïlande).

L'été, une circulation lente du Sud, commandée par les hautes pressions australiennes, généralement peu épaisses, donne un temps beau, chaud et lourd; les précipitations, abondantes, y sont provoquées soit par des vallées froides d'altitude déclenchant une convection généralisée, soit par des perturbations d'Est, soit enfin par des cyclones tropicaux.

La mousson indienne est radicalement différente.

L'hiver, l'Himalaya ne permet pas l'arrivée directe sur l'Inde d'air sibérien. Il ne pénètre au sud de l'Himalaya que de l'air polaire dégénéré plus ou moins subsident et desséché, d'origine méditerranéenne, porté par un courant d'Ouest qui au sol se cantonne surtout à l'ouest de la plaine indo-gangétique mais qui est beaucoup plus développé et rapide en altitude. Les dépressions qui longent l'Himalaya sont liées au jet-stream tempéré qui passe alors au sud de la chaîne; elles apportent sur le Nord-Ouest de l'Inde et du Pakistan de l'air frais et humide avec quelques précipitations, le plus souvent faibles et irrégulières et décroissant rapidement d'ouest en est. Sur le reste de la péninsule indienne règne un flux d'Est à Nord-Est faible et sec qu'on est tenté d'assimiler à l'alizé boréal, et qui n'est jamais vraiment frais; vers l'extrême sud, nous touchons déjà au domaine équatorial, avec une circulation classique d'Est. L'hiver est ainsi une période de temps beau et sec, qui se réchauffe progressivement au printemps. En mai, les températures deviennent torrides, atteignant fréquemment, comme dans le climat tropical sec, leurs plus hautes valeurs annuelles.



Les pressions en Inde. En hiver (à gauche) et en été (à droite).

Le flux de mousson qui attaque l'Inde par l'ouest s'incurve ensuite au-dessus de la plaine indo-gangétique, qu'il remonte d'est en ouest, suivant un talweg dépressionnaire (dit talweg de mousson), toujours installé au sud de l'Himalaya, et dont la position en latitude paraît déterminer l'importance des pluies. Ce flux s'apaise d'est en ouest : il arrive très appauvri sur le Pendjab et n'affecte que modérément l'Ouest himalayen, bien qu'exceptionnellement des averses de mousson puissent atteindre l'Afghanistan, voire même le centre de l'Iran.

Très sensible aux influences du relief le courant de mousson est fort irrégulier d'une année à une autre sur la plus grande partie de l'Inde (retard dans le déclenchement de la mousson, interruptions fréquentes - breaks -, entraînant des sécheresses prolongées...).

D'après ESTIENNE P. et GODARD A., *Climatologie*, Armand Colin, Collection « U », Paris, 1970, p. 325-327.

Doc 9

Le phénomène El Nino

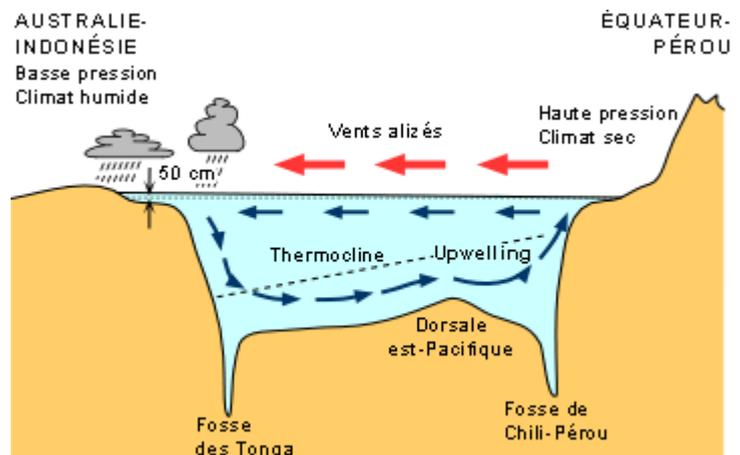
Le phénomène El Nino est un phénomène qui appartient d'abord au Pacifique. Il a une influence marquée sur les masses continentales péri-Pacifique, mais aussi quelque influence sur les autres régions du globe. Il met bien en évidence l'interaction atmosphère-océan. En simplifiant, on peut dire qu'El Nino résulte d'un dérèglement atmosphérique qu'on arrive mal à expliquer et qui revient périodiquement. Le tableau qui suit montre cette périodicité pour les quatre dernières décennies.

Années	Périodicité
1954-58	8 ans
1965	
1972-73	7 ans
1982-83	10 ans
1986-87	4 ans
1991-92	5 ans
1997-98	6 ans

Mais déjà, dans les années 1920, on avait noté un phénomène de déséquilibre des pressions atmosphériques entre Pacifique-Est et Ouest, déséquilibre qu'on sait aujourd'hui appartenir au phénomène El Nino.

Pour bien comprendre le phénomène El Nino, il faut examiner l'interaction atmosphère-océan au niveau de la zone tropicale du Pacifique, en temps "normal", c'est-à-dire sans l'effet El Nino. Le schéma qui suit résume cette situation.

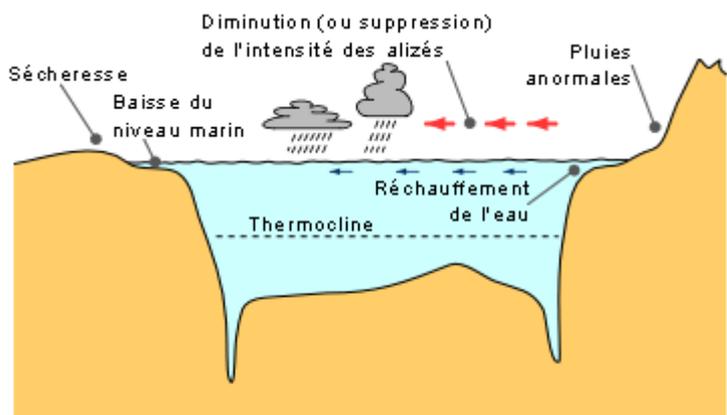
Les vents alizés soufflant vers l'ouest font en sorte que l'air chaud et sec des côtes du Pérou-Equateur se charge progressivement d'humidité lorsque transporté au-dessus de l'océan pour procurer un climat chaud et humide à l'Australie-Indonésie, avec des précipitations abondantes. En soufflant vers l'ouest, les alizés poussent les eaux de surface vers l'ouest, créant des courants marins d'est en ouest.



Il en résulte un empilement des eaux océaniques du côté de l'Australie-Indonésie qui se traduit par une différence de hauteur du niveau marin entre les côtes est et ouest du Pacifique: le niveau marin est plus haut de 50 centimètres sur les côtes de l'Australie-Indonésie par rapport à celui des côtes du Pérou-Equateur.

Cet empilement des eaux du côté ouest cause un courant descendant qui entraîne les eaux chaudes de surface en profondeur, abaissant ainsi la thermocline (thermocline: niveau marin où il se produit une chute rapide de la température en profondeur par rapport aux eaux plus chaudes sus-jacentes). Il se crée une cellule qui fait remonter des eaux froides (courant de "upwelling") et riches en nutriments à la marge continentale du Pérou-Equateur, relevant la thermocline. La thermocline présente donc une pente.

En diminuant l'intensité des alizés, voire même en les arrêtant ou même les renversant, le phénomène El Nino vient perturber ce système.



La diminution ou la suppression des alizés est-ouest cause une augmentation de la pression atmosphérique au niveau des masses continentales du côté américain, ce qui

favorise la montée d'air humide et sa condensation dans la haute atmosphère, transformant un climat sec en climat humide. Cet effet sera accentué si les alizés sont renversés. Du côté ouest, on assistera à un assèchement du climat, d'où ces incendies catastrophiques en Indonésie et en Australie (fin 1997).

Les courants de surface est-ouest meurent.

Il n'y a plus d'empilement des eaux sur les côtes de l'Australie-Indonésie.

La cellule de courant disparaît et il n'y a plus de remontée d'eau froide et riche en nutriments sur la marge continentale du Pérou-Equateur.

Il en résulte un réchauffement des eaux sur les côtes du Pérou-Equateur (excellent pour les baigneurs!), et une perte des nutriments apportés par la remontée des eaux froides (pas très bon pour les pêcheries).

Du côté Australie-Indonésie, on note une remontée de la thermocline et un changement dans les stocks de poissons.

D'après <http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/el.nino.html>

Thème : l'hydrologie

Doc 1

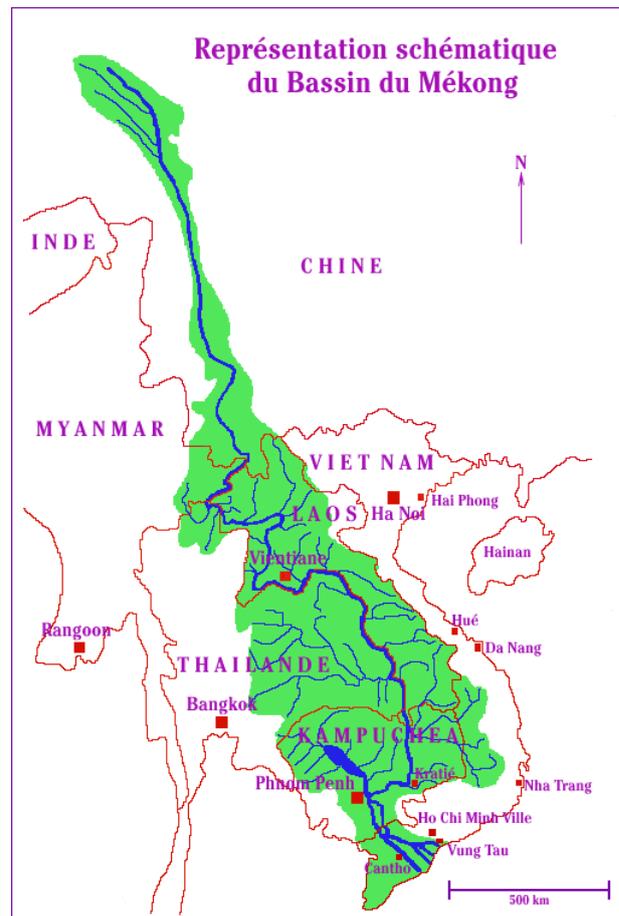
Le bassin du Mékong et les pays riverains

Long de 4.800 km le fleuve parcourt un bassin d'une superficie de presque 750.000 km² qui s'étend sur 6 pays (Chine, Myanmar, Thaïlande, Laos, Kampuchéa, Viet Nam).

Un tiers de la longueur du fleuve se trouve en territoire chinois où le Mékong est appelé Lang Cang. Le bassin est étroit et parcourt le Tibet et le Yunnan. Le Mékong traverse ensuite le Triangle Vert à la frontière Chine, Myanmar, et Laos, puis le Triangle d'Or à la frontière Myanmar, Laos, et Thaïlande. Après Vientiane, le Mékong constitue la frontière naturelle entre le Laos et la Thaïlande avant de traverser le Kampuchéa et le Viet Nam.

Le nom de Mékong trouve son origine dans les mots Thaïlandais (et Laotien) qui signifient « mère des eaux ». Au Viet Nam, du fait de la présence de ses neuf embouchures, le Mékong est appelé Cuu Long (neuf dragons).

Malgré l'importante longueur du Mékong (Lang Cang) en Chine, la superficie du bassin est réduite. La majeure partie du bassin se trouve en Thaïlande, au Laos et au Kampuchéa où se situent les deux capitales Vientiane (Laos) et Phnom Pehn (Kampuchéa).



Carte schématique du bassin du Mékong

Outre les ressources agricoles, aquatiques et forestières plus ou moins intensivement exploitées, on relève la présence de nombreux barrages hydroélectriques. Cette exploitation intensive du bassin risque d'avoir des impacts sur l'environnement dans un pays et, plus grave, d'un pays à l'autre (perturbation des régimes hydrologiques, dégradation des ressources naturelles causées par les barrages, la mise en place de systèmes hydrauliques, la pêche et le défrichement). Pour cette raison quatre pays (Thaïlande, Laos, Kampuchéa, Viet Nam) ont mis en place le Comité du Mékong. Le bureau du Comité est à Bangkok. Les représentants des Comités nationaux s'y réunissent et discutent des principaux aménagements à mettre en place le long du Mékong. Le Myanmar et la Chine participent actuellement au Comité comme observateurs, malgré énormes barrages en construction sur la partie chinoise du Mékong (Lang Cang) qui demeurent toujours les questions essentielles pour l'environnement de tous les autres pays riverains qui sont en aval.

D'après <http://www.valpedo.mpl.ird.fr/valpedo/miruram/vietnam/bassmek.htm>

Thème : l'homme et la nature

Doc 1

Le delta du Fleuve Rouge

Situé au nord du pays, le delta du fleuve Rouge est composé de plusieurs branches qui s'étalent sur 120 km, dans une région à forte concentration de population, puisque la densité y excède souvent 1000 habitant au kilomètre carré (plus de 10 habitants par hectare cultivé). Il fournit une importante part de la production de riz du pays : presque la moitié.

Les débits du Fleuve Rouge varient de 430 m³/s en saison sèche à 30 000 m³/s lors des pluies. Les eaux sont chargées en alluvions et la côte gagne régulièrement du terrain vers la mer. Pour éviter les dégâts des inondations, et aussi protéger les terres gagnées sur la mer, des digues furent construites très tôt : premières connues au V^{ème} siècle.

Les terres agricoles sont classées en fonction de leur niveau topographique relatif : hautes (l'altitude reste faible), moyennes, basses et très basses car elles ne peuvent pas, pour des raisons hydrauliques, supporter les mêmes systèmes de culture. Les exploitations agricoles du delta du fleuve Rouge ont une surface moyenne de terres cultivables de 0,28 hectare par exploitation (1992) regroupant chacune 4 ou 5 personnes avec 2 ou 3 actifs. Les cultures sont dominées par le riz, présent sur 82 % des terres cultivables. Le maïs, les patates douces, le soja, les cultures fruitières ou du maraîchage complètent cette culture fondamentale. On pratique aussi l'élevage porcin (2 à 5 porcs/an/exploitation) et celui des volailles. Seules les plus grandes fermes élèvent des buffles pour la traction.

La population agricole du delta du fleuve Rouge a augmenté de 2,5 % par an entre 1985 et 1995, la production vivrière s'est accrue, au rythme annuel de 4,1 %.

La culture du litchi dans la région du delta du fleuve Rouge

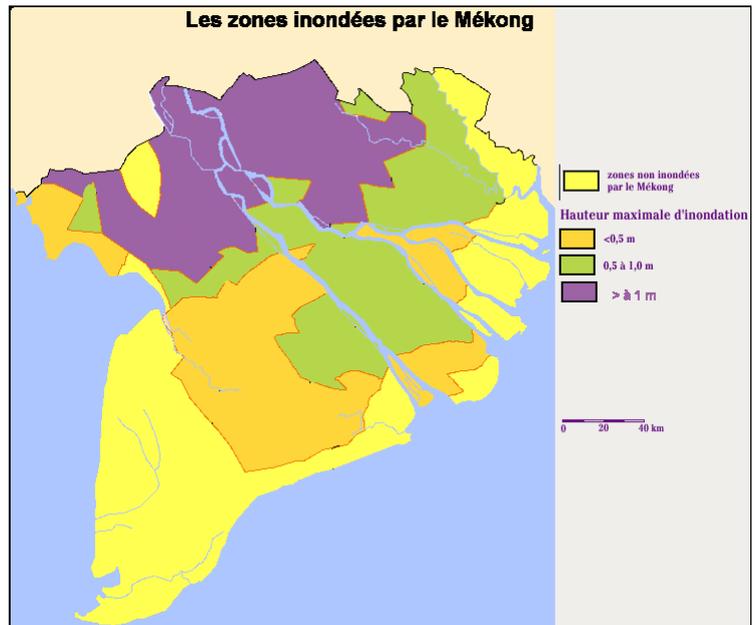
Au Vietnam, La culture du litchi est essentiellement pratiquée dans la région du fleuve Rouge, où les conditions climatiques sont favorables à une bonne production. Toutefois, dans le delta du fleuve Rouge, on trouve aussi des agrumes, de la banane, des ananas, des longans, des pommes cannelles et des kakis.

Deux types de plantation peuvent être distingués, celles établies à flanc de collines et celles aménagées dans des parcelles rizicoles, de façon identique à l'implantation des vergers en

zones basses du delta du Mékong mais la riziculture est toujours prioritaire dans le delta du fleuve Rouge, sa substitution par la culture du litchi s'est limitée à la province de Hai Duong.

Le delta du Mékong

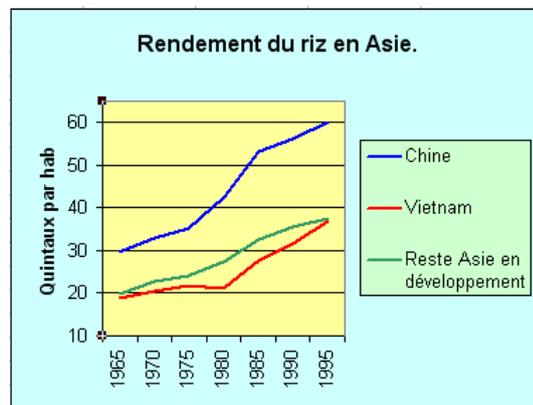
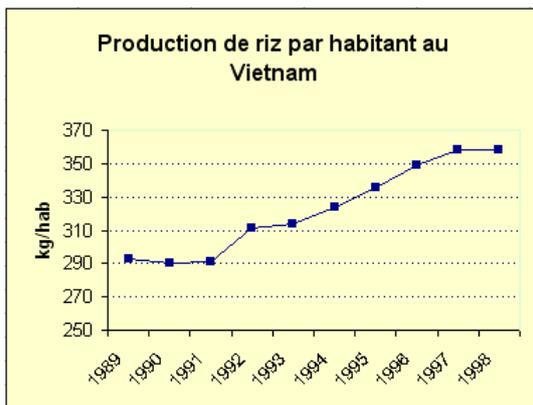
Situé au sud du pays, il est formé par les bras du Mékong et du Vai Co. La population du delta du Mékong était estimée à environ 16.000.000 habitants en 1995 (environ 400 habitants/km²). 85% des habitants habitent dans les zones rurales, le long des rivières et des canaux ou au bord de la côte de la péninsule de Ca Mau (partie la plus méridionale). Sur les zones surélevées la communication se fait uniquement par sampans.



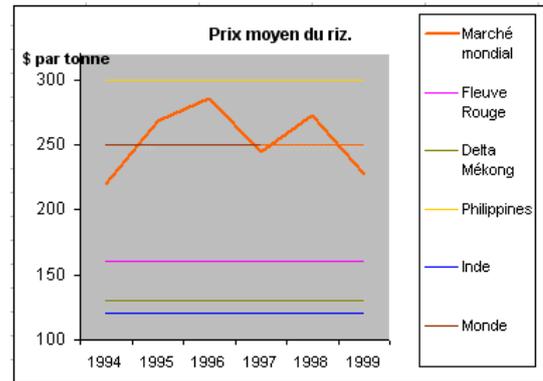
Le Mékong est un des plus longs fleuves du monde (4 200 km) qui draine un bassin d'une superficie de 759.000 km². Il traverse plusieurs pays (Chine, Thaïlande, Laos, Cambodge et Vietnam) et se déverse dans la mer par 9 embouchures. La superficie de son delta est pour la partie vietnamienne qui en forme l'essentiel, d'environ 40 000 km². Le delta est limité par 350 km de côtes à l'Est et 400 km le long du golfe de Thaïlande.

Le climat y est tropical, les températures sont élevées : 25 à 29 °C et varient peu pendant l'année (+/- 4°). Influencée par la mousson de sud-ouest, la pluviosité est forte de Juin à Octobre, période pendant laquelle tombent plus de 90% des précipitations annuelles. Les pluies qui peuvent atteindre jusqu'à 3000 mm/an dans les îles diminuent de l'ouest vers l'est en atteignant des valeurs d'environ 1.000 mm/an dans la zone côtière de l'est. Pendant la saison sèche, l'eau salée peut pénétrer à l'intérieur des terres sur une distance de 30-35 km . Les inondations sont le phénomène le plus marquant dans le delta du Mékong pendant la saison des pluies.

Au début du mois d'août, le Mékong commence à déborder et au milieu de ce mois, l'inondation se fait sentir dans les parties les plus en creux du delta. Vers le milieu de Septembre, environ une moitié du delta est submergée. Cette situation dure jusqu'à la fin Novembre. Du fait de la présence en amont du lac Tonlé Sap, les crues du Mékong ne sont pas brutales : l'eau monte au plus fort d'environ 5-10 cm/jour. La mise en valeur de cette vaste région, au sud du pays, a nécessité d'importants travaux hydrauliques depuis des siècles pour maîtriser l'eau : irrigation, drainage .



La production de riz est en hausse marquée : 19.2 millions de tonnes en 1990, 32.5 en 2000 essentiellement grâce à une amélioration du rendement. Ainsi, d'importateur net de riz en 1988 pour plus de 100 000 tonnes, le Vietnam est devenu troisième exportateur mondial avec, en 1996, 2 millions de tonnes exportées (plus de 6 millions de tonnes en 2000). Le riz représente 90 % de la production vivrière et le secteur occupe plus de 70 % de la population active.



Le delta du Mékong est le premier "grenier à riz" du Vietnam, il assure 50 % de la production nationale et plus de 70 % des exportations . Le delta du Fleuve Rouge est la seconde zone de production.

La culture du riz dans le delta du Mékong

D'une manière générale, les exploitations se caractérisent par une faible superficie agricole utile. Elle est, en moyenne, comprise entre 0,8 et 1,8 hectare. Une petite partie de la superficie de l'exploitation est affectée à un jardin planté en arbres fruitiers variés mais l'essentiel reste consacré à la riziculture malgré la récente diversification des cultures.

- **De 1960 à 1986**

A partir de la fin des années 60, les variétés semi-naines, à cycle court, à haute potentialité de rendement, ont été introduites au Sud-Vietnam . Dans les zones inondées, les agriculteurs qui les ont adoptées sont passés d'un cycle de riz de saison des pluies à deux cycles de riz à haut potentiel de rendement par an. Cette rotation a été rendue possible grâce à la réalisation de casiers rizicoles facilitant le contrôle du niveau d'eau dans les parcelles cultivées. Ces aménagements conservent l'eau dans la parcelle en début de saison des pluies pour commencer la culture du riz d'été-automne suffisamment tôt pour récolter avant la fin de l'inondation et permettent la conservation de l'eau d'irrigation dans les parcelles en fin de cycle du riz d'hiver-printemps.

En 1986, dans cette zone inondée, 85 % des riziculteurs faisaient deux récoltes par an. Ailleurs, les agriculteurs ont réhabilité et complété le réseau de canaux secondaires et ont endigué de grands périmètres pour réaliser une double culture . Les tentatives se sont soldées le plus souvent par des échecs par manque de pompes de moyenne puissance et par un planage et une longueur de réseau de canaux d'irrigation insuffisants. Finalement, en 1986, la quasi-totalité des agriculteurs hors zone inondées, ne réalisent encore qu'une culture de riz par an.

- **Depuis 1986**

Progressivement, à partir de 1986, la nouvelle politique gouvernementale permet aux paysans d'être assurés de garder leurs terres (baux de 30 ans). Elle ouvre aussi la production agricole sur le marché extérieur ce qui provoque une instabilité comme une augmentation du prix du riz et une possibilité de diversifier les productions (fruits, élevage).

- **Passage de la double à la triple culture annuelle de riz sur les bourrelets de berges et les plaines intermédiaires :**

Ce système a été rendu possible par la mise à disposition de variétés de 90 jours. Dès que l'inondation commence à baisser, à l'aide d'une motopompe, les agriculteurs vident l'eau de leur casier rizicole pour réaliser un semis précoce du riz d'hiver-printemps. Le semis direct, qui permet de raccourcir la durée du cycle par rapport au repiquage, est possible si le travail

du sol est mécanisé : meilleure préparation du lit de semence (mise en boue et planage plus soignés). L'emploi d'herbicides allège le travail de lutte contre les mauvaises herbes, autrefois exclusivement manuel. Si le riz est encore récolté manuellement, le traitement post-récolte est rapidement effectué grâce à des batteuses à grand débit.

Dès mars, en saison sèche, le riz de *printemps-été* peut être semé, en général sans travail du sol préalable afin de gagner du temps. L'usage généralisé des motopompes, en possession ou louées, permet l'irrigation toute l'année. Dès la récolte du riz de *printemps-été*, effectuée en juin, les agriculteurs sèment le riz *d'été-automne* qui est récolté en septembre, les diguettes de protection retardant l'inondation de la parcelle par la crue du fleuve.

- **Passage de la simple à la double culture annuelle de riz dans les dépressions et développement des cultures légumières et de la canne à sucre:**

Comme sur les berges et les plaines intermédiaires, les agriculteurs, ont creusé des canaux d'irrigation, réalisé des casiers rizicoles, utilisé des motopompes à forte puissance, des motoculteurs et des batteuses motorisées. En novembre, afin de hâter le drainage, ils vident l'eau de leur casier, puis sèment le riz *d'hiver-printemps* récolté en février. Dès mars, ils installent la culture *d'été-automne*. Cette dernière est récoltée en juillet avant l'inondation, qui se produit ici plus tôt qu' ailleurs.

Dans les plaines basses, la hauteur des inondations (voir carte) rend difficile la plantation de vergers. Les agriculteurs s'orientent donc vers des productions à cycle court (légumes) ou semi-pérennes (canne à sucre).

Sur les parcelles non endiguées en casier, les agriculteurs font en saison sèche une culture maraîchère sur une partie du champ - patate douce le plus souvent, pastèque... - avant une culture de riz traditionnel en saison des pluies. Ces cultures sont irriguées manuellement à partir d'un réseau temporaire aménagé sur la parcelle ; cela demande donc beaucoup de main-d'œuvre, familiale ou salariée.

Sur les terres les plus hautes de ces dépressions (bord du canal), certains agriculteurs développent la culture de la canne à sucre mais, comme les cultures maraîchères, cette dernière a une rentabilité très variable selon le prix du marché au moment de la récolte.

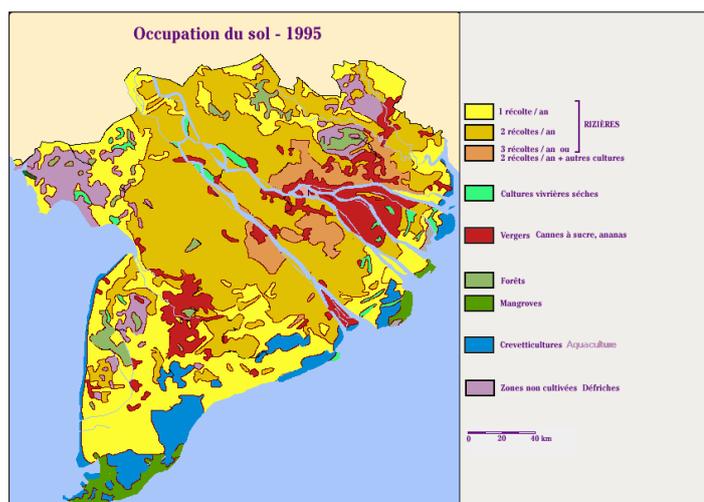
- **Développement de l'élevage et de la pisciculture :**

Dans toutes les zones, certains agriculteurs intensifient leurs productions animales, selon leurs capacités d'investissement : porcs (atelier naisseur ou engraissement), poulets, canards (chair ou œufs). Enfin, dans les étangs proches de l'habitat, dans les fossés entourant les billons des vergers, les agriculteurs développent la pisciculture .

Développement de la culture des agrumes dans le delta du Mékong
L'attrait d'un revenu 6 fois supérieur à celui d'une même surface de

rizière a incité les agriculteurs à implanter de petits vergers fruitiers

Les cultures fruitières, sauf les ananas, qui supportent un excès d'acidité du sol, étaient limitées aux zones non inondées et à une distance suffisante de la mer, pour éviter les remontées d'eau salée aux marées hautes. Elles gagnent maintenant les zones inondées



(culture sur buttes) au détriment du riz depuis que les quantités produites pour ce dernier sont suffisantes. L'agrumiculture qui a été multipliée par 5 en l'espace de 6 ans, passant de 7 470 hectares en 1990 à 40 579 hectares en 1995 est la plus importante de ces cultures fruitières. La zone du Mékong produit 50% de l'agrumiculture vietnamienne.

La culture du riz dans le delta du Fleuve Rouge

• Avant 1960

Jusqu'en 1960, les systèmes de culture connaissent peu de changements.

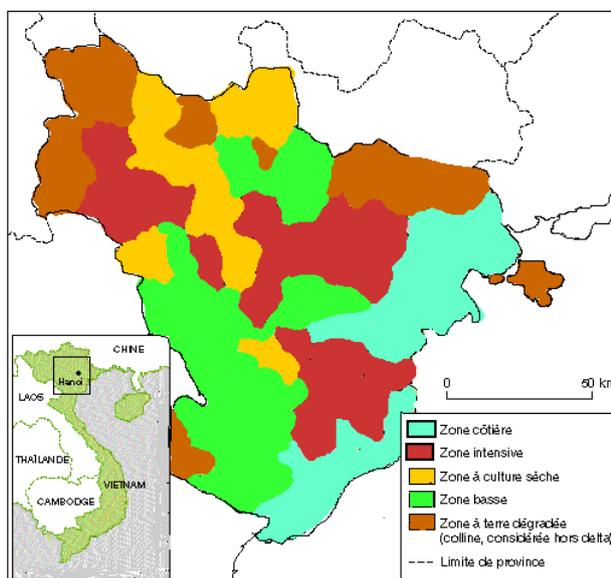
On distingue trois saisons possibles de riz :

- **la saison principale pendant la mousson** : de juillet-août à novembre-décembre. Sur les terres "hautes", où la sécheresse en fin de cycle est possible on utilise des variétés précoces (de 130 à 155 jours du semis à la maturité), inutiles dans les rizières des terres "basses". Sur les terres hautes, il existe un riz précoce dit du huitième mois repiqué en mai et récolté en septembre ;
- **la saison du riz de contre-saison**, de décembre-janvier à mai-juin. Les durées de cycle varient de 195 à 230 jours dont 50 à 80 jours en pépinière ;
- **la saison du riz des "trois lunes"**, de mai à août.

Les terres à une seule récolte de riz pendant la mousson sont dominantes (environ 60%). Les terres à deux récoltes de riz doivent disposer d'un système de réserve et d'irrigation pour "l'hiver" (saison sèche) et d'un ensoleillement suffisant pour permettre le repiquage qui est la règle car dans la pépinière on obtient des plants qui résistent ensuite à des conditions hydriques parfois aléatoires (excès d'eau ou sécheresse).

Après 1960

Comme dans le delta du Mékong, la Révolution verte a entraîné l'introduction de variétés nouvelles de riz (cycle réduit, pailles courtes, hauts rendements). De même, l'extension du réseau hydraulique pour l'irrigation et le drainage (canaux et stations de pompage) et l'introduction des engrais sont progressivement développées. Ainsi, les terres à deux récoltes de riz deviennent majoritaires. L'introduction du semis direct par l'utilisation, après 1990, des herbicides permet aussi dans les zones moins ensoleillée en supprimant le repiquage d'étendre la double récolte. La triple récolte compte tenu des conditions climatiques ne connaît le même développement que dans le delta du Mékong.





Irrigation

La Révolution Verte n'a pas généralisé l'emploi des pompes pour irriguer et leur développement n'empêche pas la persistance des systèmes traditionnels.



Le Labour.

Le buffle reste le moyen de traction le plus répandu. Motoculteurs et petits tracteurs restent réservés à une petite minorité de paysans qui louent souvent leurs engins. En outre, beaucoup de paysans n'ont ni buffle ni engins mécanisés car le travail manuel de la terre s'impose sur les sols de faible portance.



Repiquage et entretien

La culture du riz nécessite une importante main d'oeuvre, le plus souvent d'origine familiale. Un ménage vietnamien paysan moyen comporte environ 4 actifs.

Par Thierry Couët

D'après <http://pedagogie.ac-toulouse.fr/histgeo/program/enclasse/vietnam/vietnam1.htm>

Doc 2

Photographies sur la riziculture en Birmanie et au Vietnam

Textes et photographies de **Guy Royer**, Léonard Limosin Limoges



Repiquage du riz, delta du fleuve rouge, Vietnam du nord, février 2001



Utilisation d'engrais, delta du fleuve rouge, Vietnam du nord, février 2001



Battage du riz, delta du Mékong, Vietnam du sud, route de C n Tho, février 2001



Séchage du riz, delta du Mékong, Vietnam du sud, route de C n Tho, février 2001



Delta du Mékong, marché flottant de C n Tho, Vietnam du sud, février 2001



Différentes variétés de riz, marché de Kalaw, Birmanie, février 2002



Rizières   différents stades de culture. Lac Inle, Birmanie, février 2002



Digues, delta du fleuve rouge, Vietnam du nord, février 2001



Rizières inondées par débordement de la rivière, village de Vân Lâm, 3 kms de Hoa Lu, 100 kms au sud de Hanoï, Vietnam du nord, février 2001



Préparation de la rizière ; delta du Fleuve rouge ; nord du Vietnam ; février 2001.



Hersage; Lac Inle; centre de la Birmanie ; février 2002.



Pépinière, delta du fleuve rouge, nord du Vietnam,



Irrigation, Delta du Mekong, sud Vietnam, février 2001

D'après <http://datic.ac-limoges.fr/WEB/bleucl/Hist-Geo/imagedumois/riziculture2/riz2.htm> et <http://datic.ac-limoges.fr/WEB/bleucl/Hist-Geo/imagedumois/riziculture2/riz3.htm>

Doc 3

Un village sénoufo au Burkina-Faso

Type d'habitat

L'habitat Sénoufo est caractéristique. Partout on retrouve les cases rondes aux toits de chaumes coniques.

Remarquable aussi, les greniers toujours nombreux aux abords des villages et qui nous rappellent la vocation d'agriculteurs des "sénoufo".

On peut distinguer deux types de constructions :

Les premières indiquent généralement le lieu d'implantation originel du village. Sur le plan architectural, elles se distinguent par leurs formes ovoïdes. On entre par un vestibule d'entrée (appelé "kwané" en sénoufo) fait d'une case ronde à deux ouvertures faisant face à face. On passe ensuite dans une vaste cour tout autour de laquelle sont agencées des cases rondes reliées entre elles par de petits murets d'enceinte formant un cercle. Il s'agit de la concession familiale d'origine ou encore du village fondateur.

La famille s'agrandissant, les fils doivent partir s'installer ailleurs et constituer leur propre quartier d'habitation. Ce type d'habitat ne répond généralement plus aux mêmes caractéristiques. Il ne présente plus la délimitation précise de la concession familiale. Les cases semblent être construites sans un plan préconçu donnant à l'ensemble une impression de labyrinthe. Cependant dans cet ensemble, on peut distinguer différents quartiers correspondants chacun à l'implantation d'une grande famille ou d'un clan.

Ce type d'habitat est toujours dépendant du village originel car c'est dans le village fondateur que se trouve la case des fétiches lieu de pratique des coutumes.

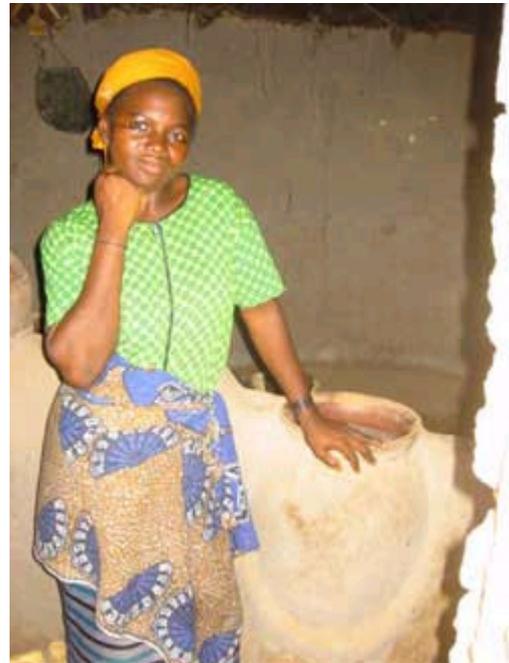
Architecture

La terre argileuse est le matériau de construction principal utilisé par les Sénoufo dans la construction de leurs demeures. Cette matière prélevée dans les environs immédiats du « chantier » est pétrie avec de l'eau, de la paille et souvent même avec la bouse de vache (ces différents apports doivent protéger l'édifice contre les attaques des termites).

Cette première opération une fois achevée il existe deux techniques de construction : la construction en colombinage et celle avec des briques en terre cure.

- La construction par colombinage : avec la terre pétrie, on fait des boudins qui sont reliés et superposés les uns sur les autres. A une certaine hauteur, on laisse le bâti sécher pendant un à deux jours avant de poursuivre la construction. La construction par colombinage dure généralement plusieurs jours.

- La construction avec des briques : avec la terre pétrie, on réalise des briques à l'aide d'un moule. Lors de la construction, la terre pétrie sert de ciment jointif. Cette dernière technique plus moderne est plus rapide et moins laborieuse que la première.



Les canaris à l'intérieur de la case sont intégrés à la construction, ils séparent ainsi la case en deux compartiments distincts: couchage et rangement.

La construction d'une case en pays Sénoufo est une œuvre collective à laquelle participe toute la famille et même les voisins. On notera qu'il n'existe pas d'artisans maçons spécialisé.

Les maisons d'habitation sont généralement des cases rondes d'environ 3m de diamètre et 1,5m d'hauteur munies d'une seule et unique ouverture, l'entrée principale est basse et de forme ogivale. L'accès à l'intérieur de la case est protégé par une porte en bois. La toiture est faite de chaume en forme d'entonnoir renversé. Parfois, à côté de ces cases rondes, on trouve aujourd'hui des maisons rectangulaires d'inspiration plus moderne.

Vie intérieure

La cour est un espace découvert au sol damé et commun à tous les habitants de la concession. C'est là que se déroule la plupart des activités domestiques et que, la nuit tombée, se tiennent les palabres.

Chez les Sénoufo, chaque homme a sa propre case. Les enfants et les adolescents dorment avec leurs grands-parents ou avec leur mère. On distingue ainsi :

- la case du chef de famille
- les cases des épouses (société polygame)
- les cases des hommes célibataires
- la case d'accueil pour les visiteurs
- la case des fétiches
- la cuisine accolée à la case de la femme
- les lieux de toilettes, notamment les douches
- les poulaillers et bergeries

L'intérieur de chaque case d'habitation est scindée en deux compartiments :

- un espace de couchage avec un lit en bambou (le tara) ou en terre sur lequel est posé un matelas de paille ou de fibres de kapock
- un espace de rangement des divers ustensiles et outils

Hormis les hommes de la famille nucléaire, aucun homme autre que le mari n'a le droit d'accéder aux cases des femmes.



Cases traditionnelles en banco



Cases en briques de terre.



Village Sénoufo



La cour d'habitation.



Greniers



Case des fétiches

D'après http://www.culture.gov.bf/Site_Senoufo/TEXTES/habitat_traditionnel.htm

Doc 4

Une plantation de mil

Le mil est la principale culture céréalière pluviale des régions sahéliennes, dont elle est originaire. Elle est principalement localisée sur sols sableux, à partir de 350 à 400 mm de pluie. Ses caractéristiques sont celles d'une plante encore mal domestiquée, adaptée à des conditions de milieu difficiles (sols pauvres, pluviométrie faible et aléatoire).

Le mil est une graminée de haute taille (2 à 4 m), à fort tallage, qui se reproduit par fécondation croisée, et dont la durée totale du cycle (3 à 4 mois suivant les variétés) correspond à celle de la saison humide.

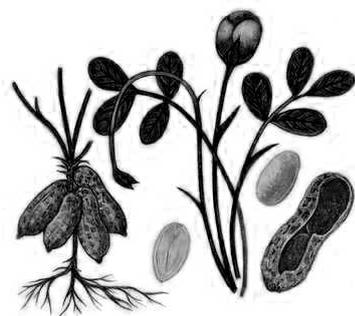
Les techniques de culture, de nature extensive, privilégient la précocité des semis en profitant des premières pluies utiles de la saison. Les niveaux de rendement obtenus par les paysans sont faibles, généralement inférieurs à 500 kg de grain par hectare. Les pailles de



Champ de mil, Sénégal oriental, Cliché P. Milleville, ORSTOM Montpellier, 1994

mil sont consommées par le bétail et la fumure animale représente la plus souvent la seule forme d'apport d'éléments fertilisants.

D'après <http://museum.agropolis.fr/pages/expos/agriculteurs/objets/objet21g.htm>



l'arachide



le sorgho

