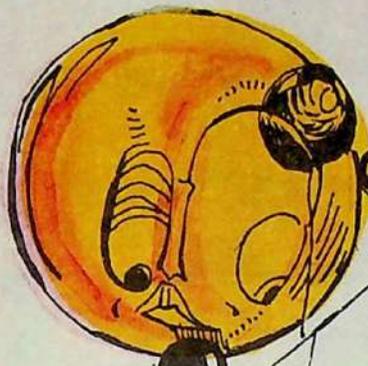
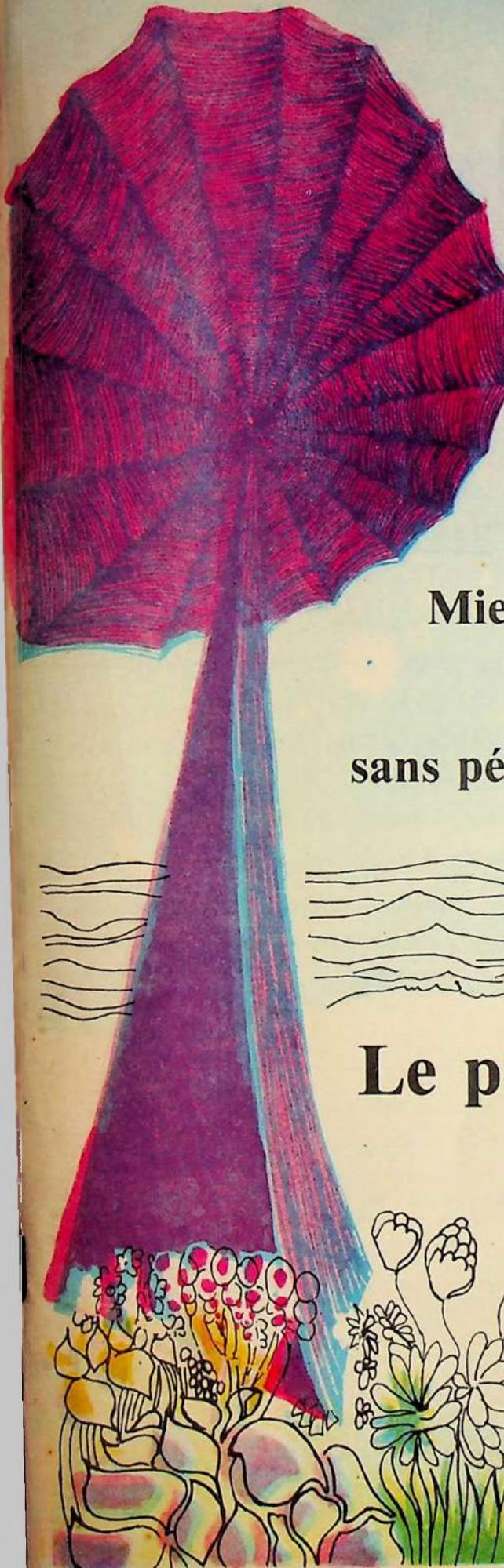


Jouwe

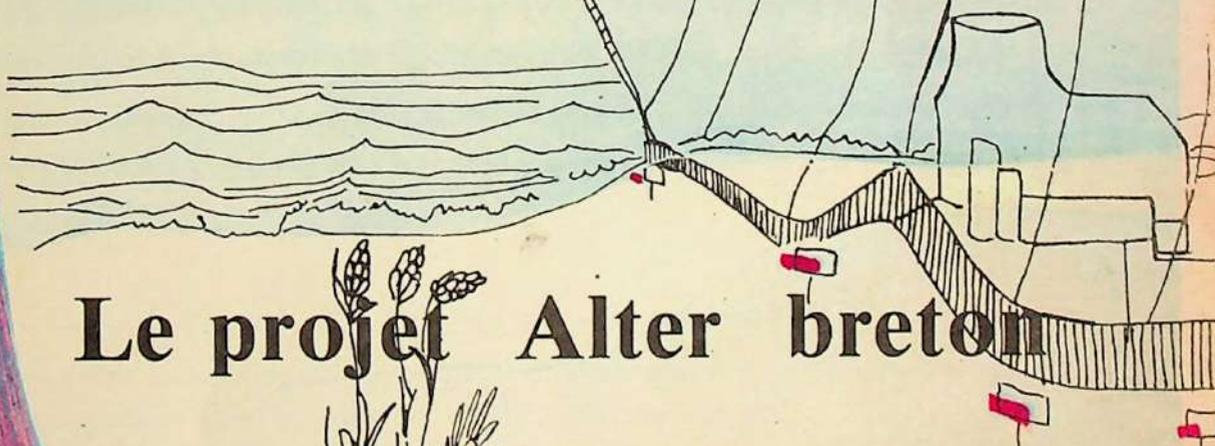


Mieux vivre en Bretagne

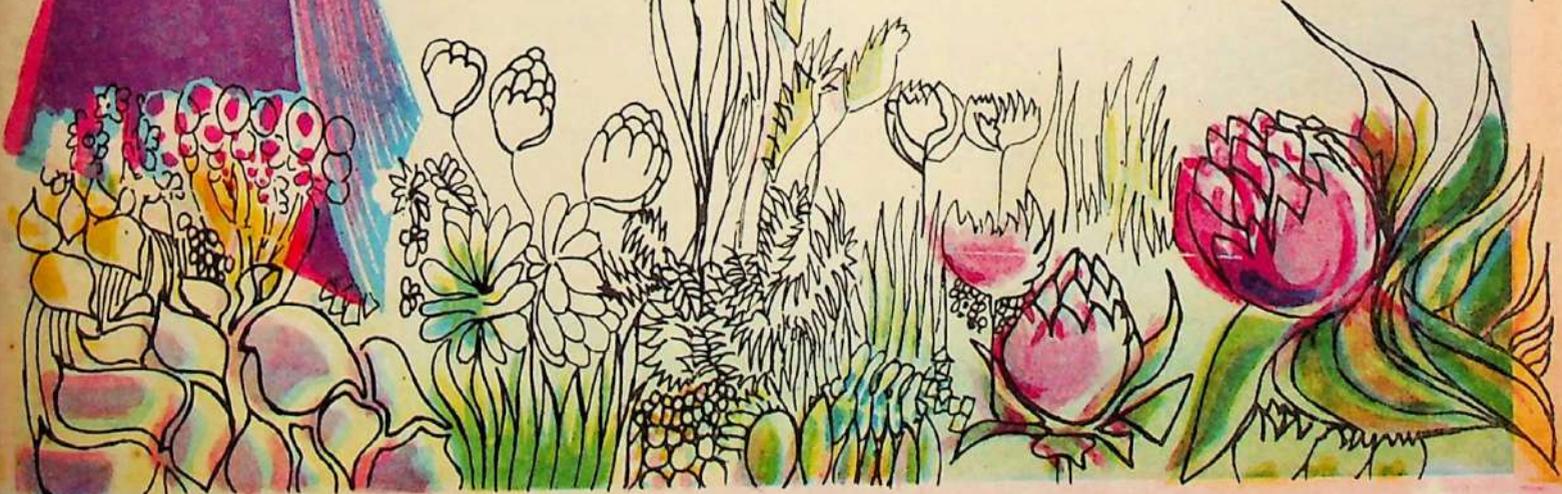
sans pétrole

et

sans nucléaire



Le projet Alter breton



# SOMMAIRE

1 — NI PETROLE, NI NUCLEAIRE. (page 3)

2 — UNE ALTERNATIVE ENERGETIQUE POUR LA BRETAGNE (page 9)

*Tableau récapitulatif* (page 34)

---

**Annexe 1 : UNE AUTRE SOCIETE.**

**Annexe 2 : TECHNIQUES ET FILIERES DES ENERGIES NOUVELLES.**

**Annexe 3 : ENERGIES NOUVELLES ET CREATION D'EMPLOIS, par Michel BOSQUET.**

---

*« Le Groupe pour un projet ALTER Breton, soutenu par le PSU-BRETAGNE et des militants écologiques bretons » réunit des chercheurs de l'INRA, du CNRS, de l'IEM, du CNEXO, des enseignants de l'E.N., des agronomes, des paysans et des militants de diverses associations écologiques.*

*Il a entrepris, avec les faibles moyens dont il dispose, de rechercher les bases d'un écodéveloppement de la Bretagne, appuyé sur l'utilisation exclusive des énergies renouvelables.*

*Ce document constitue une étape dans la réflexion que nous souhaitons voir se développer pour la recherche d'une alternative énergétique d'une Bretagne nouvelle où l'on vive, travaille et produise autrement.*

---

## LEXIQUE

1 TEP = 1 tonne d'équivalent pétrole = 10 000 thermies. C'est une unité d'énergie.

1 MTEP = 1 million de tonnes d'équivalent pétrole. C'est l'énergie dégagée par la combustion d'un million de tonnes de pétrole.

1 MTEP = 4,5 TWh (tétra watt heure), (formule de conversion entre l'énergie calorifique et l'électricité avec un rendement thermodynamique conventionnel de 39%).

1 TWh =  $10^{12}$  Wh =  $10^9$  kWh =  $10^6$  MWh.

1 MW = 1 million de watts. C'est une unité de puissance. Une centrale thermique classique fait par exemple 600 MW.

1 TMS/ha = 1 tonne de matière sèche à l'hectare. C'est dans cette unité que sont exprimées les productions des biomasses terrestre et marine.

Chaleur BT, MT, HT = basse, moyenne et haute température.

CSGL = combustibles solides, gazeux, liquides..

H<sub>2</sub> = hydrogène (compté à part des précédents).

---

*Annexe 1*

**BESOINS ENERGETIQUES**  
**&**  
**MODELE DE SOCIETE**

PLAN ALTER

Imprimerie du PSU Morlaix

# **UNE AUTRE SOCIETE**

---

Un projet tel que celui-ci ne peut être simplement une proposition technique, même s'il s'efforce de rester dans ce domaine pour l'essentiel. Il sous-entend des choix sociaux et politiques : pour tout dire, un modèle de société.

---

On pourrait estimer que la Bretagne est une unité trop petite pour y réaliser l'autonomie énergétique, et nous demander si nous souhaitons que chacun vive replié chez soi à l'avenir, que les échanges disparaissent...

D'abord, il faut préciser que les échanges subsistent dans notre projet. Dans le domaine agricole par exemple, les exportations de protéines animales et végétales (pour lesquelles nous resterons excédentaires) sont évaluées ; les deux "scénarios" exposés en annexe entraînent soit plus d'importations de céréales, soit plus d'importations de matières premières végétales pour l'industrie chimique.

Mais il faut surtout prendre conscience de la portée réelle d'un tel projet. Il ne s'agit pas de choisir entre deux méthodes pour assurer le chauffage de nos maisons, du carburant pour les automobiles, ou un certain développement de l'industrie. Il s'agit de choisir entre deux mondes possibles, dont un seul nous paraît viable à long terme.

DEUX MONDES POSSIBLES

1) un monde hiérarchisé

C'est le monde que nous connaissons déjà et qu'on nous propose souvent de renforcer, à droite comme à gauche. Il a besoin non seulement que les sources d'énergie soient assez centralisées pour assurer leur contrôle par un petit nombre (les "technostructures" chères à l'économiste américain Galbraith), mais encore que certaines techniques soient le privilège, ou le monopole des zones les plus développées. Cela seul permet, en faisant payer très cher le produit de ces techniques (par exemple en vendant des centrales nucléaires) de préserver l'échange inégal. La façon pudique de le dire, c'est que l'on crée (à son profit) beaucoup de "valeur ajoutée". Cela maintient pour longtemps un monde très hiérarchisé où le développement des plus pauvres ne se produit que dans la mesure où il faut élargir la consommation des gadgets.

2) un monde plus égalitaire

Le choix de techniques adaptables à tous les climats et à toutes les ressources (le soleil, l'eau, la végétation, le vent...) amène au contraire une plus grande indépendance économique, restreint le domaine des monopoles, rend possible le contrôle local et, au-delà, le contrôle populaire. C'est la seule voie qui promette une égalisation progressive des niveaux de vie à travers le monde. C'est la seule qui permette un progrès de la démocratie.

Ce choix ne peut être fait sans un combat politique pour l'imposer, mais inversement un combat politique qui n'intègre pas ces choix implique la permanence du centralisme et de l'inégalité des échanges.

Il ne faut donc pas opposer lutte politique et "économisme", ou lutte politique et "écologie". En entravant le développement des centrales nucléaires, on ne préserve pas seulement la santé et le patrimoine génétique des générations futures, on affaiblit effectivement le système en l'empêchant de réaliser son propre plan de développement mondial déséquilibré. En hâtant le développement d'une production énergétique au niveau du canton (comme ordre de grandeur), on crée l'une des bases indispensables d'une société autogestionnaire.

Même à moyen terme (voir l'annexe n° 3), le recours aux énergies "douces" et à une production décentralisée est susceptible de multiplier les emplois. S'agit-il de créer des secteurs à grande "valeur ajoutée" (aux dépens des autres) ou s'agit-il de faire en sorte que tout le monde "vive mieux" ? Nous avons choisi. A vous de faire votre opinion.

NOS CHOIX POUR LA BRETAGNE

Les textes qui suivent expliquent les hypothèses retenues pour l'évolution des cinq départements bretons au cours des décennies à venir, en prenant "l'horizon 2000" comme point de repère commode plutôt que comme une véritable échéance.

En ce qui concerne le secteur résidentiel et tertiaire (les habitations, les bâtiments publics) on sait que nous avons envisagé un progrès du confort et des services sociaux.

En ce qui concerne l'industrie, où la Bretagne reste très en arrière de la moyenne française, nous avons pensé que la transformation des produits agricoles et la fabrication d'équipements pour le captage des énergies renouvelables (entre autres) justifiaient un développement sensible.

En ce qui concerne la production agricole, nous avons considéré que les impératifs de l'hygiène alimentaire d'une part, ceux d'une politique mondiale de l'alimentation d'autre part, incitaient à une réduction de la proportion de protéines animales consommées et produites, au profit des protéines végétales. Le secteur nouveau des cultures énergétiques devrait prendre une grande importance.

Notre politique des transports s'inspire du Projet Aiter Français mais tient compte de certaines particularités de la Bretagne (habitat dispersé). L'originalité bretonne est encore plus marquée, naturellement pour la pêche et les activités maritimes.

# LE SECTEUR RESIDENTIEL TERTIAIRE

La consommation énergétique de ce secteur totalise les consommations des logements, mais aussi des bureaux, commerces, écoles, hôpitaux etc... Elle dépendra donc d'une part du nombre d'habitants, d'autre part du niveau de consommation énergétique de ces habitants.

## DEMOGRAPHIE ET HABITAT

Nos hypothèses sur la démographie de la Bretagne de l'an 2000 s'appuient sur les résultats du recensement de 1975 (sources: publications du ministère de l'intérieur) dont voici les grands traits.

Population totale: 3.5 millions d'habitants.

En ce qui concerne le type d'habitat:

\* 1,25 million d'habitants (36% de la population) vivent hors du chef lieu de leur commune, c'est-à-dire en maisons isolées ou hameaux.

\* 0,95 million d'habitants (27% de la population) vivent dans les bourgs ruraux ou villes de moins de 10 000 habitants.

\* 1,3 million d'habitants (37% de la population) vivent dans les villes de plus de 10 000 habitants. En dépit d'une forte croissance des grands ensembles urbains (Rennes, Nantes et Brest), l'habitat breton reste très dispersé.

\* Densité: 104 habitants au Km<sup>2</sup>, soit une densité voisine de la densité française (95 habitants au Km<sup>2</sup>).

Ces moyennes ne doivent pas cependant masquer plusieurs déséquilibres inquiétants:

- le déséquilibre de la pyramide des âges, qui montre un net vieillissement de la population, lié à l'émigration des jeunes actifs (835 000 personnes ont émigré de 1881 à 1975)

- l'opposition entre un centre-Bretagne qui se dépeuple et le littoral relativement plus vigoureux (7% de l'espace breton porte plus de la moitié de la population).

- le déséquilibre entre le comportement démographique de la Basse Bretagne et celui de la Haute Bretagne, plus dynamique.

Nous supposons la Bretagne de l'an 2000 peuplée de 4 millions d'habitants, ce qui correspond à une augmentation de 13%. Si le taux actuel de natalité se maintient, l'accroissement de population de 1975 à l'an 2000 ne sera que de 5%. En indiquant un chiffre élevé, nous avons voulu prendre en compte le désir de nombreux émigrés de retourner vivre et travailler au pays.

## Habitat:

maisons isolées et hameaux: 1,4 million d'habitants (35% de la population)  
bourgs et petites villes: 1,1 million d'habitants (28% de la population)  
villes importantes: 1,5 million d'habitants (37% de la population)

Nous conservons donc à l'habitat breton son caractère dispersé. Ceci est cohérent d'une part avec la perspective d'une société décentralisée dans laquelle nous nous plaçons d'autre part avec la nécessaire revitalisation de l'activité économique des campagnes de Bretagne intérieure.

Nous n'avons pu analyser de manière précise les répercussions sur l'emploi du projet Alter Breton.

Nous justifierons néanmoins nos deux principales hypothèses démographiques.

- population importante  
- revitalisation des zones rurales de la façon suivante:

1) Nous envisageons un net développement de l'activité industrielle en Bretagne (augmentation de plus de 50% de l'énergie consommée par ce secteur).

2) La création d'un secteur agro-énergétique très décentralisé. Une unité de production par canton, liée en amont à des activités d'entretien des plantations, d'exploitation des forêts et des landes, devrait créer ou recréer un tissu d'activités en milieu rural.

## CONSOMMATION DU SECTEUR RESIDENTIEL TERTIAIRE

Le nombre d'habitants étant fixé (4 millions pour la Bretagne de l'an 2000), la consommation énergétique de ce secteur ne dépend plus que du niveau de consommation d'énergie que chacun consacre au chauffage de son logement, mais aussi au chauffage de son bureau, à l'éclairage public, etc...

Ce sont là les éléments du confort quotidien.

Le but à atteindre dans ce domaine "un niveau de vie confortable pour tous mais avec économie systématique et une répartition plus égalitaire des consommations".

Nous considérons que le premier terme de la proposition: "un niveau de vie confortable pour tous" est loin d'être atteint, notamment en ce qui concerne les ménages ouvriers, paysans, etc...

Notons par exemple que si un breton consacre, en 1975, 0,87TEP annuelles à son confort un français, lui, consacre 0,98 TEP annuelles (13% de plus) pour des conditions climatiques moyennes sensiblement égales.

Il faut donc s'attendre à une augmentation substantielle de la consommation d'énergie liée à l'amélioration du niveau de vie en Bretagne.

## LE LOGEMENT (SECTEUR RESIDENTIEL)

Pour évaluer les besoins de ce secteur, nous supposons la population Bretonne répartie en logements de 3 personnes. 4 millions d'habitants correspondent donc à 1,33 million de logements.

### Chauffage

Soit Q la consommation énergétique liée au chauffage de ce logement. On comprendra que Q dépend

- du volume à chauffer
- de l'isolation thermique des locaux
- des rigueurs du climat et de la température intérieure recherchée.

### Volume à chauffer

Nous considérons un logement type de 100m<sup>2</sup> (pour 3 personnes), ce qui est nettement supérieur à la moyenne hexagonale actuelle 75m<sup>2</sup> et à fortiori, à la moyenne relevée pour les F3 "HLM" de la région Brestoise (65 m<sup>2</sup>).

Cette augmentation de surface représente le principal "gain" en confort que nous envisageons avec 2,60 m de hauteur de plafond ; notre logement type représente un volume à chauffer de 260 m<sup>3</sup>.

### Isolation

Elle est caractérisée par le coefficient **G** exprimé en Kcal/m<sup>3</sup> x heure x °c

Une bonne isolation est caractérisée par :  
 $G = 1 \text{ Kcal/m}^3 \times \text{heure} \times \text{°c}$

### Rigueurs climatiques et température intérieure

Les professionnels de la climatisation (Comité Scientifique et Technique des Industries et du Chauffage, de la Ventilation et du Conditionnement d'air (C.O.S.T.I.C) ) caractérisent ces deux paramètres par la donnée des "degrés jours" de la façon suivante:

$$[d.ju] = n \frac{(18 - \theta_{min} + \theta_{max})}{2}$$

n = nombre de jours de la période de chauffage  
 $\theta_{min}$  = température minimale moyenne pour cette période

$\theta_{max}$  = température maximale moyenne pour cette période

[d.ju] représente donc l'écart à 18°c de la moyenne des températures extérieures, écart pondéré par le nombre de jours où cet écart a été constaté. Pourquoi 18°c ? Parce qu'un bâtiment moderne non chauffé ni occupé possède en hiver, et selon l'architecture du bâtiment, une température intérieure d'air supérieure de 2 à 4°c (3°c en moyenne) à la température extérieure.

L'utilisation de la formule ci-dessus dans nos calculs correspond donc au choix d'une température intérieure de 21°c dans le logement. Cette température peut paraître élevée, et bien des spécialistes préconisent une température intérieure de 19 ou 18°c pour les logements. Par prudence, nous nous tiendrons à ce chiffre de 21°c.

En Bretagne, les degrés jours cumulés sur toute la période de chauffage (1er octobre, 20 mai) varie de 1878 pour Quessant à 2445 pour Rostrenen en passant par 2180 pour Brest Guipavas. Ces chiffres nous situent grosso-modo dans la moyenne hexagonale (Toulon 1396, Mulhouse 2048).

Sources: numéro de juin 1965 "Revue Industries thermiques et aérauliques (p.425).

Nous prendrons 2080 jours x °c comme moyen ne bretonne. 2080 jours °c = 24 x 2080 h.°c

Le chauffage d'un m<sup>3</sup> en Bretagne nécessite donc  $G \times [d.ju] \times 24 = 50$  thermies annuelles le chauffage d'un logement:  $Q = 13000$  thermies A titre de comparaison, un F3 HLM de 65 m<sup>2</sup> de la région Brestoise consomme en 1975 11000 thermies, ce qui correspond à  $G = 1,3$  (isolation moyenne). On considère en outre que la régulation du chauffage consomme 100 Kwh par an et par logement.

### Autres éléments de confort domestique

Eau chaude: nous la considérons comme distribuée largement (10 à 12 thermies par jour contre 7,5 thermies par jour en 1975).

Cuisine au gaz: 2,5 à 3 thermies par jour.

L'équipement électroménager complet donnant une consommation totale d'électricité (y compris l'éclairage et la régulation du chauffage) de 2200 Kwh/an (à titre de comparaison le F3 Brestois consomme en moyenne 2000 Kwh par an).

**RECAPITULATIF DES BESOINS ANNUELS D'UN LOGEMENT**

type d'énergie	thermique	combustible	électricité	total
chauffage	1,3			1,3
eau chaude	0,4			0,4
cuisine		0,1		0,1
électroménager			0,5	0,5
<b>totaux</b>	<b>1,7</b>	<b>0,1</b>	<b>0,5</b>	<b>2,3</b>

unités : TEP

Soit au niveau breton (1,33 million de logements)

type d'énergie	thermique	combustible	électricité	total
chauffage	1,75			1,75
eau chaude	0,53			0,53
cuisine		0,13		0,13
électroménager			0,7	0,7
<b>totaux</b>	<b>2,27</b>	<b>0,13</b>	<b>0,7</b>	<b>3,1</b>

Nous avons laissé à l'écart de ce calcul les résidences secondaires (153 200 en 1975), dont le développement n'est pas souhaitable, et dont la consommation énergétique devrait être marginale.

**LE SECTEUR TERTIAIRE**

Si le précédent secteur caractérise le confort de la vie privée du citoyen, celui-ci caractérise le confort de sa vie publique.

Le secteur tertiaire comprend en effet les bureaux, les locaux commerciaux, les locaux d'enseignement, les hôpitaux, foyers, hôtels, etc...

La moyenne française (à défaut de moyenne bretonne) était de 21 m<sup>3</sup> de locaux tertiaires par habitant en 1973. On prend pour objectif 23,3 m<sup>3</sup> par habitant en l'an 2000. Le volume total des locaux tertiaires en l'an 2000 sera donc de 93 millions de m<sup>3</sup>. L'augmentation en volume s'accompagne de la modification qualitative suggérée par le tableau ci-dessous.

type de locaux	volume en millions de m <sup>3</sup>	
	2000	1975
année		
bureaux commerce	36,7	33,3
enseignement	27,7	20
sanitaire et sociaux	18	8
hôtels	7,7	6,7
divers	3,3	2,7
<b>total</b>	<b>93,4</b>	<b>70,7</b>

Le volume des bureaux, commerces et hôtels par habitant reste ce qu'il est actuellement tandis que celui des locaux d'enseignement, locaux sanitaires et sociaux augmente substantiellement pour permettre une baisse des effectifs par classe dans l'enseignement (25 élèves par classe au maximum), une vie collective plus nourrie, etc...

En supposant une isolation et une régulation thermique moyenne:

(G moyen = 1,3 Kcal/m<sup>3</sup> x heure x °c

et en tenant compte de l'utilisation partielle des locaux, on évalue à 60 thermies/m<sup>3</sup>/an les besoins unitaires pour le chauffage et l'eau chaude

soit pour 93 millions de m<sup>3</sup>: 0,55 MTEP par an.

D'autre part, l'ensemble des services collectifs, à savoir:

- régulation du chauffage des locaux tertiaires
- électroménager collectif
- entretien des locaux: ascenseurs, nettoyage
- éclairage des locaux, éclairage public
- usage spécifique de l'électricité (machines de bureaux, ordinateurs, matériels audiovisuels collectifs, matériel des hôpitaux, des laboratoires...)

a une consommation évaluée globalement à 0,4 MTEP (références: Projet Alter français).

Consommation totale du secteur tertiaire: 0,95 MTEP dont 0,55 MTEP d'énergie thermique.

TABLEAUX RECAPITULATIFS DES BESOINS DU SECTEUR RESIDENTIEL ET TERTIAIRE

type d'énergie	thermique	combustible	électricité	totaux	total
résidentiel	2,27	0,13	0,70	3,10	4,05
tertiaire	0,55		0,40	0,95	

unité : MTEP

COMPARAISON : 2000 -1975

	total (MTEP)	énergie par tête d'habitant (TEP)
1975	2,96	0,87
2000	4,05	1

BIBLIOGRAPHIE

DUMONTIER C. Les degrés jours unifiés  
 "Revue des Industries Thermiques et Aerauliques" (p 425)  
 Juin 1965

Géographie de la Bretagne  
 et "SKOL VREIZ"

Projet ALTER Français

Les ratios énergétiques dans l'habitation, le tertiaire et l'industrie  
 "Le moniteur" janvier 1979 (p 69)

# LES TRANSPORTS

C'est un secteur sensible de l'économie bretonne, et qui le restera, compte-tenu du caractère très dispersé de l'habitat et des activités, caractère que nous avons voulu maintenir.

## 1) LES TRANSPORTS DE PERSONNES

Nous considérons 4 catégories de déplacements

### a) les déplacements urbains et péri-urbains

L'entrée des villes est aménagée pour favoriser systématiquement les transports en commun et les cycles, leurs zones d'influence (20 à 30 km) sont correctement drainées. On compte un taux moyen de déplacement de 2000km par an et par citadin (en 1975 environ 1000km par an et par habitant dans la région parisienne). La population concernée par ces transports est de 1 500 000 habitants (population des villes de plus de 10 000 habitants).

La consommation des transports urbains collectifs est évaluée à 15 TEP/MVgr X km (1 MVgr =  $10^6$  voyageurs).

Le bilan de consommation annuel des transports urbains est donc:  $E1 = 0,045$  MTEP.

### b) Les déplacements locaux (distance inférieure à 100 km)

Ils s'effectuent en voiture individuelle, dont on peut raisonnablement espérer qu'elle consommera 5 litres aux 100 km en l'an 2000.

Retenons un trafic élevé, voisin de la moyenne française de 1973. Tous types de déplacements confondus (11 500 km/an par ménage) soit 10 000 km/an par ménage. Pour 1 333 000 de "ménages": 13 300  $10^6$  km/an.

Bilan de ce type de transports:  $E2 = 0,67$ MTEP

### c) Les déplacements à distance (plus de 100km)

Ils se font essentiellement en chemin de fer (une organisation convenable permet la transition commode des véhicules locaux aux trains).

Nous retenons un taux moyen de déplacement de 3000 km/an par habitant (en 1973, 850 km par an en moyenne). Cette forte augmentation suppose la remise en état des lignes intérieures: Auray/St Brieuc, Guingamp/Rosporden, Châteaulin/Carhaix/Rennes, etc...

Consommation retenue: 12 TEP/MVgr X km

Bilan:  $E3 = 0,14$  MTEP

### d) les déplacements à très longues distances

Ils s'effectuent par avion, avec un taux moyen de déplacement de 400 km/an par habitant (contre 370 en 1973).

Ce taux peu élevé signifie que les déplacements par air ne sont pas banalisés (comparer la consommation de ce secteur à la consommation des transports en commun).

Consommation retenue: 100 TEP/MVgr X km

Bilan:  $E4 = 0,10$  MTEP

Bilan transports de personnes:

$E1 + E2 + E3 + E4 = 1,02$  MTEP

## 2) LES TRANSPORTS DE MARCHANDISES - LA PECHE

### a) les transports de marchandises

Faute de statistiques bretonnes (?), nous nous référons à la consommation énergétique française en matière de transports de marchandises. En 1973, elle était de 9,4 MTEP, soit par réduction, et en supposant la Bretagne alignée sur cette moyenne: 0,6 MTEP pour la Bretagne.

Le transport des produits énergétiques (pétrole, gaz) représente 20 % de ce total (0,12 MTEP). Compte-tenu de la refonte totale de notre approvisionnement énergétique, nous pouvons envisager une baisse très nette du volume de produits énergétiques transportés. Cette considération nous conduirait à baisser le chiffre de 1973. Cependant le développement général de la vie économique, développement industriel, développement du secteur agro-énergétique, etc., nous incite à conserver le chiffre de 0,6 MTEP pour le transport de marchandises.

Un raisonnement analogue à celui appliqué au transport des personnes, développement du transport ferroviaire et fluvial, développement du cabotage (à la voile), nous permet d'espérer un volume transporté supérieur pour une même énergie dépensée.

Bilan du transport de marchandises: 0,60 MTEP

### b) la pêche

Ce poste de consommation est traditionnellement comptabilisé sous la rubrique "transports de marchandises". Nous nous sommes conformés à cette habitude.

Néanmoins, en égard à son importance économique en Bretagne, la pêche mérite quelques remarques spécifiques.

Elle consomme actuellement 200 000 tonnes de fuel annuelles (0,02 MTEP) pour un tonnage débarqué de 220 000 tonnes de produits de la mer.

Ce tonnage ne saurait être beaucoup augmenté, en raison de la surpêche existant actuellement sur la plupart des espèces.

On doit cependant envisager une augmentation de la consommation d'énergie du secteur, augmentation consacrée principalement à l'aquaculture, au repeuplement des fonds, à la surveillance des côtes, en bref, à une meilleure gestion de notre capital maritime.

Nous retiendrons le chiffre de 0,30 MTEP (déjà comptabilisé dans le bilan transports

le marchandises, et représentant 50 % de ce bilan).

### BILAN GENERAL TRANSPORTS

type d'énergie	thermique	combustibles	électricité	totaux
transports de personnes		0,87	0,15	1,02
transports de marchandises		0,25	0,05	0,30
pêche		0,28	0,02	0,30
<b>totaux</b>	<b>0</b>	<b>1,40</b>	<b>0,22</b>	<b>1,62</b>

## AGRICULTURE

### I) REPARTITION DU TERRITOIRE : SITUATION ACTUELLE ET PERSPECTIVE A LONG TERME

	Situation actuelle	long terme
Surface agricole utilisée	2,474 M d'ha	2,399
dont surface en herbe	0,560 M d'ha	0,485 (1)
Terres labourables + cultures fruitières	1,914	1,914
dont cultures industrielles	0	0,03
dont cultures énergétiques	0	0,57
dont cultures vivrières et fourragères	1,914	1,309
Bois et forêts	0,248	0,174
Landes	0,296	0,165
Étangs	0,0195	0,0195
Plantations énergétiques	0	0,280
Terres non agricoles	0,409	0,409
<b>TOTAL</b>	<b>3,446</b>	<b>3,446</b>

(1) 75 000 ha, occupés par les prairies permanentes dans la situation actuelle, seraient utilisés pour les plantations énergétiques. Mais les surfaces recensées comme "terres non agricoles" comportent vraisemblablement une bonne part de landes et de friches qui pourraient être utilisées à cet effet.

**II CONSOMMATION D'ENERGIE A L'HA = COMPARAISON DE LA SITUATION ACTUELLE ET DE LA SITUATION A LONG TERME**

	situation actuelle (moyenne sur la surface agricole totale)	long terme	
		cultures	prairies permanentes
Engrais (TEP/ha)	0,18	0,18	0,05
Basse température (chauffages locaux d'élevage, serres, séchage)	0,062	0,08	0,08
Force motrice mobile (tracteurs)	0,08	0,14	0,06
Force motrice fixe (moteurs)	0,024	0,014	0,014
Electricité spécifique	non ventilé	0,01	0,01
<b>TOTAL (sans les engrais) TEP/ha</b>	<b>0,166</b>	<b>0,24</b>	<b>0,16</b>

**Consommations d'engrais**

Les perspectives de consommation d'énergie sous forme d'engrais pour les cultures industrielles, fourragères et vivrières sont de 0,18 TEP/ha.

Nous avons conservé les chiffres moyens de 77, ceci pour tenir compte :

- d'une moindre consommation d'engrais azotés grâce à l'utilisation de plantes captant l'azote atmosphérique.
- d'une meilleure utilisation des déjections animales dont la valeur fertilisante est bien conservée par la méthanisation, et de la récupération des cendres après utilisation de la biomasse comme combustible.
- de l'utilisation des technologies les moins coûteuses en énergie pour la fabrication des engrais et des composts.

**Consommations d'énergie**

- Nous avons augmenté le poste "force motrice mobile", pour tenir compte de l'extension des cultures vivrières non fourragères, demandant plus de façons culturales.

- Nous avons augmenté aussi le poste "Basse température", en vue d'une augmentation du confort dans les bâtiments d'élevage, et du besoin en chaleur pour le séchage des grains.

**III) CONSOMMATION D'ENERGIE POUR LE SECTEUR AGRICOLE**

Nous n'avons pas tenu compte des consommations des cultures énergétiques, qui sont comptabilisées dans la filière "Production d'énergie par les cultures énergétiques"

	BT (MTEP)	FMM (MTEP)	FMF (MTEP)	ES (MTEP)	TOTAL (MTEP)	ENGRAIS (MTEP)
Cultures	0,107	0,187	0,019	0,013	0,32	0,24
Prairies	0,039	0,029	0,007	0,005	0,08	0,024
<b>TOTAL</b>	<b>0,146</b>	<b>0,216</b>	<b>0,026</b>	<b>0,018</b>	<b>0,40</b>	<b>0,264</b>

Remarque: Par rapport au chiffre de consommation énergétique apparente de l'agriculture comptabilisé par le CEREN en 1975, 0,22 MTEP, il faut noter que la consommation réelle est de 0,41 MTEP.

Dans le P.A.B., la consommation proposée pour l'an 2000 s'établit ainsi:

- cultures vivrières, fourragères, industrielles: 0,40 MTEP
- cultures énergétiques (comptabilisées en auto consommation): 0,13 MTEP

total 0,53 MTEP

L'augmentation réelle prévue est donc de 29%, soit 26% par tête, au lieu des 67% annoncés en consommation apparente.

## INDUSTRIE

En ce qui concerne ce secteur, il est extrêmement délicat de chercher des références dans la période actuelle.

L'industrie bretonne, globalement faible est très déséquilibrée au profit des secteurs de la construction mécanique, du bâtiment, et des industries agro-alimentaires.

L'énergie consommée par l'industrie reflète ce sous-développement. En 1975, elle est en Bretagne de 1,48 MTEP, soit 0,43 TEP par habitant. Au même moment en France, elle est de 55,3 MTEP, soit 1 TEP par habitant (plus du double).

Nous nous sommes basés sur une augmentation de 50% de la consommation d'énergie de ce secteur par tête d'habitant, qui passe donc de 0,43 à 0,64 TEP. La consommation globale d'énergie de l'industrie est alors de 2,57 MTEP.

La recherche d'un équilibre entre les principaux secteurs de consommation donnerait la répartition suivante:

chimie : 1 (dont engrais 0,31, parachimie et pharmacie 0,4)

matériaux : 0,24

machines et matériels électriques : 0,3

industries agro-alimentaires : 0,4

textiles et cuirs : 0,25

papier, carton, bois : 0,25

bâtiments et TP : 0,13

Total : 2,57

Notons l'impasse faite sur la sidérurgie et les métaux non ferreux.

En ce qui concerne le type d'énergie consommée, voici la ventilation retenue :

énergie thermique : 0,67

combustibles : 0,88

électricité : 1,02

Nous estimons à 0,1 MTEP la chaleur Haute Température (énergie thermique) nécessaire à l'industrie. Celle-ci ne pouvant être obtenue à l'aide de "fours" solaires (ensoleillement trop faible), nous sommes obligés d'envisager une production industrielle d'hydrogène (-0,42 MTEP d'énergie électrique), dont la combustion produira cette chaleur Haute Température.

A côté de ces quelques données quantitatives (largement inspirées du >Projet ALTER Français), voici un certain nombre d'observations sur le fond du problème.

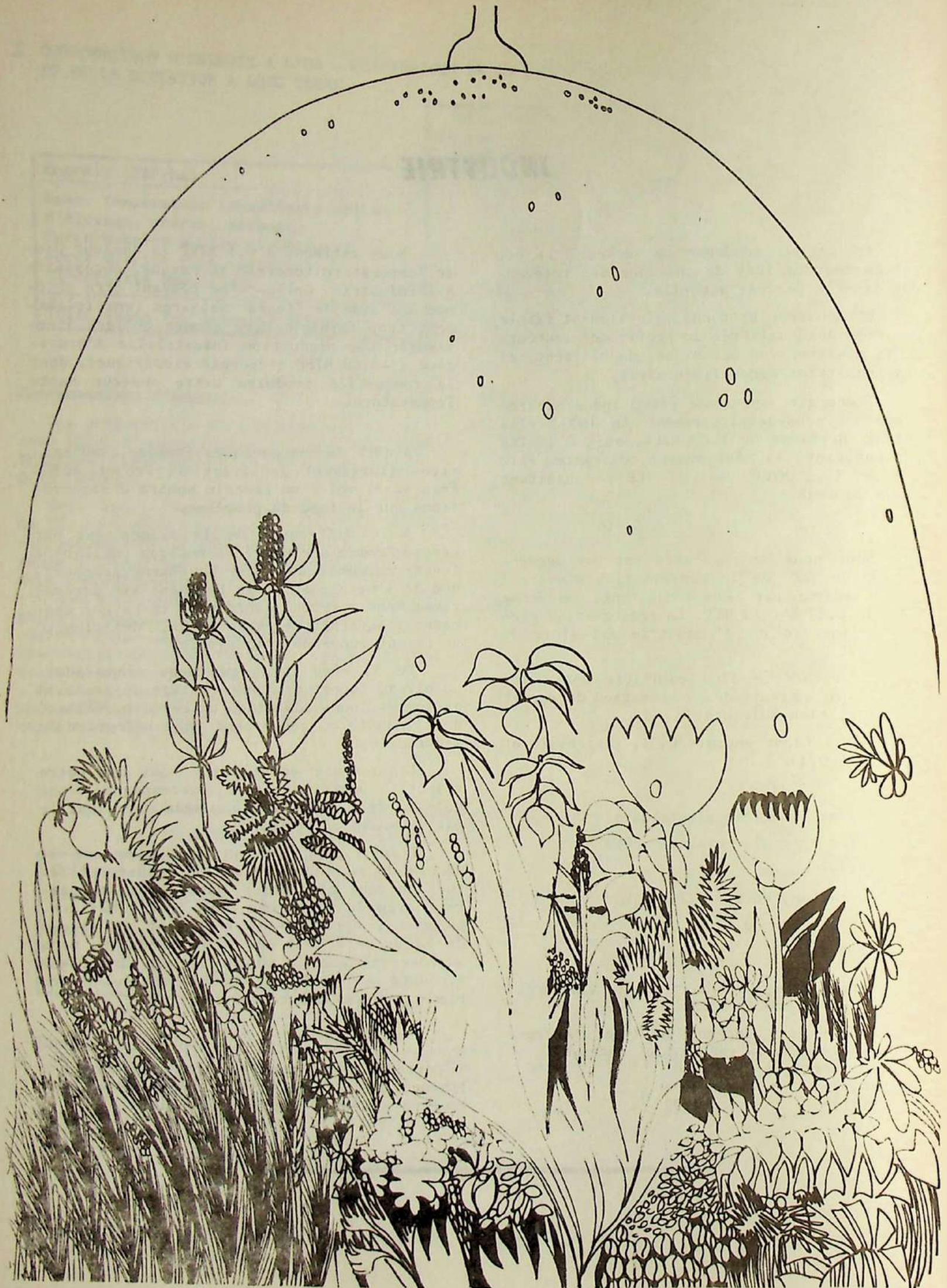
A la différence de la France qui est perçue\* comme une unité économique équilibrée (cette harmonie qui fait le charme géométrique de l'hexagone !), la Bretagne est perçue\* comme très ouverte: "surdouée" en ce qui concerne l'agriculture et la pêche, "déficiente" en ce qui concerne l'industrie.

De la même façon que nous avons admis un niveau important d'exportation de produits agricoles, nous admettons un certain déficit de l'industrie, concernant en particulier la sidérurgie.

L'autonomie énergétique, qui est notre objectif, même si elle s'accompagne d'une volonté de réduire les échanges, ne signifie pas autarcie complète.

D'autre part, chacun sent bien que le gâchis du mode de production industriel actuel ne peut plus durer, même s'il est cohérent avec la recherche d'un profit maximum. Ce gâchis apparaissant notamment au niveau de la durée de vie des biens produits, nous supposons que la durée de vie des biens produits en 2000 est double de celle des biens produits actuellement.

\* perception de plus en plus subjective à l'heure de l'intégration européenne et des bouleversements économiques mondiaux.



**ANNEXE 2**

**Techniques de**

**production des**

**énergies renouvelables**

Dans cette annexe le lecteur trouvera une description des principales filières retenues par le Projet Alter Breton pour la production d'énergies indéfiniment renouvelables, avec quelques références essentielles.

*Rappelons les critères que nous avons suivis — a priori :*

- 1) Nous avons choisi délibérément de ne faire appel à aucune source d'énergie fossile, qu'il s'agisse du fuel, du gaz, de l'uranium ;*
  - 2) Nous n'utiliserons donc que les énergies indéfiniment renouvelables, et nous avons tenté d'évaluer le potentiel global disponible mais sans chercher à l'utiliser à 100 % ;*
  - 3) Nous avons rejeté, dans toute la mesure du possible, les réalisations gigantesques et centralisatrices, mais sans rester bornés à des solutions individualistes ;*
  - 4) Conformément au Projet Alter Français, nous n'avons retenu que les filières énergétiques, technologiquement assurées, et dont la réalisation est envisageable à long terme ;*
  - 5) En retenant tel ou tel type de filière, nous n'avons pas pris en compte le coût de sa réalisation. Cette question en effet "n'a pas de sens" actuellement. Les bases de calcul dépendent naturellement du système économique de référence, qu'il n'était pas dans notre objectif de préciser.*
- 
-

# 1. LES FILIERES MARINES

La situation océanographique de la Bretagne est, à maints égards, exceptionnelle avec son large plateau continental, ses marées à fortes amplitudes, ses rivages battus par la houle et son littoral découpé, propice au développement de la flore et de la faune marine.

Son potentiel en énergie houlomotrice, marémotrice et de la biomasse marine est important (1) et nous proposons un scénario possible pour son exploitation en rejetant toute solution susceptible de modifier en profondeur le fonctionnement de nos écosystèmes côtiers.

## 1. (1) « l'or brun »

**Généralités :** « L'or brun » représente l'énergie récupérable à partir des algues marines après méthanisation (production de gaz naturel). C'est donc une forme dérivée d'énergie solaire (photosynthèse).

A noter que la production nette des océans est de l'ordre de 50 à 60 milliards de tonnes de matières sèches sous forme d'algues. C'est l'équivalent de la production terrestre, mais pour une surface marine 2,4 fois supérieure à celle de la Terre. En règle générale l'Océan est donc nettement moins productif que la Terre et sa productivité est limitée par la pauvreté en matières nutritives dans les eaux superficielles. Seules quelques zones particulières, littorales notamment, sont productives, comme les zones estuariennes et de récifs où une productivité primaire nette moyenne de 22 tonnes de matières sèches/ha/an est atteinte.

### **Le potentiel breton :**

C'est à ce type d'écosystème que se rattache une bonne partie de ses eaux côtières avec son champ de laminaires. Seul le champ d'algues s'étalant du Conquet à Bréhat a fait l'objet d'une évaluation (2) : sa productivité annuelle est de 12,5 Tonnes de Matière sèche à l'hectare en moyenne. Son champ d'extension est de 36 000 hectares.

Une extrapolation au littoral breton (surface approximative 100 000 hectares) permet d'espérer une production de 1,25 million de Tonnes de Matière sèche.

La biomasse récoltée serait traitée dans des centrales bio-énergétiques des communes maritimes (apports mixtes biomasse marine + déchets agricoles + déchets domestiques + cultures énergétiques) et transformée en gaz naturel (méthane).

En se basant sur les résultats expérimentaux actuels (3), le rendement de méthanisation est de 0,27 TEP/TMS (soit 3,4 TEP/ha). Le potentiel énergétique du champ d'algues est de 0,34 MTEP.

A noter que le résidu de fermentation est riche en azote et constitue un excellent fertilisant (utilisable dans des bassins de lagunage... pour la production d'algues) et un bon engrais pour l'agriculture.

Il faudrait ajouter à ce potentiel les algues vertes (*ulves*) qui se développent sur nos plages, mais pour lesquelles nous n'avons que des évaluations partielles (6 700 T en baie de Lannion, 22 000 T en baie de Saint-Brieuc en 1976 selon l'ISTPM).

### **Scénario de production retenu :**

Nous admettons une exploitation possible de 10 à 20 % du champ d'algues actuel (récupération des algues d'échouage et accentuation de la récolte directe). « L'or brun » récupérable est de 0,034 à 0,068 MTEP, duquel il faut déduire la dépense énergétique pour la récolte et le transport (évaluation 10 %).

L'énergie brute récupérable est donc de 0,031 à 0,061 MTEP. On retiendra dans le PAB le chiffre de 0,04 MTEP.

## La question des « *Macrocystis* » :

Si la productivité de nos champs de laminaires est importante, la récolte reste cependant limitée. Diverses solutions ont été étudiées pour augmenter les tonnages récoltés : cultures d'algues en bassin de lagunage, introduction dans les eaux bretonnes des algues géantes du genre *Macrocystis*, (fig. 1), etc.



— Aspects d'une forêt sous-marine assez claire de *Macrocystis* (les deux plongeurs au centre suggèrent l'échelle) implantée sur des blocs clairsemés par 8 à 10 m de fond. Vers 15 à 20 m, les pieds mesurent de 30 à 50 m et pèsent en moyenne 45 kg frais (jusqu'à 100) ; 25 % (et jusqu'à 70 %) de ce poids flottent couchés sous la surface dans le premier mètre.

Figure 1 due à Claude CHASSE, publiée par "Pen ar Bed", n° 78, septembre 1974, revue de la SEPNB.

Le question des *Macrocystis* a déjà fait couler beaucoup d'encre (4) et nous nous proposons de faire ici le point sur le potentiel énergétique que ces algues brunes seraient susceptibles de nous apporter.

C'est l'espèce *Macrocystis Pyrifera* qui retient le plus l'attention. Elle pousse le long des côtes de Californie et en Nouvelle-Zélande et sa culture a été expérimentée aux USA par le Professeur NORTH (California Institute of Technology). Afin de s'abstraire des contraintes inhérentes à la proximité du littoral, l'American Gas Association a mis en œuvre un programme à long terme (1978-1990) visant à implanter au large de la Californie des fermes marines sur des plates-formes flottantes, moyennant un renouvellement permanent des eaux de surface grâce à une remontée artificielle d'eaux profondes (upwelling) mue par énergie houlomotrice. Une production de 100 Tonnes de Matière Sèche

ha/an est attendue (en utilisant 2% de l'énergie solaire reçue). On projette ainsi la construction de fermes marines de 40 000 ha capables de fournir 0,4 MTEP sous forme de gaz naturel. Dans ce projet 10 % de la biomasse produite serait consacrée à l'alimentation, 30 % à l'industrie chimique et 60 % seraient convertis en méthane. Un mille carré d'Océan ainsi cultivé pourrait produire assez de nourriture pour 3 000 à 5 000 personnes, d'énergie et de produits chimiques pour les besoins de 300 Américains. Se basant sur 80 à 100 millions de milles carrés d'océan cultivable, cela signifie que les fermes marines pourraient subvenir aux besoins d'une population de 20 milliards de personnes ... (5)

L'implantation en Bretagne des *Macrocystis* dont la récolte est beaucoup plus facile que celle des laminaires, est envisagée. Depuis les expériences réussies en 1971-72 par l'ISTPM, on sait qu'elle est possible.

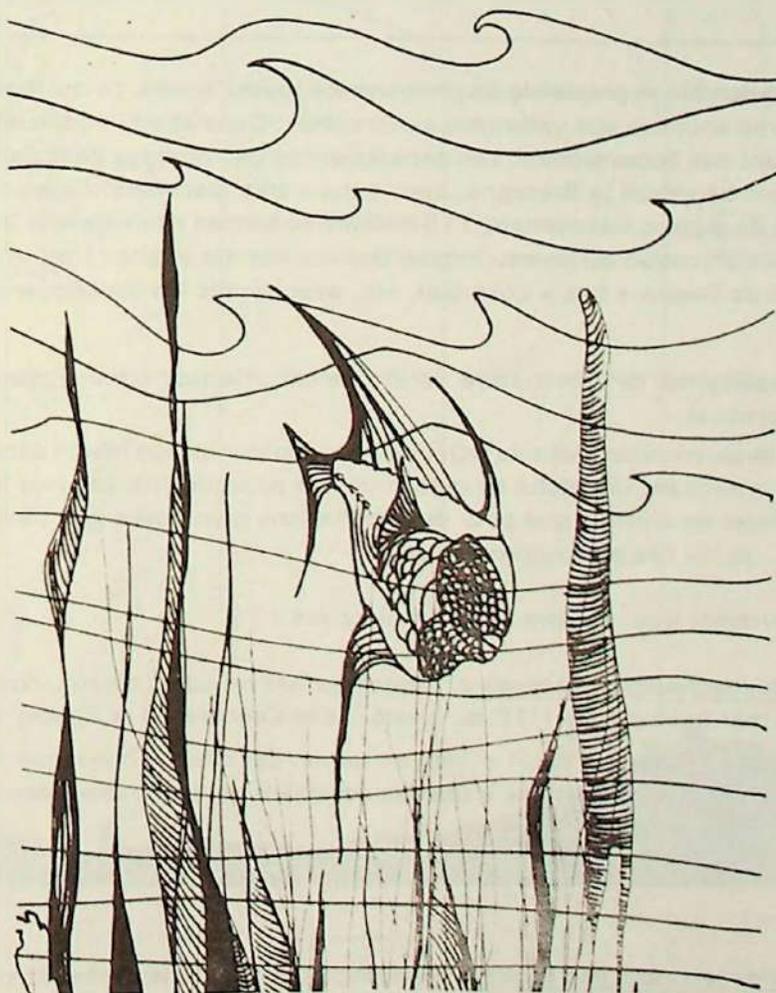
Cependant les experts en algologie (6) (7) estiment qu'il y a risque de voir se développer un champ de *macrocystis* de 5 à 30 km de large tout au long de nos rivages, voir jusqu'en Grande-Bretagne. Mais cette opération est-elle "payante" ? Par rapport aux chiffres évoqués ci-dessus que peut-on espérer pour la Bretagne ?

En supposant que les *Macrocystis* couvrent un champ supplémentaire de 120 000 hectares par rapport à celui des laminaires (les algues géantes sont en effet susceptibles de pousser sur des fonds supérieurs à ceux de nos laminaires) ; en admettant une productivité de 12,5 TMS par hectare et par an ; en prenant les rendements de méthanisation effectivement obtenus par General Electric dans la ferme expérimentale de Laguna Beach (Californie), soit 0,28 m<sup>3</sup> de gaz par kilo d'algue sèche ou 0,27 TEP/Tonne, le potentiel énergétique du champ de *Macrocystis* est de 400 000 TEP. Avec un taux de récolte de 20 %, on obtient 80 000 TEP brutes soit 72 000 TEP nettes.

Pour produire moins de 1 % de l'énergie qui nous est nécessaire, faut-il admettre une modification importante de nos écosystèmes côtiers ? L'argument énergétique ne nous paraît guère déterminant et nous n'avons pas retenu cette hypothèse.

..

L'intérêt énergétique de la biomasse algale est donc limité (par contre du point de vue industriel, alimentaire et agricole, de réelles perspectives sont ouvertes). En ne retenant que la production de biogaz à partir des algues indigènes on voit cependant qu'elle est suffisante pour subvenir aux besoins énergétiques de près de 20 000 habitants des communes maritimes. Cette énergie est à notre portée, il serait regrettable de s'en priver !



# 1. (2) La « houille blanche marine »

« La houille blanche marine » représente l'énergie récupérable à partir des marées. C'est donc une énergie d'origine lunaire et solaire.

Dans la Manche, la puissance dissipée chaque année par la marée est équivalente à la consommation d'électricité française prévue pour 1980... et la Bretagne est bien placée pour en récupérer une bonne partie. L'importance du marnage sur de nombreux sites bretons permet d'envisager un fort potentiel énergétique marémoteur, dont le tableau ci-dessous, emprunté à l'EDF (8) donne une idée.

SITES	Amplitude marée en m (coeff. 100)	Surface km <sup>2</sup>	Energie marémotrice potentielle		Energie extractible	
			Million de kWh	MTEP	Million de kWh	MTEP
Rance .....	11,40	22	2 010	0,45	540	0,11
Baie du Mont Saint-Michel (Iles Chausey) .....	12,40	616 (1) 800 (2)	66 000	14,65	25 000 (1) 33 750 (2)	5,55 7,5
Rade de Brest .....	6,42	92	2 640	0,59		
Golfe du Morbihan .....	4,90	720	2 490	0,55		
Aber Benoît .....	7,40	2,9	110	0,02		
Aber-Wrac'h .....	7,40	1,1	42	0,008		
(1) Projet EDF.						
(2) Projet Caquot.						

Cette énergie est **disponible et prévisible en permanence toute l'année**, ce qui la rend supérieure en qualité à la houille blanche terrestre trop soumise aux variations saisonnières. Cependant l'établissement de barrages modifie sensiblement le fonctionnement des écosystèmes. Les conséquences de l'ouvrage de la Rance, première expérience mondiale en la matière, et dont bénéficie la Bretagne, sont encore très discutées. Celles du projet gigantesque des îles Chausey, avec ses 43 km de digues, nécessitant 115 millions de tonnes de matériaux (projet EDF, Fig. 2) seraient certainement importantes : modification du niveau moyen des marées sur le site (1 m) et ailleurs, envasement accru du Mont Saint-Michel en cas de bassin « bas » côté Sud, etc, avec toutes les conséquences écologiques que cela comporte.

D'intéressantes possibilités de mariculture seraient-elles offertes, comme dans le cas de la Baie de Fundy (Canada) ? cela reste à prouver.

La difficulté d'une évaluation correcte du potentiel marémoteur breton réside dans le fait, que là comme ailleurs, les études actuelles sont entâchées du pêché de gigantisme, le potentiel marémoteur breton est certainement important mais on ne peut avancer de chiffres que pour des réalisations grandioses soit : **5 à 7,5 MTEP**, (à répartir entre la Bretagne, la Normandie... et les îles anglo-normandes).

Deux solutions devraient être, à notre avis, développées :

— dans le cadre des technologies actuelles, basées sur des retenues d'eaux, donc des barrages, seules des réalisations à petite échelle (par exemple au 1/10 du niveau de la Centrale de la Rance) sont acceptables.

C'est une voie qu'il faut choisir à court et moyen terme, car elle est beaucoup plus maîtrisable par les populations concernées. Elle permet des réalisations intégrées associant centrales marémotrices et bassins de mariculture (flore et faune).

Des projets du type « atolls » évoqués pour les parages des îles Minquiers sont intéressants (voir *Ouest-France* du 2 août 79).

— dans le cadre des technologies futures, l'utilisation des courants par hélice couplée à un alternateur est pro-

metteuse mais aucune réalisation n'étant encore effectuée, (les Américains l'envisagent pour le Gulf Stream (9), nous n'avons pas retenu ce type de dispositifs.

**Scénario retenu pour le PAB :**

— barrage de la Rance (540 millions de kWh) .....	120 000 TEP
— 10 unités de 54 millions de kWh .....	120 000 TEP
<b>TOTAL .....</b>	<b>240 000 TEP</b>

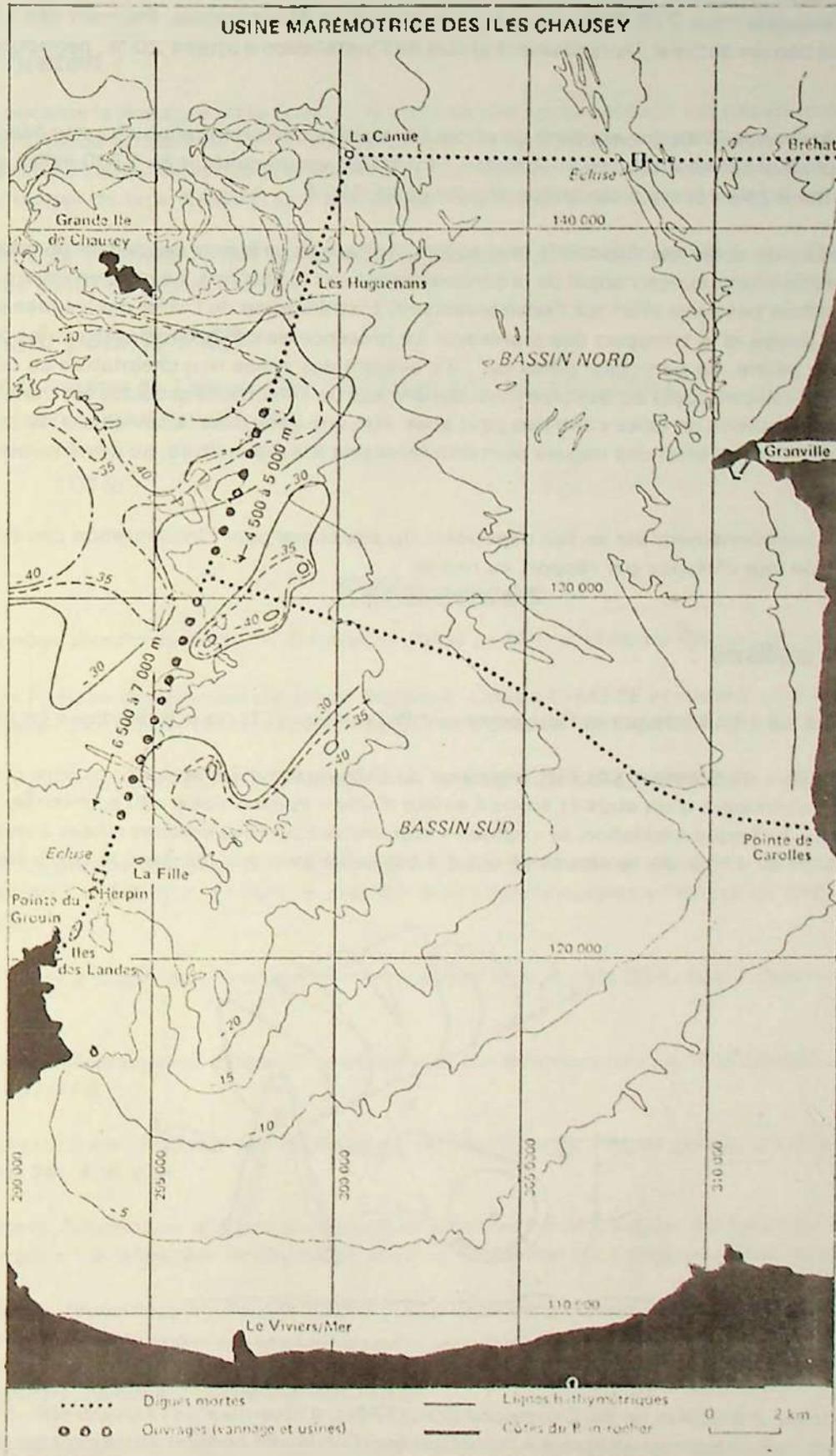


Fig. 2. Le Projet EDF des Iles Chausey ... inacceptable.

## 1. (3) « l'or bleu »

**Généralités :** « L'or bleu » représente l'énergie récupérable à partir des vagues, de la houle. C'est une forme particulière de l'énergie éolienne.

La distribution de cette énergie dans les océans est inégale. Ainsi elle atteint théoriquement chaque année (10) 535 MWh par mètre dans le secteur ouest des Iles Britanniques ; 420 dans un secteur comprenant la sortie de la Manche et le Golfe de Gascogne mais 275 MWh par mètre seulement en Méditerranée. Pourtant dès 1950 des essais ont été effectués dans ce dernier secteur : le rendement global de l'installation a atteint 20 %, permettant de récupérer 15 MWh par mètre.

Notre voisin, la Grande-Bretagne soutient un effort constant pour l'exploitation de cette énergie vers l'an 2000. Son potentiel houlomoteur est en effet très important : 110 MTEP sur un contour de 1700 milles au large des îles britanniques, soit plus de 2 fois l'énergie électrique distribuée en 1974.

L'énergie de la houle si elle est disponible tout au long de l'année, présente cependant un **maximum prononcé en période hivernale**, précisément quand l'appel de la consommation est le plus fort. La mise en œuvre de centrales houlomotrices n'est cependant pas sans effet sur l'environnement. L'atténuation de l'effet des vagues peut modifier sensiblement l'érosion du rivage et le transport des matériaux. La présence de ces générateurs marins peut également perturber les activités de pêche, en particulier parce qu'ils exigent des zones non chalutables au niveau des câbles de transmission d'énergie (électroducts) ou des pipelines, dans le cas où l'électricité produite est transformée sur place en hydrogène. Enfin l'implantation de telles centrales peut aussi être une gêne pour la navigation. En retour la présence de plate-formes atténuatrices de l'effet des vagues peut être favorable à la mariculture, au développement de la flore et de la faune marines.

L'impact sur l'environnement est en fait dépendant du site choisi pour l'implantation des centrales houlomotrices, de leur taille et de leur distance par rapport au rivage.

### **Les dispositifs utilisés :**

Parmi ceux qui sont financés par le Gouvernement Britannique (11) nous retiendrons en particulier :

— les « canards » de Stephen SALTER, ingénieur de l'Université d'Edimbourg : ce sont des caissons flottants « ayant la forme approximative d'un obus et articulés autour d'une « épine dorsale » fixe, amarrée à une énorme bouée fixée au fond de l'eau. A chaque oscillation, le « canard » entraîne des pompes internes reliées à un générateur d'électricité ». Des maquettes au 1/10<sup>e</sup> de ce dispositif ont été essayées avec succès dans le Loch Ness en janvier 1978 (Figure 3).

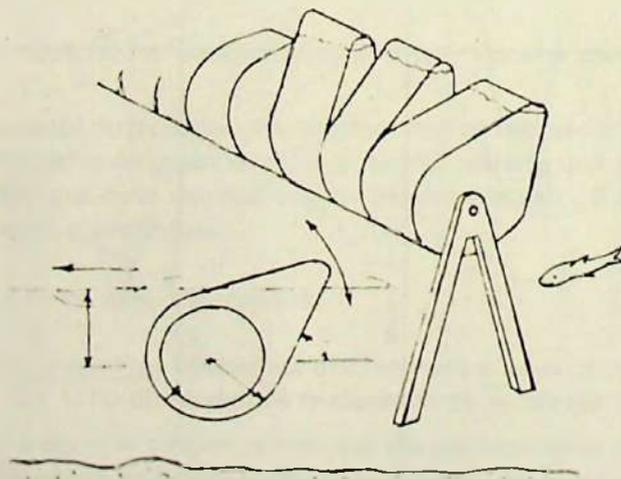


Fig. 3. Les « canards » de Salter : des caissons flottants articulés autour d'un axe horizontal, pour extraire l'énergie de la houle. Ils fonctionnent dans le Loch Ness (Croquis Sea Technology août 78.)

— les « radeaux » articulés de Sir Christophe COCKERELL (l'inventeur de l'Hovercraft) : il s'agit d'une série de radeaux articulés les uns aux autres et munis à leur charnière d'un jeu de pompes entraînant les moteurs d'un générateur d'électricité. Des maquettes au 1/10<sup>e</sup> de ce dispositif ont été essayées avec succès entre l'île de Wight et la côte britannique.

— Les « colonnes d'eaux oscillantes » élaborées au National Engineering Laboratory, NEL, rattaché au Ministère de l'Industrie. Si les travaux britanniques n'ont pas dépassé le niveau de modèles au 1/100<sup>e</sup>, par contre les Japonais sont déjà allés au-delà.

Une réalisation en vraie grandeur, basée sur le principe de la colonne d'eau oscillante qui met en mouvement, par air interposé, une turbine, est due à l'ingénieur Japonais MASUDA. Profitant de l'expérience acquise à petite échelle sur des bouées automatiques — utilisées notamment par le CNEXO — il a construit une barge de 80 m de long et de 12 m de large (déplaçant 2000 tonnes), équipée de 10 unités de conversion pneumatique — électrique et permettant de récupérer de 1 à 2 MW électriques. Ce dispositif, simple, solidement ancré au large de nos rivages permettrait de récupérer annuellement 1 600 TEP par unité. Sa souplesse d'utilisation le rend particulièrement intéressant à court terme.

### **Le potentiel breton :**

En ce qui concerne la Bretagne (et la France), notre potentiel houlomoteur n'est pas encore évalué (le CNEXO s'y intéresse seulement depuis le début de 1979...). Des puissances récupérables 2 à 3 fois plus faibles que celles des Britanniques sont cependant prévisibles. Nous retiendrons un rendement de 10 MW/km pour les dispositifs linéaires et de 0,5 MW pour les barges de type KAIMEI. Le transport de l'électricité à terre est assuré par un électroduct.

Il faut noter qu'à la différence des autres filières retenues par le PAB, une mise au point technologique reste nécessaire pour les centrales houlomotrices.

### **Scénario retenu pour le PAB :**

50 dispositifs linéaires de 1 km de 1 600 TEP (Type SALTER, COCKERELL) . . . . .	0,08 MTEP
250 barges de Type KAIMEI (800 TEP) . . . . .	0,20 MTEP
TOTAL . . . . .	1,00 MTEP

## **Références**

- (1) « L'énergie nous viendra de la mer ». Dossier de Jakez ar Mor. « Vivre au Pays », n° 878, mai 1979.
- (2) « Production Primaire des grandes algues en Bretagne, Claude CHASSÉ et Anne-Françoise LEGENDRE, Laboratoire d'Océanographie Biologique, Université de Bretagne Occidentale. Contrat CNEXO. 76-5288.
- (3) « Des algues géantes pour fabriquer du méthane », Jacqueline DENIS-LEMPEREUR, « Science et Vie », août 79, p 83-86.
- (4) « Etude sur l'opportunité d'introduire l'algue *Macrocystis* sur le littoral français » ISTPM, CIAM. R. PEREZ, J. COUESPEL du MESNIL, Y. COLIN, L. LE FUR, H. DIDOU, Rapport de la mission effectuée en Californie et au Chili du 11 au 25 mars 1973.
- (5) « The U.S. Navy's ocean food and energy farm project ». H.A. WILCOX, Naval Ocean Systems Center, San Diego, 1977.
- (6) « L'algue géante *Macrocystis pyrifera* et le problème de son introduction ». A.H. DIZERBO et J.Y. FLOC'H, 1974, Pen ar Bed, 78, 407-415.
- (7) « Que résulterait-il de l'implantation en Bretagne de *Macrocystis*, l'algue géante du Pacifique », C. CHASSÉ, 1974, Pen ar Bed, 78, 416-428.
- (8) « Rapport de la Commission d'étude de la production d'électricité d'origine hydraulique et marémotrice ». Les Dossiers de l'Energie n° 9. Ministère de l'Industrie et de la Recherche. La Documentation française, Paris, 1976.
- (9) « Ocean Energy Technology challenges grows » Sea Technology, Août 1978, pp 10-16.
- (10) « The development of wave power — A techno-economic study ». J.M. LEISHMAN and G. SCOBIE, 1976, Department of Industry, National Engineering Laboratory.
- (11) « Programme britannique en matière d'énergie des vagues ». « Recherche et développement en matière d'énergie des vagues au Japon ». Bulletin mensuel du CNEXO, N° 121, janvier 1979, p 18 à 20.

# 2. LA BIOMASSE TERRESTRE

## 2. (1) Présentation de la filière méthanisation.

Application au calcul de la valeur énergétique des résidus d'élevage en Bretagne (77)

### a) Les sources disponibles en Bretagne

Ce sont essentiellement les déjections des animaux : fumiers et lisiers. Les pailles de céréales sont les seuls résidus de culture récupérables (tonnage de matière sèche à l'hectare suffisant), mais la production de paille bretonne passe intégralement dans les litières.

Connaissant l'effectif du troupeau, on peut déterminer le volume de déjections récupérables annuellement. Les procédés de méthanisation utilisables et les rendements varient avec la nature des déjections (fumier ou lisier), le type d'élevage, l'échelle souhaitée de l'installation (exploitation, groupement d'exploitations, commune).

### b) Les procédés utilisés. Principe et rendements.

Nous n'allons pas détailler ici le processus de la méthanisation. Nous renvoyons pour cela les lecteurs à la bibliographie de référence. Nous allons simplement dégager les hypothèses sur lesquelles sont basés les calculs.

★ Les procédés utilisés sont de deux grands types :

— **procédé en discontinu** : la cuve de méthanisation est chargée périodiquement de fumier arrosé de purin, ensencé par des souches bactériennes actives. Elle est vidée lorsque la production journalière devient insuffisante ; le cycle dure environ 6 semaines. Le procédé DUCELLIER-ISMAN est un exemple de ce type.

— **procédé en continu** : le lisier, auquel on ajoute éventuellement de la paille hachée, afin d'obtenir un matériau fluide, est injecté tous les jours dans la cuve : les produits usés sont évacués au même rythme, ainsi que le gaz.

TABLEAU 1

Comparaison de quelques procédés de méthanisation

PROCEDE	NATURE OU MATERIAU	ECHELLE Niveau d'investissement	DIGRE DE MECANISATION	TYPE D'ELEVAGE	CONTINU OU DISCONTINU	PRODUCTION DE GAZ BRUT (en m <sup>3</sup> UGB j <sup>-1</sup> )	PRODUCTION EN TEP UGB jour	PRODUCTION m <sup>3</sup> quantal de produit frais	PRODUCTION m <sup>3</sup> de cuverne jour
DUCELLIER ISMAN	fumier paille (5-7 kg paille par vache) 80% humid	exploitation faible	pour chargement, déchargement de la cuve	sur litière Ex : vaches en stabulation	discontinu tous les 2 mois environ	2 m <sup>3</sup> 50-60% de CH <sub>4</sub>	10 <sup>3</sup> TEP	6 à 8 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>
SCHMIDT EGGERLUSS	lisier + paille hachée	exploitation ou groupement élevé	complète	sur râbles, en logette évacuation automatique du lisier	continu	2,6 m <sup>3</sup>	1,3 10 <sup>3</sup> TEP	5,3 m <sup>3</sup>	0,75 m <sup>3</sup>
REINHOLD	lisier + paille hachée	expl. ou group. moyen	poussée cuve enterrée	id.	continu	1,3 m <sup>3</sup>	0,65 10 <sup>3</sup> TEP	2,4 m <sup>3</sup>	
COULTHARD FRY	lisier + paille hachée + autres débris végétaux	exploitation faible	poussée cuve gonflable	porcs lisier	continu	2 m <sup>3</sup> (70% CH <sub>4</sub> )	1,2 10 <sup>3</sup> TEP		
CETHOM METHANE (Société)	ordures ménagères 30% humidité	industrielle élevé	totale		continu			24 m <sup>3</sup> (60% de CH <sub>4</sub> )	

★ La production de biogaz est fonction de la teneur en matières organiques

Ainsi, d'après les travaux récents de ZELTER, qui travaille sur la méthanisation des fumiers de bovin et de porc, on obtient 2 400 kcal/kg de matière organique (0,44 m<sup>3</sup> de gaz à 57 % de méthane, le rendement brut étant de 50 %).

Mais la production de gaz et la proportion de méthane varient avec la nature du matériau. Il semblerait qu'un rapport carbone/azote de 30 soit optimum pour le développement des bactéries. C'est pourquoi il est intéressant d'ajouter des matières celluloseuses (pailles) aux déjections.

★ Les expérimentations menées en France et en Europe portent surtout sur la méthanisation du FUMIER. Dans le tableau 1, nous comparons différents procédés, ce qui nous donne une fourchette pour les rendements permis.

★ La méthanisation du lisier pur a des rendements inférieurs, qui varient avec l'espèce animale. Nous utilisons pour les estimer les références rassemblées par John FRY (tableau 2).

TABLEAU 2

Animal type	UGB/tête	Production de fèces (kg/j/animal)	Matière sèche/j animal	Litres de gaz/kg MS	m <sup>3</sup> de gaz UGB. an	(1) Energie produite UGB/an (TEP)
Vache .....	4,2	26	5	170 à 250	260 à 380	0,13 à 0,19
Gros porc .....	0,2	3,7	0,7	350 à 450	447 à 575	0,22 à 0,29
Poule .....	0,01	0,15	0,05	350 à 750	630 à 1170	0,32 à 0,68

(1) Valeur calorique moyenne de 5000 kcal/m<sup>3</sup> — Référence : Générateur à gaz méthane - L. John FRY (trad. R. Théré).

### c) Le cas de la Bretagne

#### — Les différents troupeaux :

Nous faisons d'abord une estimation de l'importance des trois principaux troupeaux (bovin, porcin, volailles), en les ramenant à un nombre d'Unités de Gros Bétail (UGB) (comme on le fait en ramenant toutes les énergies à un équivalent pétrole).

BOVINS	Nombre de têtes	Coefficient UGB	UGB total
Gros bovins .....	164 000	1	0,164 M
Vaches/taureaux .....	1 883 000	1,2	2,265 M
Génisses et taurillons de moins de 2 ans .....	600 000	0,5	0,3 M
Veaux moins de 1 an .....	756 000	0,2	0,151 M
TOTAL .....			2,880 M

PORCINS	Nombre de têtes	Coefficient UGB	UGB total
Porcelets .....	1 million	0,02	0,02 M
Porcs engrais .....	2,7 millions	0,1	0,27 M
Reproducteurs .....	0,55 million	0,25	0,14 M
TOTAL .....			0,43 M

VOLAILLES	prod. ann. br.	durée prés.	effectifs instant donné	UGB tête	UGB total
poule pondeuse . . .	14,5.10 <sup>6</sup>	1 an	14,5.10 <sup>6</sup>	0,01	0,145 M
poulet . . . . .	123,2.10 <sup>6</sup>	55 j	18,6.10 <sup>6</sup>	0,01	0,186 M
dinde . . . . .	9,4.10 <sup>6</sup>	100 j	2,6.10 <sup>6</sup>	0,015	0,039 M
dindon . . . . .	7,5.10 <sup>6</sup>	100 j	2 10 <sup>6</sup>	0,02	0,04 M
pintade . . . . .	8,4.10 <sup>6</sup>	90 j	2,3.10 <sup>6</sup>	0,01	0,023 M
TOTAL . . .					0,433 M

— Estimation du potentiel énergétique des déjections.

Celles-ci se présentent sous forme de fumier pour une partie du troupeau bovin, et de lisier pour le reste.

- la récolte de paille était de 1,8 million de tonnes en 1977. A raison de 5 kg de paille par vache et par jour, cette récolte peut fournir la litière pour 1 million d'UGB. Nous nous baserons donc sur ce chiffre pour estimer la quantité de fumier récupérable, en considérant le rendement obtenu par le procédé Schmidt-Eggerglüss, confirmé par ailleurs par les travaux de ZELTER.

- d'autre part, il nous faut tenir compte de l'énergie nécessaire pour maintenir le contenu de la cuve à 35-40° C, énergie que l'on estime généralement à 20 % du total obtenu.

Il faut aussi déduire l'énergie nécessaire pour la collecte des déjections, l'actionnement des pompes, etc. Nous l'estimerons égale à 10 % du total.

TROUPEAU	nature résidu	Nb UGB	Rt TEP/UGB/an	total énergie récupérée MTEP	autoconsommation	bilan MTEP
Bovins . . . . .	fumier	1 M	0,47	0,47	0,14	0,33
	lisier	1,81 M	0,15	0,27	0,08	0,19
Porcins . . . . .	lisier	0,43 M	0,25	0,11	0,04	0,07
Volailles . . . . .	lisier	0,43 M	0,50	0,21	0,06	0,15
TOTAL . . .				1,06	0,32	0,74

N.B. — Ce calcul considère que toutes les déjections sont récupérées. Or ce n'est pas le cas pour certains systèmes d'élevage (vaches au pâturage).

D'autre part, nous ne tenons pas compte de l'utilisation possible de matières cellulosiques autres que la paille.

L'utilisation de l'énergie solaire (capteurs) pour maintenir à température constante le contenu des cuves, en diminuant l'autoconsommation de la filière, nous permettrait d'obtenir 0,95 MTEP.

**d) Estimation de la consommation d'énergie par l'agriculture en 1977. Comparaison avec le potentiel énergétique des résidus d'élevage.**

— présentation de l'agriculture bretonne :

- elle est importante pour l'économie régionale puisque 50% des emplois en dépendent ;
- elle fournit 20% en valeur des productions animales françaises (dont 34% des porcs, 26% des volailles) et 4% des productions végétales commercialisées ;
- elle est intensive par rapport à la terre : consommations intermédiaires importantes (engrais, énergie, aliments), hors-sol, investissements en bâtiments et matériels ;

- 90% de la surface agricole portent des cultures destinées à l'élevage.

— Analyse par postes de la consommation d'énergie.

Une enquête SCEES portant sur 4 départements (non compris la Loire-Atlantique) nous donne pour l'année 1977 les consommations d'électricité, de carburants et combustibles réparties suivant les postes d'utilisation : chauffage des maisons d'habitation, des locaux d'élevage, des serres, fonctionnement des moteurs et tracteurs.

Les principaux résultats sont repris dans le tableau suivant.

Consommation d'énergie par l'agriculture bretonne (TEP) 1977 — (enquête).

	cons. totale	habitation	chauff. élevage	serres	Séch.	tracteurs	véh. util.	moteurs
électricité	123 302	43 800	23 922	2 751	111	0	0	46 435
prop. bât.	46 578	12 733	31 890	1 538		0	0	
charb. coke	174 961	153 725	0	600		0	0	
bois	88 017	78 215	9 648	0		0	0	
FL	39 846	0	0	30 846		0	0	
FOD	223 500	74 069	4 083	713		141 913	2 747	2 378
GO	1 679	0	0	0		1 028	610	40
essence	10 966	0	0	0		354	10 139	527
TOTAL	708 849	362 542	69 543	45 448	111	143 295	13 496	49 380

Nous avons fait une extrapolation de ces résultats à la Loire-Atlantique, en tenant compte des structures de production. On aboutit aux résultats suivants :

	Consommation des exploitations	Consommation des habitations (agriculteurs)	Total
4 départements	0,35 MTEP	0,36 MTEP	0,71 MTEP
5 départements	0,44 MTEP	0,43 MTEP	0,87 MTEP

— Estimation de la consommation indirecte d'énergie par l'agriculture.

Nous entendons par là l'énergie nécessaire pour produire les matières premières industrielles utilisées par l'agriculture : engrais, produits phytosanitaires et vétérinaires, aliments du bétail, matériel.

Nous nous contenterons d'estimer les deux postes pour lesquels nous avons des données sûres : engrais et aliments du bétail, qui représentent la plus grosse part des consommations indirectes d'énergie.

• les engrais :

La consommation de l'agriculture bretonne au cours de la campagne 1977 a été :

	tonnage	énergie consommée pour produire 1 kg	énergie totale équivalente
Azote	168 816 T	19,5. 10 <sup>3</sup> kal	0,33 MTEP
Acide phosphorique	190 223 T	3,5. 10 <sup>3</sup> kal	0,066 MTEP
Potassium	142 319 T	2,5. 10 <sup>3</sup> kal	0,035 MTEP
Magnésium-calcium	163 804 T	0,48.10 <sup>3</sup> kal	0,007 MTEP
TOTAL			0,44 MTEP

L'énergie consommée pour produire une unité fertilisante correspond à une moyenne au niveau national, faisant la part des différents procédés utilisés et des différentes formes d'engrais.

- les aliments du bétail (aliments concentrés de fabrication industrielle).

Pour l'année 1977, les statistiques régionales nous donnent (4 départements) :

Fabrication des industriels bretons . . . . .	4 925 451 T
Livraison en Bretagne des industriels bretons . . . . .	4 717 929 T
Fabrication à la ferme . . . . .	793 000 T

Si on admet que le bilan des échanges entre Bretagne et le reste de la France est nul, les aliments du bétail industriels consommés en Bretagne représentent 4,9 millions de tonnes.

D'après les travaux de LEACH, qui a étudié le système agro-industriel anglais, l'énergie primaire incorporée dans les aliments de bétail est de  $2,29 \cdot 10^3$  kcal au kg. Il tient compte de l'énergie utilisée pour produire les matières premières (engrais, énergie de traction), et de l'énergie nécessaire pour les transformer.

Un tel raisonnement est valable en Bretagne, car les aliments sont constitués par des tourteaux (20%) totalement importés, par des céréales (60%) presque totalement importées (voir à ce sujet le bilan 77/78 de l'ONIC sur la collecte des céréales en Bretagne).

Dans ces conditions, ce sont 1,13 MTEP qui sont consommés chaque année en Bretagne sous forme d'aliments industriels (compte non tenu de la Loire Atlantique).

On peut noter aussi qu'en 1972 la consommation d'aliments industriels, représentait, en valeur, les 2/3 du total des consommations intermédiaires de l'agriculture, et plus du quart de la valeur de la production totale de l'agriculture.

## — Conclusion

L'énergie produite par la méthanisation des résidus agricoles (0,74 MTEP) peut subvenir, pour une part importante, aux besoins en énergie directe du secteur agricole (0,87 MTEP pour l'ensemble habitations + exploitations). La forme sous laquelle elle est produite rend facile son utilisation pour des besoins qui sont en majorité de chaleur basse température (chauffage des habitations, des locaux d'élevage, des serres, eau chaude, séchage).

Mais on ne peut pas compter produire de l'énergie pour les autres secteurs de production.

D'autre part, deux autres aspects du bilan doivent être pris en compte :

— l'effectif du troupeau breton en 1977 est tel que les 90% de la SAU bretonne consacrés aux productions fourragères ne suffisent pas à le nourrir, il consomme en plus 1,13 MTEP sous forme d'aliments industriels.

— la méthanisation totale des résidus d'élevage, en particulier du fumier diminuerait les restitutions de matière organique au sol, et dégraderait vraisemblablement le bilan humique. Une restructuration des assolements fourragers serait alors nécessaire, qui privilégierait les prairies temporaires aux cultures faibles restitutrices, comme le maïs ensilage.

## Bibliographie

- Fermentation méthanique en discontinu des déchets agricoles — ZELTER (INRA, Paris).
- Production et utilisations du gaz de fumier — Méthane biologique. Synthèse bibliographique de HUU-BANG-DAO (CNEEMA, bulletin d'information n° 200).
- CETOM-METHANE — Synthèse de l'évolution du procédé (1975 à 1978).
- Méthane, générateurs à gaz méthane. L. John FRY. traduction de R. THARE (Librairie Alternatives parallèles).

## 2. (2) Valorisation de la biomasse par transformations thermochimiques

### I Les procédés de transformation

**Rappel :** choix du procédé suivant la nature de la biomasse. Lorsque le produit est humide et divisé, on préférera les procédés biochimiques, dont nous avons étudié un exemple dans l'annexe 2. (1) : la méthanisation.

On citera aussi pour mémoire :

— la fermentation aérobie, permettant d'obtenir de la chaleur basse température (70°C) et du compost à partir de broussailles broyées (procédé Jean Pain).

— l'hydrolyse enzymatique de la biomasse cellulosique permettrait d'obtenir de l'éthanol et de l'hydrogène, utilisables comme carburants, ainsi que des matières premières pour l'industrie chimique (encore mal maîtrisée).

Les matériaux plus secs et plus ligneux sont facilement valorisables par les procédés thermochimiques.

#### a) La combustion directe de combustibles solides

On peut récupérer ainsi la presque totalité de la valeur énergétique de la biomasse, mais l'approvisionnement automatique des fours et chaudières pose des problèmes. Pour les résoudre, on préconise la présentation sous forme de briquettes, ou de granulats (diamètre de moins d'1 cm), manipulables comme des liquides, pouvant remplacer le pétrole et le charbon. Le rendement de cette transformation peut-être estimé à 90 %.

#### b) La transformation en carburants et combustibles par procédés éprouvés :

• la pyrolyse : classiquement, la pyrolyse était utilisée pour la production de charbon de bois, avec un rendement énergétique bois/charbon de 55 à 60 %.

On peut aussi orienter cette filière pour obtenir selon les besoins du gaz (CO et H<sub>2</sub>) ou des carburants liquides (méthanol, pyrolygneux). La voie du méthanol semble particulièrement prometteuse, son rendement serait de l'ordre de 70 %.

• la gazéification : la pyrolyse est une décomposition thermique à l'abri de l'air des molécules organiques complexes. La gazéification est une oxydation du combustible, soit avec l'oxygène de l'air, soit avec l'eau. On obtient du gaz pauvre (CO + H<sub>2</sub> + etc), qui a été utilisé comme gaz de ville, gaz d'éclairage et dans la sidérurgie. On se rappellera aussi l'emploi des véhicules à gazogène pendant la dernière guerre.

Le rendement de l'opération dépend du pouvoir calorifique du gaz produit (très variable). Le procédé LACOTTE a un rendement de gazéification de 70/80 %. Le gaz produit peut-être brûlé dans un moteur thermique, relié à un alternateur (production d'électricité) ou entraînant des machines (production de force motrice). Actuellement, les moteurs thermiques utilisés sont des moteurs diesel du type Dual-fuel.

#### c) Autres procédés

On peut citer un procédé mis au point aux USA : « liquéfaction de la cellulose ». Sous la pression de 30 à 70 atmosphères à 400°C, on obtient des hydrocarbures lourds liquides et gazeux, proches des hydrocarbures fossiles (rendement 70 %).

#### d) Conclusion

Pour la transformation de la biomasse en combustibles et carburants substituables aux énergies fossiles, on peut compter sur des rendements des filières thermochimiques de 70 % pour les carburants liquides et gazeux, et de 90 % pour les combustibles.

### II Bilan des filières

Se reporter aux annexes 2. (3) et 2(4) : potentialités des surfaces boisées et potentialités des terres agricoles.

## BIBLIOGRAPHIE

- Exposé à l'Académie des Sciences : *Energie solaire : bioconversion*, par Philippe CHARTIER.
- *Bioconversion et transformations thermo-chimiques de la biomasse*, Pierre-Alain JAYET (Ecole Nationale Supérieure des Mines)
- *Les bois tropicaux, source potentielle d'énergie*, par Jacqueline DOAT (Centre technique forestier tropical)
- *Valorisation énergétique de la biomasse par voie de gazéification et emploi de groupes électrogènes*, A. DENNETIERE - Etablissements DUVANT - Moteurs Diesel.
- Centre Régional de la Propriété Forestière de Bretagne : *Orientations régionales de production*.

## 2. (3) Potentialité des surfaces boisées

### a) Structure actuelle de la forêt. production et productivité

#### — Structure actuelle de la forêt

départ.	futaies résineuses	futaies feuillues	taillis <sup>sy futaie</sup>	taillis	landes	peupleraies
22	7 246	4 016	10 726	19 803		328
29	8 589	5 431	590	25 501		90
35	11 891	7 457	15 476	18 380		927
56	41 958	4 830	2 713	21 265		18
44	5 650	8 250	10 800	15 500		1 135
TOTAL	75 334	29 984	40 305	100 449	300 000 ha	2 498

Ces chiffres sont issus du relevé cadastral 65 pour 4 départements. En ce qui concerne la Loire-Atlantique, ils sont fournis par les statistiques forestières 75.

En les comparant à d'autres relevés moins détaillés, les superficies des surfaces boisées sont plutôt sous-estimées, celles des landes surévaluées.

#### — Productivité des surfaces boisées (chiffres 77)

Le volume de la production correspond à l'exploitation forestière enregistrée par le Ministère de l'Agriculture (essentiellement bois d'œuvre et d'industrie). Il n'est pas tenu compte du produit de la forêt paysanne.

On a calculé la productivité des futaies et taillis sous-futaie comme si la totalité de ces surfaces était exploitée, et les taillis pas du tout.

Production totale	productivité des futaies (pas d'expl. des t.s.f.)	productivité des futaies et taillis sous futaie	production des résineux	productivité des futaies résineuses
578 568 m <sup>3</sup>	6,33 m <sup>3</sup> /ha 2,53 tonnes/ha	4,8 m <sup>3</sup> /ha 1,92 t/ha	342 200 m <sup>3</sup>	4,9 m <sup>3</sup> /ha 1,96 t/ha

NB : Le calcul a été fait pour 4 départements, à l'exclusion de la Loire-Atlantique.

Lorsqu'on sait que la productivité moyenne de la forêt française, là où elle est exploitée, est de 10 tonnes de MS/ha/an, on se rend compte que la forêt bretonne est très peu exploitée.

### b) Répartition des différents peuplements dans le scénario envisagé

Formation	landes	futaies	taillis s./futaie	taillis	peupleraies	plantations énergétiques
surfaces prévues . . . . .	170 000	120 000	20 000	30 000	4 500	280 000 75 000 (t.t.s.f)
solde des trans- formations . . . . .	- 130 000	+ 15 000	- 20 000	- 70 000	+ 2 000	130 000 (landes) 75 000 (terres agricoles marginales)

Solde des transformations : variations de surface par rapport à la situation actuelle.

#### — Les plantations énergétiques :

Nous avons regroupé sous cette appellation des formations de différente nature, dont le point commun est que leur accroissement annuel peut être utilisé entièrement pour la production d'énergie. Ce sont les taillis exploités pour le bois de feu, ou transformés en forêts de courte révolution. les landes peuvent être reboisées ou exploitées pour leur végétation actuelle : ajoncs, roseaux dans les zones humides.

Pour les techniques de transformation en combustibles et carburants, voir annexe 22.

— On peut comparer cette répartition des différentes formations avec celle proposée à long terme par le Centre régional de la Propriété forestière, pour 4 départements.

formation	futaies résin.	futaies feuillues	taillis s./fut.	taillis	landes landes	peupleraies
répartition actuelle . . . . .	69 684	21 734	29 505	84 949	300 000	1 363
répartition prévue . . . . .	332 684	24 234	11 700	22 500	153 000	3 360

### c) Besoins de la région en bois d'industrie et bois d'œuvre

Nous allons évaluer les besoins de la région pour ces deux produits et voir dans quelle mesure ils sont couverts dans le scénario. Nous disposons de 2 sources de données pour les besoins en bois de la Bretagne :

- les consommations moyennes pour 1 000 habitants dans la CEE pour chaque type de produit,
- les consommations actuelles pour 4 départements pour certains produits

	m <sup>3</sup> /1 000 hab.	total (4 M d'h.)	chiffres CRPF (M <sup>3</sup> ) 4 départements
sciages . . . . .	180	720 10 <sup>3</sup>	510.10 <sup>3</sup>
panneaux . . . . .	48	192.10 <sup>3</sup>	90.10 <sup>3</sup> grumes de déroulage
pâte soluble . . . . .	127	508.10 <sup>3</sup>	50.10 <sup>3</sup> autres bois d'industrie
bois rond . . . . .	37	148 10 <sup>3</sup>	?
papier-carton . . . . .			496 000 m <sup>3</sup> (trituration)
TOTAL . . . . .		1568.10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> (1) sans papier-carton	

Si on ajoute au total (1) le volume de bois de trituration non comptabilisé, on arrive pour les besoins de la Bretagne en bois d'œuvre et d'industrie à une estimation de 2,1 à 2,3 millions de m<sup>3</sup>.

D'après le CRPF, les besoins actuels sont couverts à 43 % en ce qui concerne les sciages par la production bretonne, à 20 % pour les bois de trituration. Les importations portent sur les résineux et les bois tropicaux.

#### d) Estimation des rendements

— Plantations énergétiques : nous retenons le rendement de 10 t.MS/ha, qui est le rendement moyen de la forêt française.

— Futaie, taillis sous-futaies et taillis : nous nous basons sur un rendement de 5 tonnes de MS/ha, pour tenir compte du rôle de protection d'une partie de ces formations.

— produits récoltés : le rapport des grumes et du petit bois varie avec le type de formation ; nous considérons que la futaie feuillue et résineuse produit 1 m<sup>3</sup> de grumes pour 1 m<sup>3</sup> de petit bois, et que le taillis et taillis sous futaie produisent 2 m<sup>3</sup> de petit bois pour 1 m<sup>3</sup> de grumes.

Nous rappelons les besoins de la Bretagne en bois d'œuvre et d'industrie :

grumes (sciage, déroulage) . . . . .	1,6.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
industrie . . . . .	1,5.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

Les déchets de scierie représentent la moitié du volume des grumes. Dans ce scénario, nous considérons qu'ils sont utilisés pour la production d'énergie.

Avec des données supplémentaires :

1 m<sup>3</sup> de bois pèse 400 kg

1 tonne de bois a une valeur énergétique de 0,4 MTEP.

#### e) Tableau d'utilisation des surfaces boisées

Formation	futaie	taillis et t.s./f.	plantations énergétiques
Production totale . . . . .	1,5 .10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,62.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	7.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
dont grumes . . . . .	0,75.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,20.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	
dont petit bois . . . . .	0,75.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,42.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	
Prélèvements industriels . . . . .	1,5 .10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,62.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	
dont grumes . . . . .	0,75.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,20.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0
dont petit bois . . . . .	0,75.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,42.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	
Production d'énergie . . . . .	0,37.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,10.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	7.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
dont déchets sciage . . . . .	»	»	
dont autres . . . . .	0		

— Production de bois d'œuvre et d'industrie.

Les futaies, taillis sous-taillis, exploités pour le bois d'œuvre et d'industrie peuvent fournir :

grumes . . . . .	0,95.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
petit bois . . . . .	1,17.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

Les besoins de la région en bois d'œuvre sont donc couverts à 60 %, les besoins en bois d'industrie à 75 %.

— Production d'énergie par les plantations énergétiques et déchets de scierie.

Les plantations énergétiques et déchets de scierie, produisent au total 7,47.10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> de bois, ce qui représente 1,20 MTEP d'énergie brute.

• Nous considérons que la moitié de ce produit est transformée en combustibles solides (rendement : 90 %). L'autre moitié fournira les carburants liquides et gazeux (rendement : 70 %)- Pour cette dernière filière, on estime qu'une partie de l'énergie dissipée par la réaction peut-être récupérée sous forme de chaleur basse température (25 % des pertes récupérées)

• L'autoconsommation de la filière « exploitation des surfaces boisées » doit être prise en compte :

0,3 TEP/ha/an pour les plantations

0,2 TEP/ha/an pour les autres formations

— Bilan énergétique de la filière :

	production en m <sup>3</sup>	production en MTEP	production comb. carb. en MTEP	autoconsom. (MTEP)	bilan comb. carb. (MTEP)	production chaleur BT (MTEP)
plantations . . . . .	7.10 <sup>6</sup>	1,12	0,896	0,084	0,812	
déchets de scierie . . . . .	0,47.10 <sup>6</sup>	0,075	0,06	0,034	0,026	
TOTAL . . . . .	7,47.10 <sup>6</sup>	1,2	0,96	0,118	0,838	0,045

**f) Production d'énergie par la forêt « linéaire » (haies, talus, alignements).**

— Superficie :

D'après les photos aériennes de 1961, la superficie des haie, talus, alignements était de 324.000 ha, cette surface n'est plus que de 280 000 ha, dont 180 000 seulement sont plantés d'arbres.

— Nous retenons le rendement de 5 tonnes de bois par hectare et par an, pour 280.000 ha. Cela implique un reboisement de talus dénudés et une amélioration des alignements existants. Les rendements sont limités, comme dans la futaie et le taillis, pour tenir compte des usages prioritaires, des alignements (agronomiques) et du handicap que constitue la structure linéaire.

— A cause de la dispersion également, nous retenons le chiffre de 0,3 TEP/ha/an pour la consommation de l'exploitation de cette forêt.

— Avec un rendement de 80 % pour la transformation en combustible, on arrive au bilan suivant :

— énergie brute récupéré . . . . .	0,560 MTEP
— rendement des transformations (80 %) . . . . .	0,448 MTEP
— autoconsommation . . . . .	0,084 MTEP
— énergie récupérée sous forme de combustible et carburant . . . . .	0,364 MTEP
— énergie récupérée sous forme de chaleur basse température . . . . .	0,021 MTEP

Conclusion : La production énergétique totale des surfaces boisées dans ce scénario est donc :

	carburants et combustibles	chaleur Basse Température	Total
forêts et plantations . . . . .	0,838	0,045	0,883
forêt linéaire . . . . .	0,364	0,021	0,385
TOTAL . . . . .	1,2 MTEP	0,06 MTEP	1,26

## 2. (4) Les potentialités des terres agricoles

### I But — Méthode

- Nous nous fixons des objectifs en matière de production alimentaire :
  - alimentation de la population bretonne
  - niveau d'exportation de produits alimentaires animaux et végétaux
- A partir du rendement des productions végétales et des transformations produits végétaux/produits animaux, on peut déterminer les surfaces nécessaires à la réalisation de ces objectifs, et par différence, celles qui peuvent être occupées par des cultures énergétiques et industrielles.
- On peut vérifier la cohérence du raisonnement à différents niveaux en ramenant à la situation actuelle.

### II Définition des objectifs :

— **Régime alimentaire** : nous nous sommes basés sur la ration alimentaire du français moyen en 1970, mais considérant une alimentation moins carnée que celle actuelle.

Comparaison de la ration en 1970 et en 2000 :

	1970		2000	
Calories	2723		2723 (sans poisson)	
	g/hab./jour	% prot. totales	g./hab./jour	% prot. totales (sans poisson)
protéines totales . . . . .	90,45	100 %	90 (sans poisson)	100 %
protéines animales (sans poisson) . . . . .	56,02	62 %	45	50 %
protéines poisson . . . . .	6,95	08 %	non comptabilisé	

Nous n'avons pas fait d'hypothèses sur la consommation de poisson en 2 000. Le régime alimentaire proposé peut donc être enrichi dans une certaine mesure par un apport de protéines d'origine marine.

#### — Rendement des chaînes agro-alimentaires dans l'alimentation humaine

On tient compte des pertes de calories et de protéines dans la formation des produits jusqu'à l'assiette du consommateur. Si on estime à 50 % ces pertes pour les calories, 30 % pour les protéines, il faut majorer d'autant les besoins alimentaires.

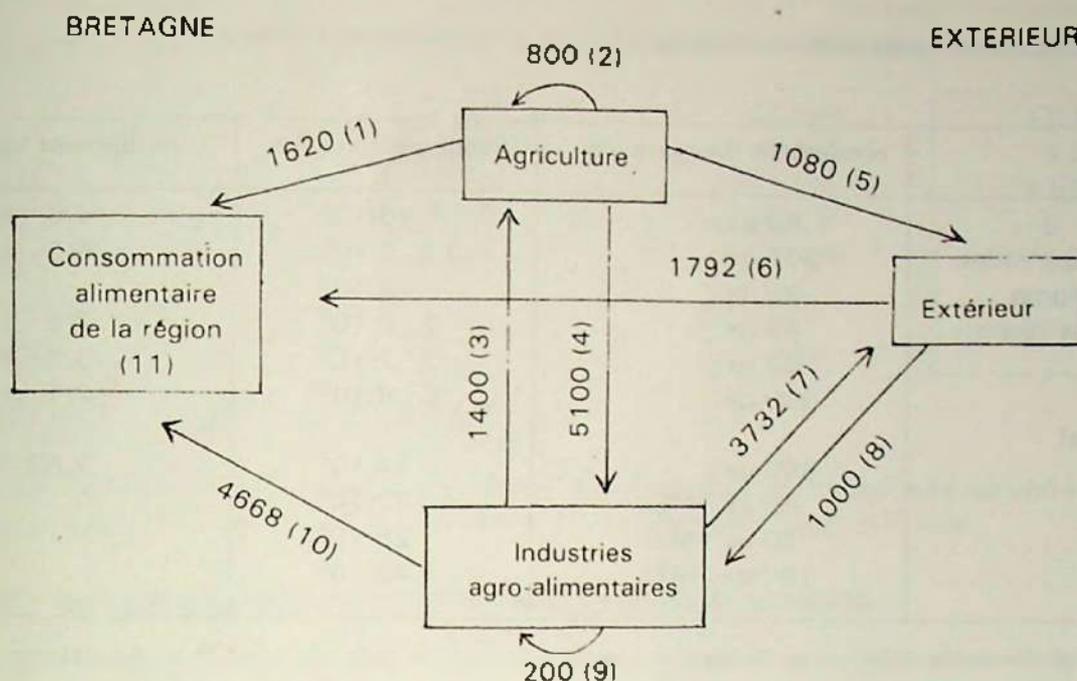
#### — Niveau d'exportation

Nous le définissons pour les protéines animales et végétales en fonction des productions nécessaires à l'alimentation de la région :

1 fois le niveau de consommation de la région pour les protéines animales idem pour les protéines végétales.

On peut comparer cette utilisation des ressources alimentaires de la région à celle de la Bretagne (4 départements) en 72 : en 72 la part consommée en Bretagne des produits de l'agriculture et de l'agro-alimentaire était supérieure, en valeur, à la part exportée.

**Flux de produits agricoles et alimentaires en 1972**  
par C. MANDART



Ensemble des flux internes . . . . .	14 000 MF	Ensemble des flux extérieurs . . . . .	7 600MF
Entrées dans la région . . . . .	2 800MF	Sorties de la région . . . . .	4 800MF

- 1 - Autoconsommation des agriculteurs (610), production des jardins familiaux (315), produits non conditionnés par l'agro-alimentaire (695)
- 2 - Autoconsommation de céréales pour le bétail
- 3 - Consommation intermédiaire en aliment du bétail
- 4 - Fourniture de lait (1650) et viande (3400) à l'agro-alimentaire
- 5 - Expéditions vers l'étranger (360) et les autres régions françaises (720)
- 6 - Arrivage de produits alimentaires (épicerie, vin, fruits, produits divers)
- 7 - Expéditions vers l'étranger de produits laitiers (550), viande (1750), conserves (550), poisson (500) et produits divers (382)
- 8 - Arrivage de céréales (870) et produits divers (130)
- 9 - Autofourniture des industries agro-alimentaires de la région
- 10 - Fourniture par les IAA de produits alimentaires pour la consommation des ménages
- 11 - Consommation alimentaire courante des ménages (7 milliards), consommation des cafés, restaurant (912) et autres agents (359)
- 12 - Production alimentaire des ménages pour autoconsommation.

**— Production nécessaire de protéines et de calories pour réaliser ces objectifs :**

Nous nous basons sur une hypothèse de 4 millions d'habitants pour 5 départements.

calories nécessaires/an pour la Bretagne . . . . .	8.10 <sup>12</sup> kcal
protéines nécessaires/an pour la Bretagne . . . . .	1,7.10 <sup>8</sup> kg
— animales . . . . .	0,85.10 <sup>8</sup> kg
— végétales . . . . .	0,85.10 <sup>8</sup> kg
protéines nécessaires avec les niveaux d'exportation choisis :	
— animales . . . . .	1,7.10 <sup>8</sup> kg
— végétales . . . . .	1,7.10 <sup>8</sup> kg

**— Comparaison de nos objectifs avec la production de protéines animales actuelle (5 départements, année 1977)**

production	kg	kcal	protéines (kg)	remarques
lait . . . . .	5,3 .10 <sup>9</sup>	3,2 .10 <sup>12</sup>	0,18 .10 <sup>9</sup>	60 g en moyenne rendement en viande 80 % de la carcasse 70 % 50 %
œufs . . . . .	0,186.10 <sup>9</sup>	0,3 .10 <sup>12</sup>	0,015.10 <sup>9</sup>	
viande porc . . . . .	0,4 .10 <sup>9</sup>	1,32.10 <sup>12</sup>	0,04 .10 <sup>9</sup>	
volailles chair . . . . .	0,19 .10 <sup>9</sup>	0,38.10 <sup>12</sup>	0,04 .10 <sup>9</sup>	
viande bovine . . . . .	0,14 .10 <sup>9</sup>	0,28.10 <sup>12</sup>	0,021.10 <sup>9</sup>	
<b>TOTAL . . . . .</b>		<b>5,48.10<sup>12</sup></b>	<b>0,296.10<sup>9</sup></b>	

### III Rendements actuels et envisageables des productions végétales et animales.

— Rendements (75) des principales cultures fourragères et pour l'alimentation humaine.

Culture	rendement Bretagne 75	Rendement kcal/ha	rendement kg prot./ha
blé . . . . .	40 qx	16.10 <sup>6</sup>	4,6 .10 <sup>2</sup>
pommes de terre conservation . . . . .	300 qx	22, 5.10 <sup>6</sup>	5,2 .10 <sup>2</sup>
haricots secs plein champ . . . . .	20 qx	8.10 <sup>6</sup>	
petit pois conserverie (grain) . . . . .	45 qx	2, 8.10 <sup>6</sup>	2,6 .10 <sup>2</sup>
choux bruxelles . . . . .	100 qx	3, 2.10 <sup>6</sup>	3,6 .10 <sup>2</sup>
carotte plein champ . . . . .	300 qx	6, 8.10 <sup>6</sup>	2,1 .10 <sup>6</sup>
jardin potager intensif (20 légumes divers) . . . . .	400 qx	14.10 <sup>6</sup>	7,88.10 <sup>2</sup>
luzerne . . . . .	80 qx (MS)	32.10 <sup>6</sup>	
prairie temporaire . . . . .	70 qx (MS)	28.10 <sup>6</sup>	
maïs fourrager . . . . .	120 qx (MS)	48.10 <sup>6</sup>	

\* Il ne s'agit pas de rendements obtenus en Bretagne, mais d'une mesure faite par LEACH en Angleterre.

— Besoins unitaires en énergie végétale et fossile pour divers produits animaux.

(LEACH et CARILLON repris par MERCIER)

Production	besoins unitaires en énergie végét. (CARILLON)	BUER (LEACH)	Energie consommée par kg de protéine (LEACH)
lait . . . . .	4,5	2,68	50
œufs intensifs . . . . .	4,5	6,92	85
viande bœuf . . . . .	9	15-20	—
viande porc . . . . .	5	6 (MERCIER)	—
poulet chair . . . . .	5,4	10,13	70
poisson GB 60 . . . . .	—	19,73	117

- dans la 1<sup>re</sup> colonne, on compare les productions du point de vue de l'énergie végétale consommée pour obtenir une calorie sous forme animale

- dans les 2 dernières colonnes, on s'intéresse au rapport énergie fossile introduite/énergie animale produite ou kg de protéine.

- il faut noter que ces chiffres ne sont qu'indicatifs, pour comparer le rendement de différentes productions animales. Ils ne correspondent pas au rendement effectif dans un système de production donné, comme nous le verrons en étudiant le bilan Bretagne 77. Ils ne tiennent pas compte en effet des pertes depuis la récolte jusqu'à l'obtention du produit fini, des surconsommations éventuelles, etc.

#### — Bilan Bretagne 77

Nous essaierons simplement d'établir le rapport besoins unitaires en énergie végétale des productions animales en Bretagne.

- Nous avons vu que la production de calories animales en Bretagne pour 77 était de 5,48.10<sup>12</sup> kcal.

- Nous allons estimer la consommation sous forme de calories végétales du cheptel breton cette même année.

## Production fourragère de la région

Cultures	surfaces (ha)	rendement (kcal/ha)	production éner. végét.
STH .....	560 000	22.10 <sup>6</sup>	12.3.10 <sup>12</sup> kcal
céréales .....	529 000	16.10 <sup>6</sup>	8.5.10 <sup>12</sup>
cultures fourragères .....	1 094 000	35-40.10 <sup>6</sup>	43.8.10 <sup>12</sup>
plantes sarclées .....	175 000	30-35.10 <sup>6</sup>	6 .10 <sup>12</sup>
cultures dérobées .....	186 000	36.10 <sup>6</sup>	6.5.10 <sup>12</sup>
TOTAL .....			77,1.10 <sup>12</sup> kcal

### • Consommation d'aliments concentrés industriels

On a vu qu'elle était de 4,9 millions de tonnes en 77. Si on se base pour ces aliments sur une valeur énergétique de 4.10<sup>3</sup> kcal/kg (celle des céréales), ces aliments industriels représentent 19,6.10<sup>12</sup> kcal.

### — Ratio énergie végétale consommée/énergie animale produite :

Il est de  $96,7/5,48 = 17,6$ .

Il est un peu surestimé : seules les grandes catégories de production animale ont été prises en compte. En particulier l'élevage fermier, ovin, etc... ont été laissés de côté. On n'a pas tenu compte non plus de l'utilisation des sous-produits animaux. Mais il corrobore le fait que dans des chaînes alimentaires de ce type, le rendement est toujours inférieur à 10 %.

### — Représentation des rendements retenus :

#### a) transformation produits animaux-produits végétaux :

Les chiffres de LEACH et CARILLON vont nous permettre simplement de classer les productions dans un ordre préférentiel.

Le lait et les œufs sont plus intéressants au point de vue rendement énergétique que la production de viande. Les monogastriques (porcs et poulets) seraient plus intéressants que les ruminants s'ils n'étaient pas nourris avec des productions qui ont un rendement plus faible à l'hectare que les cultures fourragères.

Nous allons retenir un rendement de 1/12 pour la transformation énergie végétale brute/énergie animale consommable.

• Il correspond encore à une perte de calorie tout au long de la chaîne alimentaire supérieure à 100 % (perte actuellement égale à 200 %)

• Il tient compte de progrès probables dans la récolte et la conservation des fourrages, l'alimentation des animaux (importance d'une ration équilibrée pour valoriser chacune de ses composantes), et l'utilisation des sous-produits animaux (sang, os, graisse).

#### b) rendement des productions végétales :

##### • productions fourragères :

Pour celles destinées aux ruminants, nous retenons le rendement moyen de 12 tonnes de matière sèche à l'hectare (rendement moyen actuel du maïs fourrager). Cela correspond à une production de 48.10<sup>6</sup> kcal/ha.

Pour celles destinées aux monogastriques, nous retenons le rendement de 20.10<sup>6</sup> kcal/ha (blé à 40 qx/ha : 16; pomme de terre à 300 qx : 23; maïs à 50 qx : 20).

Ces rendements sont modestes, mais ils correspondent à un système fourrager qui assure la totalité des besoins du troupeau, en particulier celui en protéines.

• productions destinées à l'alimentation humaine

Nous considérons un rendement de  $20 \cdot 10^6$  kcal/ha et  $5 \cdot 10^2$  kg de protéines à l'hectare, pour un ensemble de cultures : blé, pomme de terre, légumes.

c) il reste à dire pour éclairer la démarche :

- nous partons de la demande totale en protéines animales,
- nous la convertissons en demande de calories animales en nous basant sur la composition du régime alimentaire suivant :

1,7.10 <sup>8</sup> kg de protéines animales.	
lait	1,1
bœuf	0,2
porc	0,2
œufs	0,13
poulet	0,07
<b>TOTAL</b>	<b>1,7</b>

• nous en déduisons les calories végétales et les surfaces fourragères nécessaires en utilisant les rendements définis plus haut.

• pour l'alimentation humaine, le facteur limitant étant les calories et non les protéines végétales, nous calculons les surfaces nécessaires pour couvrir les besoins de la population et de l'exportation en nous basant sur la demande de calories non satisfaite par les productions animales.

(sauf dans le scénario 2, où l'on compte sur l'importation de céréales, riz, etc, non produits en Bretagne).

#### **IV Production d'énergie par les terres agricoles**

##### **a) La filière méthanisation des résidus d'élevage**

— en utilisant pour réchauffer les cuves de méthanisation l'énergie solaire (capteurs), la méthanisation du fumier peut avoir un rendement énergétique de 0,47 TEP/UGB/an (voir annexe 2.1)

— en 1977, la production de paille (18 millions de tonnes) nous aurait permis de méthaniser les déjections de 1 million d'UGB, avec le rendement cité plus haut.

— la production de protéines dans le scénario choisi correspondrait à un troupeau de 2,4 millions d'UGB, si, la structure de ce troupeau était la même qu'en 1977.

— il suffirait, dans le pire des cas, de doubler la surface en paille pour méthaniser toutes les déjections avec le rendement optimum, ceci sans tenir compte des autres sources de matière carbonée.

— nous considérons que 80 % de ce total sont effectivement récupérables, ceci pour tenir compte des restitutions au champ du bétail au pâturage.

— nous prenons en compte l'autoconsommation de la filière méthanisation (consommations énergiques des pompes, moteurs divers, tracteurs), estimée à 10 % du total produit.

##### **BILAN**

potentiel disponible	$0,47 \text{ TEP} \times 2,14 \cdot 10^6$	=	1,01 MTEP
— pertes au champ	20 % du potentiel	=	- 0,20 MTEP
			-----
			0,81 MTEP
— autoconsommation	10 % de la production	=	- 0,08 MTEP
			-----
	<b>TOTAL disponible</b>	=	<b>0,73 MTEP</b>

## b) La filière cultures énergétiques

### – Les cultures énergétiques :

Le choix des espèces les plus intéressantes pour la production des combustibles doit tenir compte de plusieurs facteurs : le rendement en matière sèche, qui conditionne le rendement énergétique, la consommation en énergie et en engrais de la culture (autoconsommation de la filière) et l'influence sur le bilan humique. Ce dernier point est important, car en consommant la partie aérienne de la culture, on supprime les restitutions possibles en azote et humus stable. Pour ces différentes raisons, le choix pourrait se porter sur des mélanges de graminées et de légumineuses pérennes : en place toute l'année, elles utilisent au mieux le soleil et l'eau, elles captent l'azote atmosphérique et ont un effet positif sur le bilan humique.

Une autre possibilité : la sélection de génotypes de graminées captant l'azote atmosphérique.

### – Les rendements :

Nous avons modestement retenu un rendement de 12 tonnes de MS (le même que pour les cultures fourragères).

Pour une valeur énergétique de la matière sèche de 0,4 TEP/tonne, la productivité de ces cultures est donc de 4,8 TEP/ha.

– Autoconsommation de la culture : comme pour les cultures industrielles fourragères et rivières : engrais 0,18 TEP/ha, énergie directe 0,25 TEP/ha, soit 0,43 TEP/ha.

– Rendements de transformation : voir annexe 2.2.

• nous considérons que 55 % de la biomasse produite est utilisée pour fabriquer des combustibles solides, avec un rendement de 90 %.

• 45 % de la biomasse fournira des carburants liquides et gazeux, avec un rendement de 70 %. Mais pour cette filière, une partie de la chaleur libérée par les réactions thermochimiques peut être récupérée sous forme de chaleur basse température. Nous estimons la part récupérée à 25 % des pertes.

• A partir des 4,8 TEP d'énergie brute à l'ha, on obtient donc :

–  $4,8 \times 0,55 \times 0,90 = 2,38$  TEP/ha de combustibles solides.

–  $4,8 \times 0,45 \times 0,70 = 1,51$  TEP/ha de carburants liquides et gazeux.

–  $4,8 \times 0,45 \times 0,30 \times 0,25 = 0,162$  TEP/ha de chaleur basse température.

– Bilan énergétique à l'hectare :

---

Energie brute . . . . .	4,8 TEP/ha	
Production d'énergie nette	3,89 TEP/ha de carburants et combustibles	+ 0,162 TEP/ha de chaleur BT
Consommation de la filière	0,43 TEP/ha de carburants et combustibles	
<hr/>		
TOTAL . . . . .	3,46 TEP/ha de carburants et combustibles	+ 0,162 TEP de chaleur BT

---

– Production totale d'énergie par les terres agricoles :

Nous avons étudié deux scénarios qui sont comparés dans le tableau p 26 et le paragraphe suivant.

Dans les deux cas, la surface disponible pour les cultures énergétiques est 0,57 millions d'hectares.

Production d'énergie par la filière cultures énergétiques :

- $0,57 \cdot 10^6 \times 3,46$  TEP = 0,97 MTEP carburants et combustibles.
- $0,57 \cdot 10^6 \times 0,162$  TEP = 0,10 MTEP chaleur Basse Température.

Il faut ajouter la production de méthane par les déchets d'élevage : 0,73 MTEP.

— Répartition des surfaces pour les cultures industrielles, énergétiques et la production alimentaire. Comparaison des deux scénarios.

Scénario	" 1 "	" 2 "
Surfaces nécessaires pour alimentation bretonne + exportations.		
Quantité de protéines animales nécessaires (kg) . . . . .	$1,7 \cdot 10^8$	$1,7 \cdot 10^8$
Surface fourragère nécessaire (M d'ha) . . . . .	1,154	1,154
Quantité de calories végétales nécessaires (kcal) . . . . .	$12,78 \cdot 10^{12}$	On ne recherche pas l'auto-nomie pour la production de calories végétales.
Surface vivrière nécessaire (M d'ha) . . . . .	0,64	
Quantités de protéines végétales nécessaires (kg) . . . . .	Surplus de protéines végét.	$1,7 \cdot 10^8$
Surfaces vivrières nécessaires (M d'ha) . . . . .		0,34
Total surfaces alimentation + exportations (M d'ha) . .	1,794	1,494
Déficit éventuel de calories végétales pour l'alimentation bretonne à combler par l'importation.		
Quantité (kcal) . . . . .	0	$3 \cdot 10^{12}$
Surfaces correspondantes (M d'ha) . . . . .	0	0,15
Surfaces industrielles (M d'ha) . . . . .	0,03	0,34
Cultures énergétiques (M d'ha) . . . . .	0,57	0,57
Production d'énergie pour cultures énergétiques (MTEP)	1,97	1,97
Production d'énergie par méthanisation des résidus d'élevage (MTEP) . . . . .	0,73	0,73

### c) Comparaison des deux scénarios proposés :

Le mode d'utilisation des terres agricoles que nous avons pris en compte peut se résumer ainsi :

- il reste basé sur la production de produits alimentaires, pour la population bretonne et l'exportation.
- il est autosuffisant - En particulier, il produit la totalité des besoins du troupeau et ne dépend d'aucune importation de produits végétaux.
- La part des produits animaux diminue au profit de celle des produits végétaux - Le niveau des exportations, égal à celui de la consommation bretonne, reste suffisant pour assurer un solde des exportations de l'agriculture et de l'agro-alimentaire égal ou supérieur à celui actuel (voir tableau 1)
- Grâce à cette structure de la production agricole et à une amélioration des rendements de transformation produits végétaux - produits animaux, nous pouvons dégager des surfaces pour des cultures énergétiques et industrielles. Celles-ci nous fournissent les produits de base de l'industrie chimique.

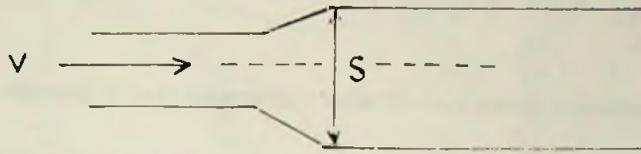
Sans essayer de prévoir les besoins futurs de l'industrie en de tels produits, nous pouvons dire que la satisfaction de tous les besoins alimentaires de la population et de l'exportation, comme ils ont été définis précédemment, ne nous permet pas de dégager de surfaces significatives pour de telles productions (scénarios 1) - Par contre, si on accepte d'importer certains produits riches en calories (céréales), il nous reste la possibilité de développer l'industrie chimique (scénario 2). En effet, le système de production que nous avons pris en compte est plus basé sur la production de protéines que celui de calories.

# 3. LA FILIERE EOLIENNE

## 3. (1) Généralités

### a) Energie maximum récupérable

Soit  $S$  la surface balayée par la partie mobile d'une éolienne,  $V$  la vitesse du vent supposée normale à la surface  $S$ .



La puissance maximale théoriquement récupérable est donnée par la formule suivante :

$$W = 16/27 (1/2 \rho S V^3) \text{ , Formule de BETZ}$$

$1/2 \rho S V^3$  représente l'énergie cinétique totale du vent dont on ne peut au maximum récupérer que les 16/27.

$$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3 \text{ (S en m}^2\text{, V en m/s, W en Watts)}$$

Elle s'utilise sous une forme plus compatible avec l'ordre de grandeur des puissances rencontrées :

$$W/S = 0,37 (V/10)^3 \text{ , où W est exprimé en kW.}$$

Une vitesse  $V$  du vent étant fixée, la puissance correspondante délivrée par la machine sera :

$$P = 0,37 (V/10)^3 \times S \times r \text{ (P en kW, r : rendement de la machine)}$$

### b) Aérogénérateurs.

Nous avons envisagé, dans le corps du texte, deux grandes catégories d'aérogénérateurs : les éoliennes « industrielles » et les éoliennes « domestiques ».

— Les éoliennes « domestiques » de quelques kW de puissance nominale sont bien connues, et fabriquées en petites séries par quelques entreprises (dont une entreprise quimpéroise). Elles sont du type « hélice » (axe horizontal) pour la plupart. Le modèle hélice est en effet celui qui a le meilleur rendement  $r$ .

— Les éoliennes de grandes puissance ont été étudiées, d'une part entre 1950 et 1960 (âge d'or éphémère de l'énergie éolienne), en particulier en France par EDF,

d'autre part ces dernières années 70 au Danemark, au Canada et aux Etats-Unis.

Ce sont toutes des machines type « hélice ». La machine la plus puissante ayant fonctionné à ce jour est, à notre connaissance, une éolienne danoise de 2 MW.

Des projets sont en cours aux Etats-Unis, visant d'une part à augmenter les puissances installées (3 MW), d'autre part à concevoir des machines « offshore », fonctionnant sur des plateformes ancrées sur le plateau continental<sup>(1)</sup>.

### c) Energie effectivement récupérée sur un site

— Paramètres caractéristiques d'un site :

Un site étant choisi, on peut mesurer soit un vent annuel moyen :

$$\bar{V} = 1/\Delta T \int_{\Delta T} V dt \quad \Delta T = 1 \text{ année}$$

<sup>(1)</sup> Power from the ocean winds. DAVID RITTENHOUSE INGLIS in Environment vol. 20, n° 8.

soit une énergie annuelle moyenne par m<sup>2</sup>

$$E = 0,37 \int_{\Delta T} (V/10)^3 dt \quad \Delta T = 1 \text{ année}$$

Dans le 2<sup>e</sup> cas, l'appareil de mesure enregistre directement le cube de la vitesse du vent.

La comparaison des résultats des 2 méthodes est délicate, car en général

$$E \neq 0,37 (\bar{V}/10)^3 \Delta T$$

Le deuxième paramètre (énergie annuelle moyenne) est plus intéressant que le premier.

Une méthode de mesure étant retenue, il est nécessaire, afin de comparer deux sites, d'y placer les appareils de mesure au même niveau par rapport au sol, ou de ramener les valeurs mesurées à la même hauteur de référence. La vitesse du vent augmente en effet avec la hauteur. On choisit en général 40m comme hauteur de référence (40m est la hauteur moyenne des grandes éoliennes).

#### — Paramètres caractéristiques d'une machine.

Une machine est en général définie par une puissance « nominale » pour un vent « nominal ». Ce paramètre est défini site par site, de façon à optimiser les conditions de couplage de la machine au réseau sur un site. Il est donc plus caractéristique d'un ensemble (machine/site) que des performances de la machine seule.

Comparons par exemple les éoliennes de Costa Head et de Stötten. Elles sont données à 100 kW de puissance nominale toutes les deux, bien que l'une ait un diamètre 2 fois supérieur à celui de l'autre ! (voir page 31)

Certains établissent une énergie annuelle délivrée, en considérant qu'une machine fonctionne en moyenne 2 000 h par an à sa puissance nominale. Nous nous conformerons à cet usage, faute de mieux.

#### — Autres paramètres caractéristiques :

La formule  $P = 0,37 (V/10)^3 \times S \times r$  fait appel à 2 paramètres caractéristiques de la machine : S la surface balayée par la partie mobile et r le rendement.

Ces deux paramètres suffisent en principe à évaluer l'énergie délivrée par la machine, pourvu que l'on dispose soit de  $\bar{V}$ , soit de  $0,37 (V/10)^3$  pendant une période donnée.

#### — Exemple d'estimation :

la carte ci-jointe donne pour un site de la côte nord une énergie annuelle moyenne égale à 4 000 kWh/m<sup>2</sup>.  
( voir p. 69 )

Une grande éolienne type danois a un diamètre de 60m, soit une surface balayée de 2,810 m<sup>2</sup> et un rendement moyen de 50 %. Une éolienne de ce type placée sur le site fournira donc une énergie annuelle de :

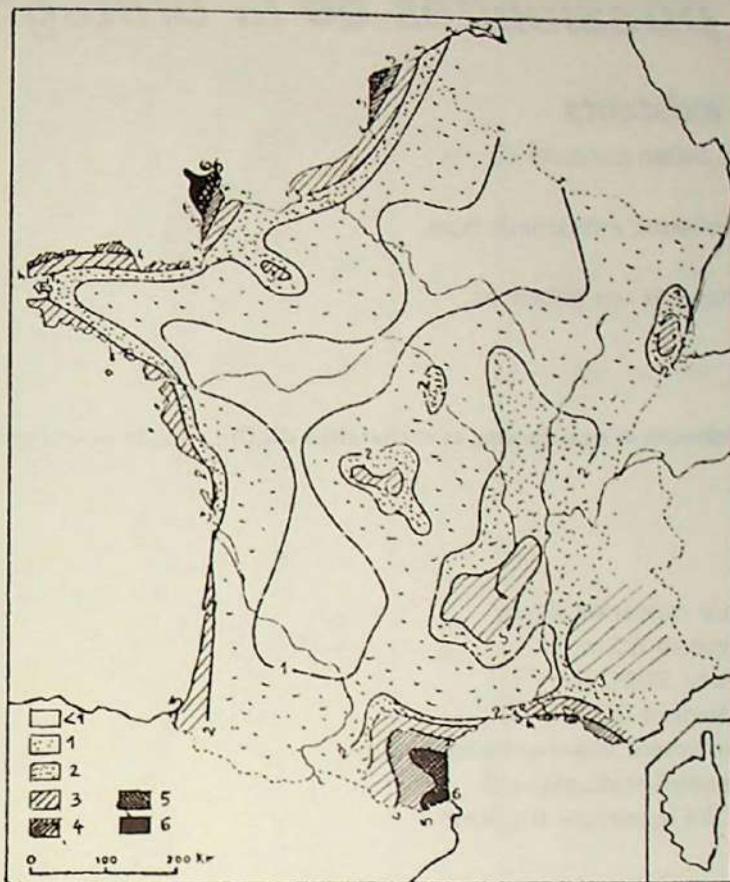
$$E = 4000 \times 2,800 \times 0,5 = 5,6.10^6 \text{ kWh.}$$

Cette éolienne est « donnée » pour 2 MW (2.10<sup>3</sup> kW)

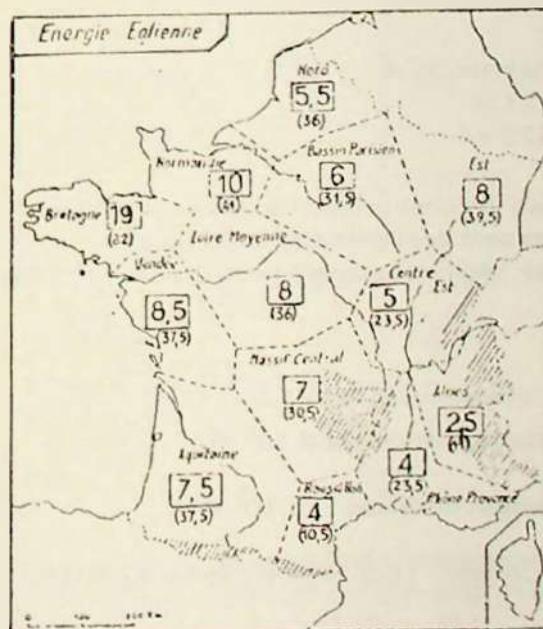
Une estimation rapide, sur la base de 2 000H de fonctionnement annuel à la puissance nominale donnerait une énergie annuelle de

$$E' = 2\,000 \times 2\,000 = 4.10^6 \text{ kWh}$$

La différence entre E et E' vient de ce que notre site breton n'est pas « moyen », mais exceptionnellement favorable !



Energie éolienne pour l'ensemble du territoire français  
 en milliers de kilowatt.heures par mètre carré (à 40 mètres de h)  
 la Bretagne est particulièrement bien placée



8,5 - Energie produisible en année moyenne en  
 milliards de kWh  
 (37,5) - Energie maximale brute en milliards de kWh  
 // // // - Altitudes supérieures à 1000m

évaluation par régions (Projet SERRA)  
 (Croquis : La Météorologie)

## 3 (2) — Les possibilités de la Bretagne

### a) Les projets existants

Un projet d'équipement éolien consiste en

- la définition d'une éolienne industrielle type,
- une répartition spatiale de ces éoliennes,
- un bilan

— **Le projet « SERRA »** (direction des études et recherches d'EDF), publié pour l'essentiel dans « la météorologie » en 1955.

— **éolienne type :**

caractéristiques : hauteur moyenne 40 m  
diamètre 50 m  
surface 2000 m<sup>2</sup>  
rendement 30 %  
espacement des machines 400 m  
espacement/diamètre:8  
densité maximale 6 U/Km<sup>2</sup>

— **répartition :** l'auteur envisage l'équipement de TOUTES les surfaces disponibles. Sont exclues : les zones boisées à plus de 25 %, les voies de communication, les surfaces bâties entourées d'un périmètre de production. Il rejette enfin 15 à 30 % des terres labourables.

— **bilan :** la production annuelle est estimée à  $19.10^9$  kWh, soit 4,2 MTEP. Ce chiffre constitue une bonne indication sur le maximum d'énergie d'origine éolienne que pourrait produire la Bretagne, au prix d'un suréquipement non souhaitable par ailleurs.

— **Le projet VADOT**, publié en 1959 dans « *La houille blanche* », n° 1 Janvier-février

— **éolienne type :**

caractéristiques : hauteur moyenne 35 m  
diamètre 27 m  
surface 570 m<sup>2</sup>

**répartition :** le projet suppose la construction d'éoliennes réparties sur deux lignes continues, à raison de 7 machines au km linéaire. Ces 2 lignes sont des lignes d'égale puissance annuelle disponible. La première va du Conquet à Paimpol, et porte 980 machines sur 140 km. La deuxième de Concarneau à Saint-Brieuc, et porte 1120 machines sur 160 km.

— **bilan :**

production de la ligne Le Conquet/Paimpol :  $9,8.10^8$  kWh

Concarneau-St-Brieuc :  $9.10^8$  kWh

Total des 2 lignes (2100 machines) :  $18,8.10^8$  kWh, soit 0,42 MTEP.

Malgré l'aspect arbitraire de la localisation des machines, accordons à ce projet le mérite d'imaginer une réalisation, et de fixer un nombre de machines nécessaires.

— **Le Projet Alter français, application à la Bretagne**

— **éolienne type :** elle est définie non par des caractéristiques géométriques, mais par la donnée d'une puissance nominale : 3 MW

Caractéristiques de quelques éoliennes moyennes ou grandes ayant fonctionné

SITE	CONSTRUCTEUR (Maître-d'œuvre)	DIAMÈTRE ET SENS DE MARCHÉ (*) (m)	PUISSANCE NOMINALE (kW)	VITESSE NOMINALE DU VENT (m/s)	TYPES DE PILES	EXEMPLE DE PRODUCTION
Algérie Grand-Vent .....	Andreu-Enfield (B.E.A. - E.G.A.)	24,4 AV	100	13	à calage variable et articulées	180 h
Allemagne Stötten .....	Studiengesellschaft Windkraft	34 AM	100	8	à calage variable en plastique	
Antilles La Barbade .....	Brace (Québec)	9,75 AM		10		irrigation de 4 ha
Danemark Bogo .....	Lykegaard Smith (S.E.A.S.)	13	45	5		80 MWh/an
Vester-Egesborg .. Gedser .....	— — — —	8,2 24,4	13 200	6		25 MWh/an 200 MWh/an
Grande-Bretagne Costa Head .....	John Brown Co	15,2 AV	100	15,6	en bois	avec groupe électrogène de 400 kW
(Orcales) Crandfield .....	Dowsett Holdings (U.K. Ministry)	12	25	11		85 MWh/an
(Bedfordshire) Ile de Man .....			100			
France St Rémy-des-landes (Manche) — —	Neyric (E.D.F.) — — —	21,2 AV 35 AV	132 1 000	12,5 17	plastique à calage variable	82 MWh/mois (déc. 1965) 200 MWh/mois (nov. 1963)
Nogent-le Roi .....	B.E.S.T.-ROMANI (E.D.F.)	30,2 AV	800	16,7	métallique à calage fixe	
(Eure-et-Loir) Sept-Iles .....	Aérowatt	9,2 AM	4,1	7	aluminium à calage variable	20 MWh/an (1973)
Le Bourget .....	C.E.M. (Darrius)	20 AV	12	6	tôles fixes	
U.R.S.S. Balaklava .....	Tz. A.G.I.	30 AM	100	10,5	métal léger	200 MWh/an (1933)
U.S.A. Granpa's Knob .....	Morgan Smith Co. (Putman)	53 AV	1 250	7,5	acier inox	360 MWh

(\*) AV signifie que l'hélice est à l'aval du moteur, AM qu'elle est placée en amont par rapport au vent.

En supposant que la machine tourne 2 000 h/an à sa puissance nominale, elle délivre une production annuelle de  $6 \cdot 10^6$  kWh.

Densité maximale : 12 unités au Km<sup>2</sup>.

— répartition : le projet SERRA attribue à la Bretagne une production annuelle de  $19 \cdot 10^9$  kWh pour l'ensemble de la France. En première approximation, on peut donc considérer que la Bretagne représente le cinquième des possibilités de la France dans le domaine éolien.

En appliquant ce coefficient aux données du Projet ALTER français, on obtient la répartition suivante :

570 unités « côtières » occupant 48 km<sup>2</sup>

330 unités « intérieures » occupant 30 km<sup>2</sup>

soit un total de 900 unités occupant 78 km<sup>2</sup>.

A ces unités « industrielles », il convient d'ajouter 60 000 unités « domestiques » de 5 kW de puissance nominale.

— **bilan** : l'ensemble (unités « industrielles ») et « domestiques » produirait 610 Kwh, soit 1,33 MTEP.

### — tentative de synthèse

Aucun des 3 projets que nous venons de présenter brièvement n'est satisfaisant à nos yeux.

Le projet SERRA implique un suréquipement que nous rejetons.

Le projet VADOT propose une répartition trop arbitraire des machines.

Les hypothèses du Projet ALTER français nous semblent en outre un peu contestables : la puissance de l'unité de base (3 MW) paraît un peu forte, ainsi qu'optimiste la densité retenue (12 unités/km<sup>2</sup> contre 6 pour le projet SERRA). Nous ne saurions nous satisfaire, en outre, de l'application du coefficient 1/5.

#### — éolienne type

Nous prendrons comme machine de base l'éolienne de 2 MW fonctionnant actuellement au Danemark.

caractéristiques : hauteur moyenne : 40 m  
diamètre : 60 m  
surface : 28.10<sup>3</sup>m<sup>2</sup>  
rendement : 50 %  
densité : 4 U/Km<sup>2</sup>

#### — répartition :

Compte tenu de la carte des énergies disponibles en Bretagne, nous distinguerons 2 zones principales :

une zone côtière : énergie disponible ..... 4.10<sup>3</sup> kWh/m<sup>2</sup>/an

une zone intérieure : énergie disponible ..... 2.10<sup>3</sup> kWh/m<sup>2</sup>/an

#### • zone côtière : elle comprend les sous-zones suivantes :

zone Nord : Cancale-Dol, Cap Fréhel-Erquy, Trégor, Léon-Ouessant.

zone Ouest : Presqu'île de Crozon, Douarnenez-Le Cap-Pays Bigouden.

zone Sud : Port-Louis-Quiberon, Groix-Belle-Ile, Piriac-La Turballe-Le Croisic, Pointe Saint-Gildas.

Nous retenons la répartition suivante :

- 800 éoliennes pour la zone Nord, soit, à raison de 4 éoliennes au km<sup>2</sup> : 200 km<sup>2</sup>.

*Exemple* : 20 km de côtes léonardes sur 5 km de profondeur + 50 km répartis sur le reste du littoral Nord, sur 2 km de profondeur.

- 200 éoliennes pour la zone Ouest, qui occupent 50 km<sup>2</sup>.

*Exemple* : 10 km sur 5 km entre Douarnenez et Loctudy.

- 200 éoliennes pour la zone Sud, soit 50 km<sup>2</sup>.

*Exemple* : 50 km sur 1 km entre Loctudy et Bourgneuf.

#### • zone intérieure : elle comprend les sous-zones suivantes :

Monts d'Arrée, Montagnes Noires, Mené, Landes de Lanvaux, Sillon de Bretagne.

- Répartition : \* 300 éoliennes pour les Monts d'Arrée (75 km<sup>2</sup>).
- \* 200 éoliennes pour les Montagnes Noires (50 km<sup>2</sup>).
- \* 100 éoliennes pour chacune des 3 autres zones (25 km<sup>2</sup>).

— **Bilan :**

Une éolienne située en zone littorale produit annuellement :  $4 \cdot 10^3 \times 2,8 \cdot 10^3 \times 0,5 = 56 \cdot 10^5$  kWh.

La production annuelle totale de la zone littorale (1200 éoliennes) est donc de  $56 \times 1200 \times 10^5 = 6,72$  TWh.

La même machine placée en zone intérieure produit annuellement :  $2 \cdot 10^3 \times 2,8 \cdot 10^3 \times 0,5 = 28 \cdot 10^5$  kWh.

La production annuelle de cette zone (800 éoliennes) est de  $28 \times 800 \times 10^5 = 2,24$  TWh.

Production totale des éoliennes « industrielles » : 8,96 TWh.

Il convient d'associer à cette production une production décentralisée obtenue par éoliennes de 5 kW (puissance nominale) à 2000 heures de fonctionnement par an.

En supposant qu'un logement (de type « habitat dispersé ») sur 50 soit équipable d'une éolienne de ce type, soit 10 000 éoliennes, on obtient une production complémentaire annuelle de 0,1 TWh.

Bilan total : 9,06 TWh, soit 2,01 MTEP.

### ***3. (3) Conclusion, quelques remarques.***

- la filière éolienne produit 2 MTEP d'électricité moyennant l'installation de 2 000 machines.

C'est une énergie relativement stable au cours de l'année si on se réfère aux moyennes mensuelles : si on prend en effet comme base 100 la moyenne annuelle du vent sous nos latitudes, on obtient 85 en juillet (mois le moins venté) pour 118 en janvier (mois le plus venté). Ce maximum hivernal est un atout supplémentaire pour l'énergie éolienne. A titre de comparaison, les débits mensuels du Rhône au Teil varient de 4322 m<sup>3</sup>/s à 407 m<sup>3</sup>/s soit de 100 à 10. L'énergie éolienne est donc plus stable au cours de l'année que l'énergie hydraulique.

Elle est en outre remarquablement stable d'une année sur l'autre. Les statistiques n'indiquent pas d'années plus ventées que d'autres, alors qu'il y a des années pluvieuses et des années sèches.

Il est clair toutefois que l'énergie éolienne manque de stabilité à l'échelle du jour, voire de la semaine. C'est sur ces courtes durées qu'une inertie est à rechercher.

- Nous avons assez fortement sollicité ce secteur. Une éolienne en fonctionnement n'a que peu d'impact sur l'écosystème, sa principale nuisance est d'ordre esthétique. Outre que la machine retenue n'est pas dépourvue d'une certaine « allure », nous devons penser que l'évacuation de l'énergie que produirait la centrale nucléaire de Plogoff nécessiterait la mise en place de plus de 2 000 pylones Haute Tension type « Beaubourg » de 37 à 61 m de hauteur.

— Ce schéma de production d'énergie éolienne néglige les centrales éoliennes « offshore ». Ce sont des plateformes ancrées sur le plateau continental et supportant des batteries d'éoliennes. Elles sont rapidement décrites par David RITTENHOUSE INGLIS (*Power from the ocean winds, Environment, vol. 20, n° 8*) et semblent prometteuses, mais ont fait jusqu'à présent l'objet d'études exclusivement théoriques.

Leur développement permettrait une extension considérable des possibilités de l'énergie éolienne (occupation du plateau continental).

## BIBLIOGRAPHIE (3)

BONNEFILLE R. Les réalisations d'EDF concernant l'énergie éolienne « *La houille blanche* », n° 1, 1975.

Délégation aux énergies nouvelles : L'énergie éolienne en bref. Publication d'EDF département Sites-Environnement-Information.

Ecologie, n° 11, décembre 1977, numéro spécial « *Energie éolienne* ».

SERRA L. Le vent en France et ses possibilités d'utilisation « *La météorologie* » 1955.

RITTENHOUSE INGLISS D. Power from ocean winds — Environment. Vol. 20, n° 8.

ROBERT P. L'énergie éolienne, la seule solution.

VADOT L. Ressources en énergie éolienne « *La houille blanche* », n° 1 1959.

VADOT L. La production d'énergie électrique par éoliennes « *La houille blanche* » n° 5 octobre 1958.

---

# 4. L'ENERGIE SOLAIRE DIRECTE

## (appliquée à la consommation des secteurs résidentiels et tertiaires)

Chaque type d'habitat pose des problèmes spécifiques en ce qui concerne l'utilisation directe de l'énergie solaire.

Rappelons la structure retenue de l'habitat en Bretagne pour les années 2000.

Habitat rural isolé ou en hameaux . . . . .	1,4 million habitants	460 000 logements.
Bourgs et villes moyennes . . . . .	1,1 million habitants	370 000 logements.
Villes importantes . . . . .	1,5 million habitants	500 000 logements

### 4. (1) Logement isolé, hameaux

Ceci concerne des logements groupés en ensembles inférieurs à 10 logements.

On peut considérer que la grande majorité (les trois-quarts) des logements de ce type peuvent être équipés d'un chauffage solaire couvrant, en Bretagne, 60 % de leurs besoins en énergie basse température (chauffage + eau chaude). Ces types de chauffage existent dès à présent (cf. « *Batiguide* » n° 19, mai-juin 1979). Les éléments essentiels de cette installation sont (pour notre logement type de 100 m<sup>2</sup>, 260 m<sup>3</sup>) : une surface de 30-50 m<sup>2</sup> de capteurs et une cuve de 3 à 5 m<sup>3</sup>. Les 40 % des besoins restants sont couverts par un mode de chauffage classique (combustible ou pompes à chaleur). Ce mode de production d'énergie produit donc 1 TEP par logement (sur les 1,7 TEP nécessaires). Compte tenu que 350 000 logements (sur 460 000) sont équipables de cette sorte, on obtient 0,35 MTEP pour l'ensemble breton. Restent 110 000 logements inadaptés (vallons ombragés, configuration particulière des locaux, etc.).

### 4. (2) Bourgs et villes moyennes

La solution de chauffage collectif. (Centrale solaire + stockage + distribution canalisée d'eau chaude) permet, grâce à l'inertie représentée par la cuve de stockage de couvrir 100 % des besoins des logements. En reprenant le chiffre de 50 m<sup>2</sup> de capteurs pour un logement, et en retenant le chiffre de 100 m<sup>3</sup> de stockage par habitant, on obtient pour une petite ville de 2 000 habitants, une installation composée de 3 hectares de capteurs solaires et d'une cuve de stockage souterraine de 200 000 m<sup>3</sup>.

Ces villes sont équipables dans leur quasi-totalité et représentent une population de 1,1 million d'habitants, soit 0,37 million de logements.

Chaque logement couvrant intégralement sa consommation BT (1,7 TEP), l'ensemble représente une production de  $0,37 \times 1,7 \cdot 10^6 = 0,63$  MTEP.

#### **4. (3) Villes importantes**

Le type de chauffage décrit ci-dessus, s'applique aisément aux quartiers périphériques, lotissements neufs d'une grande ville. On conçoit que cette formule soit malaisée à appliquer dans le cas des centres-villes (encombrement de l'espace, unité de style à respecter, etc.).

On supposera que le quart des logements de type « villes importantes » (soit 120 000 logements sur 500 000 logements) ne peuvent pas être chauffés par capteurs solaires.

Dans ces conditions, la production de ce secteur est de  $380\ 000 \times 1,7 = 0,65$  MTEP.

#### **4. (4) Tertiaire**

On suppose que les locaux tertiaires ont des caractéristiques voisines de celles des logements urbains et que les 3/4 de ces locaux peuvent être chauffés par capteurs.

La production globale de ce secteur serait donc de :

$0,55 \times 3/4 = 0,41$  MTEP.

#### **4. (5) Conclusion.**

La production totale du chauffage par capteurs solaires est donc de :

$0,35 + 0,63 + 0,65 + 0,41 = 2,04$  MTEP, ce qui représente la couverture de 71 % des besoins en énergie BT des secteurs résidentiels et tertiaires. Il est à noter que 230 000 logements (17 % du parc) et 24 millions de m<sup>3</sup> de locaux tertiaires sont considérés comme inadaptés à l'usage de l'énergie solaire.

#### **BIBLIOGRAPHIE**

"Batiguide", n° 19, « Le solaire ».

Carte IGN, 1979 : « La France solaire ».

"Le Moniteur", 30 octobre 1978 : « Le captage solaire dans la construction ».

"Le Moniteur", 30 avril 1979 : « Construire avec le climat ».

"Le Moniteur", 12 février 1979 : « La mise au point d'une centrale électrosolaire prototype de 300 kW ».





# 5. ENERGIE HYDRAULIQUE

Contrairement à beaucoup d'idées préconçues à ce sujet, les possibilités de production d'énergie électrique par l'équipement du réseau hydraulique breton semblent **très limitées**.

Les calculs qui suivent concernent les quatre départements de la région officielle. Le principal document utilisé pour ces calculs est en effet le « MEMENTO TECHNIQUE DE L'EAU » de la Région Bretagne (4 départements).

Le principe des calculs est le suivant :

On essaie de calculer l'énergie maximale disponible à partir des eaux de ruissellement. Ceci est évidemment une hypothèse d'école, compte tenu du fait que chaque cours d'eau est loin d'être équipable à son maximum de production.

Pour chaque département, on considère la superficie de l'ensemble des bassins versants, associée à un module spécifique moyen pour le département. Le module spécifique traduit la productivité en l/s/km<sup>2</sup> d'un bassin versant. (Voir p. 36 (année pluvieuse) et p. 39 (année sèche). Ce module varie en particulier en fonction de la nature du sous-sol et de la pluviosité de l'année ( p. 37 ).

Un premier calcul nous donne par département le débit moyen annuel arrivant à la mer.

Département	Nbre bassins vers.	Superf. totale	Mod. spécif.	Débit total
Finistère . . . . .	30	4 755 km <sup>2</sup>	12 l/s/km <sup>2</sup>	57 m <sup>3</sup> /s
Côtes-du-Nord . . . . .	14	3 884 km <sup>2</sup>	7 l/s/km <sup>2</sup>	27 m <sup>3</sup> /s
Morbihan . . . . .	15	6 592 km <sup>2</sup>	8 l/s/km <sup>2</sup>	53 m <sup>3</sup> /s
Ille-et-Vilaine . . . . .	27	9 721 km <sup>2</sup>	5 l/s/km <sup>2</sup>	49 m <sup>3</sup> /s

Débit total : 186 m<sup>3</sup>/s.

Pour déterminer l'énergie disponible, on formule les hypothèses suivantes :

- 1 — Pente constante.
- 2 — Le débit de la rivière est une fonction linéaire de l'éloignement du sommet.

On disposerait d'une énergie de 0,815 TWh soit 0,18 MTEP.

**Conclusion** : Le chiffre obtenu (0,18 MTEP ou 0,22 MTEP en extrapolant aux 5 départements) est à comparer aux résultats obtenus pour les autres secteurs de production. Compte tenu également du fait que le chiffre annoncé est un **maximum inaccessible**, on peut dire que l'énergie hydraulique ne saurait jouer qu'un rôle marginal en Bretagne.

Ce qui ne signifie pas qu'il faille négliger son utilisation spécifique (agglomération en bordure de rivière, usage individuel, utilisation pendant la période des crues hivernales où les débits peuvent être de 10 à 100 fois supérieurs aux débits moyens, etc.).

En conclusion, nous attribuerons à l'énergie hydraulique le chiffre symbolique de 0,01 MTEP de production annuelle.





# 1985 : COMMENT LES FRANÇAIS SE SONT PASSE DU NUCLEAIRE

## **ANNEXE 3**

### **Energies nouvelles**

### **et création d'emplois**

*Ce texte de Michel BOSQUET que nous publions avec son accord, ainsi qu'avec l'aimable autorisation de la rédaction du SAUVAGE (dans lequel il est paru en mai 1979), illustre clairement les possibilités considérables de développement de l'emploi que présenterait le renoncement au nucléaire.*

*Si l'on se place dans une perspective délibérée d'économies d'énergie et de mise en œuvre des énergies renouvelables, dont le "solaire" agricole, ce sont en Bretagne :*

- 20 000 emplois à créer immédiatement dans les entreprises thermiques (isolation),*
- 2 000 emplois de techniciens pour l'industrie et le tertiaire,*
- 13 000 emplois de travailleurs du bois d'ici dix ans, etc.*

*Ces chiffres se passent de commentaire.*

*Le talent de Michel Bosquet nous fait comprendre très concrètement les possibilités offertes... le jour où l'on décide enfin de se passer du nucléaire.*

---

---

# 1985 : COMMENT LES FRANÇAIS SE SONT PASSÉ DU NUCLEAIRE

PAR MICHEL BOSQUET

*Le 10 janvier 1980, la population se prononce pour l'arrêt immédiat du programme nucléaire.*

*Le 15 janvier entre en vigueur un programme d'urgence. Cinq ans plus tard...*

**L**E gouvernement français n'a pas perdu de temps. A Harrisburg, trois jours après le début de l'accident, on ne savait pas encore si on parviendrait à éviter la fusion du cœur. A Paris, André Giraud, ministre de l'Industrie, savait déjà qu'elle était impossible.

A Harrisburg, cinq jours après le début de l'accident, on ne savait pas s'il fallait préparer l'évacuation de 15 000, 50 000 ou 950 000 personnes ; on savait seulement que si on attendait plus longtemps, l'évacuation dans les délais nécessaires deviendrait impossible. On incitait donc les gens à partir «spontanément» et par vagues successives. Mais André Giraud, lui, savait. Il savait que ces départs étaient inutiles. Il déclara au Parlement qu'il «ne comprenait pas» et qu'il fallait y voir «un manque d'information et d'éducation» des populations. Les Français, eux, seraient informés et éduqués de manière à crever sur place. La preuve : le programme nucléaire français, dont aucun député, déclare Giraud, «n'a contesté la nécessité absolue», va être accéléré.

Douze jours après le début de l'accident de Harrisburg, Raymond Barre visite, au Tricastin, le complexe Eurodif, future usine d'enrichissement de l'uranium, qui, à partir de 1981, doit fournir de quoi alimenter cent réacteurs de 1 000 Mw. Barre dit : «*Quel est le choix qui s'offre aux Français ? Ou bien nous réussissons à substituer certaines formes d'énergie à d'autres et à économiser l'énergie. Ou bien nous prenons des mesures de rationnement énergétique et de réduction de notre activité économique, c'est-à-dire, finalement, de recul de notre niveau de vie.*» C'est à prendre ou à laisser : ou vous acceptez le nucléaire tel qu'il est, ou vous serez chômeurs et misérables.

*Les Echos*, qui consacrent une page entière au voyage de Barre, ont tout compris. Leur commentaire a pour titre : «*Tricastin : la voie du non-retour*». On y apprend que puisque Eurodif va produire du combustible nucléaire, il faut des centrales qui le consomment. Je cite : «*Un arrêt de la construction de centrales priverait Eurodif de débouchés, alors qu'elle a coûté une fortune. Ce qui est impensable.*» Avec des raisonnements pareils, il ne reste qu'à rouvrir les abattoirs de la Villette et à remettre à flots le paquebot «*France*».

*Les Echos* poursuivent : «*Toutes les propositions des écologistes vantant les charmes des énergies de substitution ont un grand défaut : ces énergies ne pourront prendre un relais valable que dans une vingtaine d'années au plus tôt, pour des raisons à la fois scientifiques, économiques et matérielles. Quant aux économies d'énergie, tant préconisées, l'expérience montre abondamment (sic) à quel point des progrès vraiment tangibles sont difficiles à réaliser, à moins qu'on ne veuille imposer des contraintes rigoureuses qui seraient l'abnégation (sic) de tout confort et entraîneraient, de surcroît, un chômage considérable.*»

Tous les lieux communs martelés inlassablement par la propagande officielle sont résumés dans ces deux phrases de Ralph Back. Il ne faut pas les prendre à la légère : le gouvernement a compris que l'inquiétude provoquée par l'accident de Harrisburg ne peut être combattue qu'en orchestrant une inquiétude plus grande encore. Il orchestre donc la peur de manquer. Il insinue que les Arabes vont nous couper le pétrole. E.D.F. diffuse un scénario de politique-fiction qui part de cette hypothèse. On ajoute que, de toutes façons, le pétrole est en voie d'épuisement. Vous devez comprendre qu'il y a urgence, que nous sommes acculés : le nucléaire ou le néant.

La première chose à faire, c'est d'opposer

une résistance informée à cette organisation de la panique. Nous verrons tout à l'heure ce qui peut être fait, et dans quel délai, en matière de lutte contre les gaspillages et pour les énergies nouvelles. Mais avant tout, il faut savoir que nous ne sommes pas au bord du gouffre. La pénurie n'est pas si imminente qu'il nous faille accepter n'importe quoi, quel qu'en soit le coût politique, sous peine de catastrophes épouvantables. Nous pouvons prendre le temps de réfléchir. Car l'épuisement des combustibles classiques n'est pas pour demain.

## Nouveau pétrole

Voyez plutôt : selon l'enquête Delphi faite, en septembre 1977, par le président de l'Institut français du pétrole auprès d'une trentaine d'experts réunis à la Conférence mondiale de l'énergie, il reste encore entre 170 et 950 milliards de tonnes de pétrole à produire. Au rythme d'extraction actuel, cela fait du pétrole pour 60 à 320 années. Outre ce pétrole conventionnel, à moins de vingt dollars le baril, il y a le gaz, les huiles lourdes et les schistes. Les ressources de gaz sont du même ordre que celles de pétrole conventionnel : soit 216 à 236 milliards de tonnes d'équivalent-pétrole (tep), à moins de vingt dollars le baril. Selon les experts internationaux, le gaz peut prendre le relais du pétrole quand la production de celui-ci commencerait à décroître, vers 1990 (1).

Les huiles lourdes, elles, deviennent rentables à extraire à mesure que le prix du pétrole conventionnel monte. Le gisement de l'Orénoque, à lui seul, contient entre cent milliards et trois cent milliards de tonnes (dont 15 à 40 % sont récupérables) ; celui du Canada cent milliards de tonnes, celui d'Olenek, en Sibérie, environ cent milliards de tonnes, etc. Selon des documents d'Exxon cités par l'un des meilleurs experts américains, Lawrence Goldmuntz,

(1) Voir à ce sujet Michel Grenon, *La Pomme nucléaire et l'orange solaire*, Laffont. L'auteur est un des meilleurs experts indépendants d'Europe.

le prix de revient de l'huile lourde du bassin de l'Orénoque, au Venezuela, serait de 9 dollars 43, raffinage, purification et amortissements compris. L'exploitation, selon Goldmuntz, pourrait commencer sans délai, les techniques étant au point (2).

Il ne s'agit pas, à la lumière de ces faits, de refuser le tout-nucléaire en faveur du tout-pétrole. Il s'agit seulement de refuser la société du plutonium dans laquelle cherchent à nous engager irréversiblement les nucléocrates, sous prétexte que seul l'atome peut nous faire passer le cap difficile des dix à quinze prochaines années. Car la vérité est tout autre : les disponibilités de combustibles fossiles sont une question non de ressources physiques, mais de prix. Plus ce prix est élevé, plus ils sont abondants. Le pétrole n'est pas cher parce qu'il est rare mais parce que la recherche et l'exploitation du « nouveau pétrole » ne peuvent être financées que si le pétrole conventionnel laisse aux compagnies des bénéfices énormes.

Après le pétrole, il n'y aura pas le nucléaire. Il y aura d'abord, encore, le pétrole. Ce nouveau pétrole nous fera entrer dans une courte période transitoire d'énergie abondante mais chère, abondante *parce que chère*. Tant mieux : cela nous obligera à apprendre à mieux gérer les ressources, à les utiliser à bon escient et de façon rationnelle. Cela nous servira d'apprentissage pour l'étape suivante : l'ère où l'énergie solaire sera bon marché *parce que nous en serons économes*. Ce sera cela, l'ère solaire.

C'est la transition à cette ère, et cette ère elle-même, que les nucléocrates refusent : ces nostalgiques s'accrochent au rêve suranné de l'énergie bon marché et profuse. Ils refusent, eux, la vraie modernité, celle qui, grâce à la diffusion d'une information supérieure, parvient à faire plus et mieux avec moins. Ils refusent de savoir que les Suisses consomment par tête moins d'énergie que les Français. Ils ne peuvent imaginer l'avenir que sur le modèle du passé, comme une croissance continue de la consommation d'énergie, assurée non plus par le pétrole mais par le nucléaire. Et ils refusent de savoir que, même à vingt dollars la tonne, le pétrole restera nettement moins cher que l'électricité nucléaire partout où l'on n'a besoin que de chauffage (3). Ce n'est pas un attentat contre « notre niveau de vie », cela ? Engloutir trente milliards par an, en régime de croissance, dans des centrales peu fiables, vulnérables, qui peuvent être mises hors circuit par un plasticage de pylône, voire par un cerf-volant mettant sa queue en travers d'un couloir de lignes ?

(2) Voir le *New York Herald Tribune* du 13 mars 1979.

(3) Cf. l'ouvrage de M.E.J.E., « *Alternatives au nucléaire* », Presses Universitaires de Grenoble, 1975.

LES mastodontes nucléaires sont des survivants d'un autre âge. Le réalisme et le sens de l'avenir sont du côté des antinucléaires. Cet avenir ne commencera pas dans une vingtaine d'années. Il peut commencer tout de suite, sans sacrifices héroïques ni chômage aggravé — tout au contraire.

Voici un scénario possible. Les faits et chiffres sont réels. Seul le crédit est fictif. Par référendum, après un débat de deux mois, les Français décident l'arrêt immédiat du programme nucléaire. Le vote a lieu le 10 janvier. Le programme d'urgence, affiné tout au long de la campagne référendaire, entre en vigueur le 15. A dater de ce jour, il ne sera plus construit de logement à chauffage électrique. La fabrication et l'importation des chauffages électriques d'appoint sont interdites. La fabrication de cuisinières électriques est soumise à des règles nouvelles, dont il sera question plus loin.

30 janvier. Conformément au programme, toutes les agences E.D.F.-G.D.F. ouvrent une exposition permanente sur le thème : « *Economiser sans se priver* ». Des panneaux isolants aux bouches d'aération avec récupérateurs de chaleur, tous les matériaux et matériels sont exposés, avec indication des performances et des prix. Ils sont exonérés de la T.V.A. La même exonération s'applique aux travaux d'isolation eux-mêmes. Objectif officiel : l'hiver prochain, chaque logement, bureau, magasin, atelier construit avant 1975 consommera 10 % d'énergie en moins pour son chauffage. Economie totale : cinq millions de tonnes d'équivalent-pétrole (tep). Durant chacune des trois années suivantes, une économie supplémentaire de 10 % sera réalisée.

Il n'y aura ni rationnement ni restrictions, mais des incitations et des pénalisations. Incitations : chaque logement, commerce, bureau, atelier a droit à 10 000 F de crédit par unité d'équivalent-logement. Ce crédit, à intérêt bonifié (6,5 % par an), sera remboursé grâce aux économies d'énergie réalisées. Tout emprunteur s'engage à réduire sa consommation de chaleur de 20 % en trois ans. En fait, les emprunteurs seront bénéficiaires dès avant la troisième année ; car en raison de la hausse des prix de l'énergie, les économies que leur procure leur emprunt dépassent rapidement les annuités de remboursement de celui-ci.

Ceux qui, au bout de quatre ans, n'auront pas fait pour réduire leur consommation de chaleur paieront une surtaxe communale. Celle-ci leur coûtera aussi cher que

le remboursement des travaux d'isolation qu'ils ont omis de faire entreprendre. Voilà pour le cadre légal.

L'organisation matérielle, maintenant. Combien de temps faut-il, en temps de guerre, pour convertir les fabriques de conserves en fabriques de munitions, les usines d'automobiles en arsenaux, les fabriques de réfrigérateurs en fabriques d'avions, les travailleurs en soldats ? Combien de temps faut-il, en temps de paix, pour faire de l'isolation thermique ? Tout peut aller très vite. Mais sans contrainte.

Au niveau industriel, pas de problème : la crise du bâtiment laisse inemployées d'importantes capacités de production. Le goulot, c'est la main-d'œuvre. On va la chercher où elle se trouve : chez les chômeurs. Tous ceux et toutes celles qui s'inscriront pour un stage-formation de trois mois dans les travaux d'isolation toucheront un petit salaire pendant leur apprentissage. Les stages-formation ont lieu dans toutes les communes de plus de 1 500 habitants, dans les locaux d'E.D.F.-G.D.F., des mairies, des Maisons de Jeunes, etc.

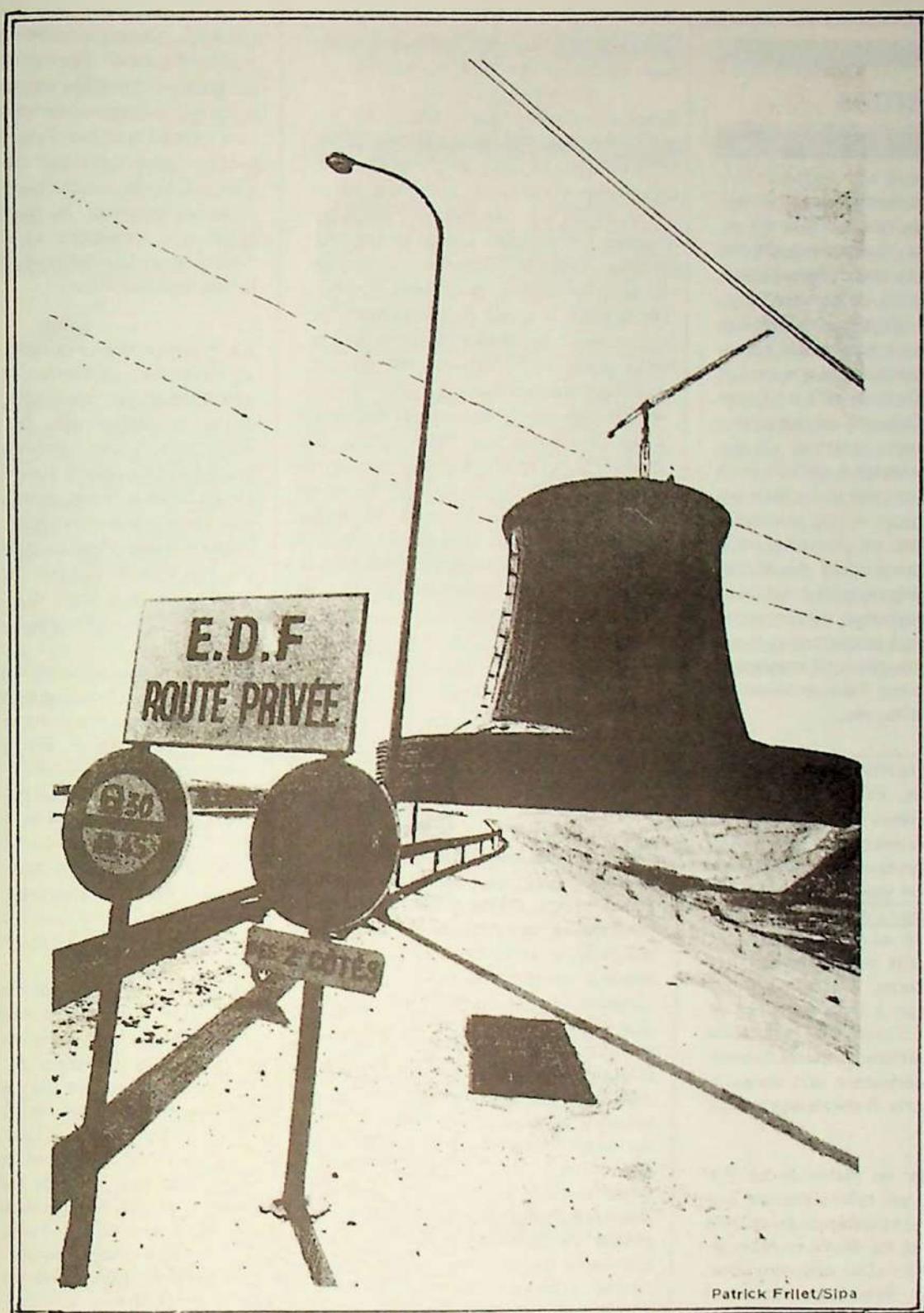
Avant même d'avoir achevé leur apprentissage, les stagiaires sont incités à se faire formateurs : trois soirées par semaine, les écoles resteront ouvertes pour des débats avec la population, des démonstrations pratiques, des échanges d'expérience entre citoyens et stagiaires. C'est dans ces soirées que ceux-ci apprendront des trucs particulièrement précieux.

Au moins 300 000 emplois sont à créer dans l'isolation. En plus, il faut au moins 30 000 thermiciens pour l'industrie et le tertiaire (x)

Sans attendre que les lycées scientifiques et techniques, les I.U.T., les universités en fournissent, on va proposer des stages-formation accélérés, de six mois, payés au salaire plein, aux cadres en chômage quel que soit leur âge, qui ont déjà une formation technique, ainsi qu'aux licenciés ès sciences et bacheliers sans travail. Objectif : 10 % d'économie d'énergie par an, pendant quatre ans, dans l'industrie et le tertiaire. Document de base : l'expérience réussie de la Migros suisse, exposée dans le « *Plan suisse d'économie d'énergie* » (Institut Gottlieb Duttweiler, Rüschlikon (Zurich)). Economie à réaliser durant la première année : six à sept millions de tep, y compris les économies dues au recyclage.

Celui-ci fait l'objet d'une grande campagne dès le 20 février. Des affiches montrent des bouteilles à moitié emplies de pétrole que de vilaines mains jettent dans les décharges. Légende : « *Pour fabriquer une bouteille de verte d'un litre, il faut un demi-litre de pétrole* ». Or chaque ménage jette annuellement une moyenne de 250 bouteilles. Chaque ménage jette, par an,

(x) Souligné par nous (P.A.B)



Patrick Frilet/Sipa

160 kilos de papier qui «valent» 100 litres de pétrole. En récupérant ou recyclant le verre, le papier, le PVC, l'aluminium, nous gagnerons 250 litres de fuel par ménage, soit quatre millions de tonnes de pétrole par an pour la France entière. Et nous aurons, en plus, fait le tri entre ce qui, dans nos ordures, est biodégradable et ce qui ne l'est pas. Les ordures d'origine biologique, ainsi que les eaux usées des villes, pourront alors servir à la production d'engrais de méthane ou de granulats dans de grands digesteurs (système Bertin, système Daniel Loas). Encore cinq millions de tep de gagnés, sans parler des avantages annexes (les rivières ne seront plus polluées par les égouts et les nitrates).

Objectifs fixés par le programme : deux ans pour généraliser la récupération et le recyclage, sept ans pour valoriser les ordures et eaux usées dans toute la France. Voilà, pour les industries du bâtiment et de la chaudronnerie, des plus petites aux plus grandes, du travail qui relâiera avantageusement celui que leur procurait le nucléaire.

La valorisation énergétique des déchets agricoles, elle, fait l'objet d'un programme décennal : deux ans pour achever le développement, déjà commencé par l'I.N.R.A., d'un procédé perfectionné

de biométhanisation des pailles, lisiers et fumiers ; puis sept ans pour répartir sur tout le territoire des centrales coopératives de biométhane auxquelles les agriculteurs apporteront leurs déchets dans un rayon maximum de neuf kilomètres. Revenu d'appoint pour les paysans : 800 F par an et par hectare. Apport énergétique pour la France entière : dix millions de tep, plus l'engrais organique.

## Bûcherons

Un plan analogue est lancé pour la valorisation énergétique de dix millions d'hectares de taillis. Leur rendement moyen en 1978 n'était que de deux tonnes anhydres par hectare. A titre de comparaison, le rendement moyen de la forêt canadienne est de cinq tonnes anhydres par hectare. Rendement des plantations d'aulnes et de peupliers dans l'Ontario : 25 à 54 tonnes anhydres (4). Objectif raisonnable : doubler les rendements français, de dix ans en dix ans, de manière à obtenir seize millions de tep de biomasse la dixième année, trente-deux millions de tep la vingtième année. Tout, dans ce domaine, est à faire : former des forestiers et des bûcherons, construire les broyeur qui réduisent les branchages en copeaux, fabriquer les fours et distilleries qui assureront la pyrolyse du bois, la production de méthanol, celle de granulats pour l'alimentation de chaudières industrielles, etc.

Y arrivera-t-on en dix ans ? «Pari dément», disent les opposants. «Vous pensiez bien construire Super-Phénix en huit ans, leur répond-on. Nous, au moins, ne faisons pas appel qu'à des techniques éprouvées». Le vrai problème est de trouver les 200 000 travailleurs du bois qui s'activeront surtout l'hiver. On fera appel aux agriculteurs, aux écoliers, aux conscrits qui préfèrent la forêt à la vie de caserne, à tous ceux qui veulent prendre deux à trois semaines de congé (bien) payé en hiver. Dès la dixième année, le «plan méthanol» devra fournir les deux tiers du carburant que consomment les transports français après leur remise en ordre (5).

Celle-ci est confiée au maire de La Rochelle. Il adresse un mémorandum aux maires de toutes les communes de plus de 30 000 habitants et les réunit en états-généraux sur le thème : «Des rues pour vivre, non pour rouler». Principales décisions des maires : les communes vont passer une commande groupée pour 900 000 minibus de douze places, à livrer en quatre ans. A mesure que les minibus seront mis en circulation, les voitures particulières seront bannies des quartiers desservis. Sur les grands axes, les minibus s'arrêteront à la demande. On y montera pour un prix forfaitaire. Les transports collectifs urbains anciens modèle seront gratuits.

La cinquième année, les moteurs à essence des minibus seront progressivement remplacés par des moteurs à méthanol,

(4) Communication de l'Attaché scientifique près l'Ambassade de France à Ottawa.

(5) Actuellement, les transports routiers consomment 22 millions de tep.

non polluants, appelés à équiper également les cyclomoteurs et les voitures.

Grâce aux seules mesures énumérées jusqu'ici, les importations françaises de pétrole baissent au bout de dix ans de près de soixante-dix millions de tonnes par an — soit de 60 % —, résultat qu'il aurait été impossible d'atteindre avec le défunt programme nucléaire. Quatorze millions de tep supplémentaires deviennent disponibles la sixième année du programme. Ils proviennent pour moitié des installations hydrauliques au fil de l'eau, de l'équipement des chutes d'eau d'intérêt local ; pour moitié, des terrils du Nord, riches en déchets de charbon pour l'exploitation desquels E.D.F. fait construire quatre centrales thermiques à production combinée d'électricité et d'eau chaude (à 110 degrés). Pendant vingt ans, elles fourniront à la France 10 % de son électricité tout en alimentant des chauffages urbains pour six millions de personnes.

**E**T le niveau de vie dans tout cela ? Les Français travaillent moins travaillent tous ; ils consomment globalement moins mais vivent mieux, même en ce qui concerne le «confort domestique». Le programme décennal, en effet, a retenu les principales mesures recommandées dans l'étude de Jørgen Nørgaard, du Laboratoire de Physique III de l'Université technique du Danemark à Lyngby : isolation renforcée des réfrigérateurs et congélateurs ; raccordement des machines à laver le linge et la vaisselle au circuit d'eau chaude (solaire ou non) ; transistorisation intégrale des téléviseurs ; plongeur électrique pour chauffer l'eau et autocuiseurs à double paroi à fournir obligatoirement avec toute plaque de cuisson, etc. Grâce à quoi le summum du confort (électrique) exige moins d'énergie qu'en consomme la moyenne des ménages français en 1978.

Au début de la sixième année du programme éclate une grande controverse. Opposant les partisans de l'électricité solaire à ceux de la chaleur solaire, elle renvoie à deux choix de société distincts. Durant les cinq premières années du programme, en effet, la priorité a été donnée à l'élimination des gaspillages et à la valorisation des biomasses. L'utilisation directe de l'énergie solaire s'est limitée aux chauffages et chauffe-eau solaires dont la production, très décentralisée, souvent en régie municipale, vient de passer le cap du million d'installations.

Or tout le monde est d'accord que le chauffage solaire intégral suppose le

stockage intersaisonnier de la chaleur accumulée l'été. Faut-il donc construire de grandes centrales de chauffage, avec stockage souterrain de centaines de milliers de mètres cubes d'eau chaude alimentant de grands réseaux de chauffage urbain ? C'est la solution préconisée par les ci-devant partisans du nucléaire. Elle fait appel aux industries et aux techniques classiques de la sidérurgie, du bâtiment, de la thermodynamique.

La majorité des ci-devant antinucléaires, en revanche, préconise la politique du «tout-électrique, tout solaire». Elle accuse les ex-nucléocrates de n'avoir jamais voulu admettre la révolution des photopiles qui met l'autarcie énergétique à la portée de chaque maisonnée, village ou quartier. Les nucléocrates ont toujours «prévu» pour les photopiles des prix au moins quatre fois plus élevés que les prix-objectifs américains : soit environ 10 000 F le kilowatt en 1985, au lieu de 2 200 F.

Or trois firmes américaines ont tenu leur pari : la Solar Company, les Bell Laboratories et Solarex ont annoncé pour 1983 un prix de 2 300 F. En 1985, le kilowatt solaire tombe à 1 300 F. Il est déjà certain que la production américaine de photopiles dépassera l'objectif (officiellement fixé en 1975) des 50 000 Mw par an (l'équivalent de 50 tranches nucléaires) en l'an 2000, à 430 F le kilowatt — soit même pas 9 % du prix du kilowatt nucléaire, réseau de transport et de distribution compris (6).

Bien sûr, les deux sources d'énergie ne sont pas directement comparables : un kilowatt de photopiles peut fournir, en France, une moyenne de 1 500 à 2 000 kilowatts-heure par an, alors que le nucléaire en fournirait trois fois plus. Au prix des photopiles, il faut, en outre, ajouter celui des circuits et de la régulation, mais leur prix est très bas (une centaine de francs par Kw) dans les photopiles à silicium amorphe. Il reste le stockage de l'électricité, indispensable et cher : 600 F le Kw/h en 1985, dans les accumulateurs sodium-soufre.

Malgré cela, ajoutent les partisans du «tout-électrique, tout solaire», faites le compte : pour moins de 60 000 F, vous pouvez, en 1985, vous installer un système énergétique qui — avec ses 20 Kw de puissance-crête et ses 500 Kw/h de capacité de stockage — fournit à un ménage de quatre à cinq personnes toute son énergie, chauffage compris, gratuitement, pendant trente ans ou plus. Savez-vous combien il faudrait dépenser, par ménage, pour obtenir les mêmes services grâce à

(6) Tous les faits et chiffres cités dans ces deux paragraphes sont conformes au programme de l'ERDA ou aux prévisions de firmes en avance sur ce programme.

des centrales électriques ? Pas moins de 56 000 F, y compris le coût du réseau mais non pas celui des combustibles, du personnel, de l'abonnement E.D.F.

L'électro-solaire est donc compétitif dès 1985. Avant l'an 2000, son coût diminuera encore de moitié, en particulier grâce au stockage de l'électricité sous forme d'hydrogène et de piles à hydrogène.



Les nouveaux partisans du «tout-électrique» voient dans les photopiles l'outil par excellence de la société autogérée, libérée du règne de la marchandise et des rapports de domination. Ils accusent les partisans des réseaux de chauffage, des parcs de stockage et des centrales thermosolaires d'avoir, selon l'expression de Christian Garnier, une passion incorrigible pour «l'élevage des mammoths» : c'est-à-dire pour ce qui est grand, écrasant, générateur de dépendance d'un côté, de puissance de l'autre.

## Ligne Maginot

La polémique se prolonge et s'envenime. Quand les défenseurs du «tout-électrique» sont accusés d'être «vendus aux Américains» et de vouloir à tout prix imposer une technologie «made in U.S.A.», des alliés inattendus se portent à leur secours : ce sont deux firmes industrielles très respectables. Elles révèlent que deux des trois technologies «américaines» les plus compétitives ont, en fait, été développées en France, en tout ou en partie. Parce qu'elle était, en raison de vieilles inimitiés quasi-familiales, systématiquement pénalisée par la technocratie française, la C.G.E. s'est, au printemps 1979, associée avec des partenaires américains dans deux domaines où les laboratoires de Marcoussis ont plusieurs années d'avance : les accumulateurs et l'électrolyse de l'eau. Leroy-Somer, d'autre part, s'est, la même année, associée avec Solarex (40 % du marché

(7) Il s'agit de faits réels, non fictifs.

américain de photopiles) au sein d'une filiale commune (7)

«Nous sommes obligés de travailler pour le marché américain, disent, dans leur communiqué, des ingénieurs des deux firmes, parce que personne, en France, ne prend nos technologies au sérieux. On nous traite d'utopistes, de futuristes, de rêveurs. Sans le marché américain, nous n'aurions pu conserver notre avance technique, nos équipes de recherche, notre potentiel de production. L'avenir nous donnera raison. Si ceux qui dirigent la France préfèrent l'enfermer dans le passé et la ceinturer d'une ligne Maginot technologique, ils l'entraîneront dans le désastre. On se souviendra de nous à l'heure de la reconstruction. Nous serons disponibles». Ce communiqué, peut-être en raison de son style rétro, a le don d'émouvoir le Parlement. Celui-ci demande un référendum sur les options technologiques, précédé de deux mois de débats et d'auditions publiques. Tout le pays va entrer en effervescence. Ce sera une lutte serrée.

M B

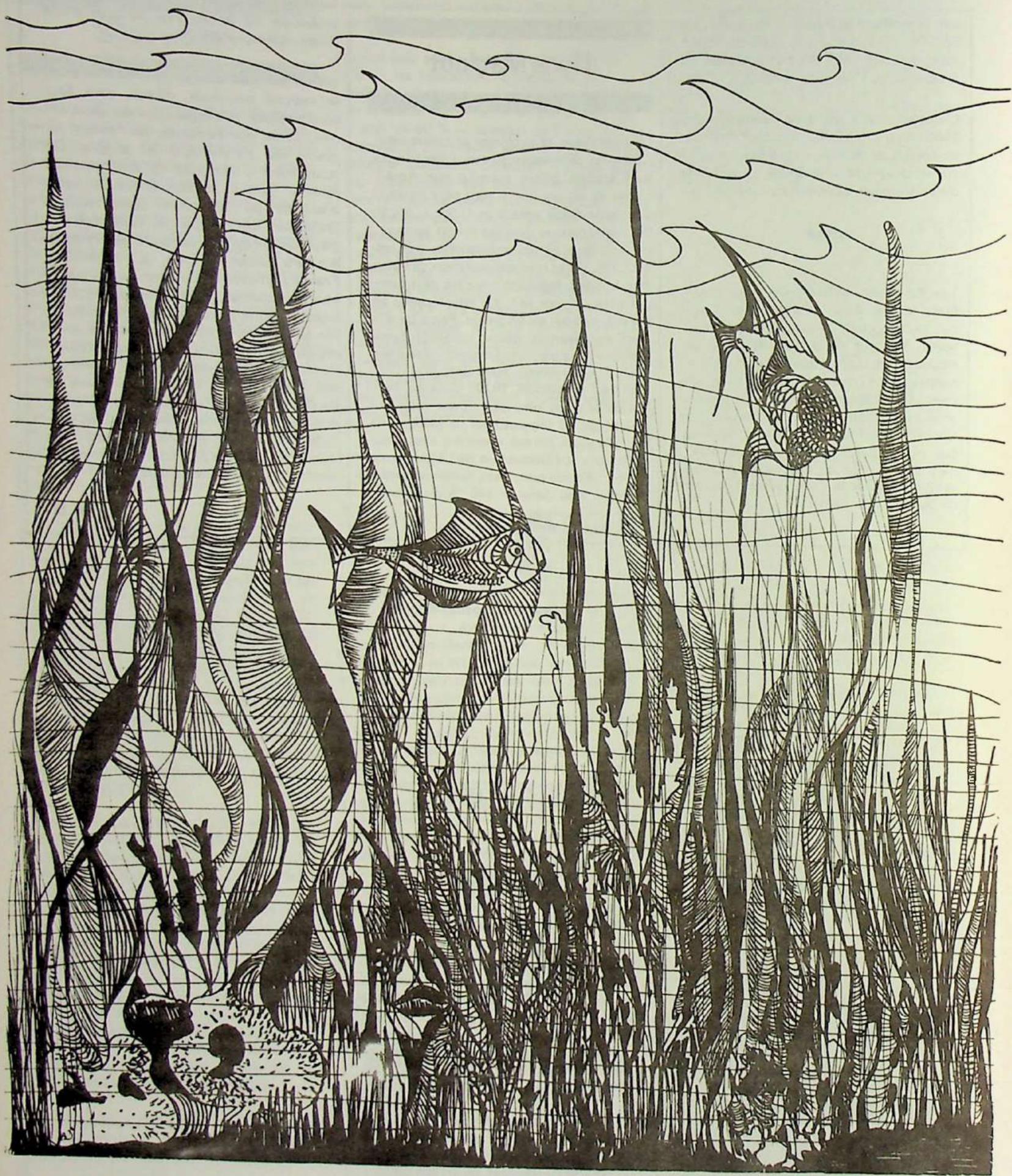
Le Sauvage — mai 1979

### THE EIGHTIES...



Should the world be running out of energy?

(publicité d'un journal américain)



**ni pétrole,**

**ni nucléaire**

« La Bretagne est pauvre... » : c'est que l'on nous dit.  
« Elle n'a pas d'énergie, elle n'a pas d'industrie. »

PARIS, il est vrai regorge de pétrole !?

« La Bretagne doit accepter le nucléaire ». C'est sa dernière chance de recueillir quelques miettes de la « croissance », avant sa marginalisation définitive dans l'Europe d'aujourd'hui.

Ces deux affirmations de l'idéologie officielle sont absurdes.

Si l'on considère en effet la seule énergie récupérable à partir de l'agriculture, à partir de la biomasse agricole, le potentiel disponible est deux fois supérieur à nos besoins actuels. Notre potentiel éolien est considérable, la mer est un réservoir à notre portée. En vérité la Bretagne regorge

d'énergies, d'énergies indéfiniment renouvelables ! Mais leur exploitation est liée à un autre modèle de développement, à un autre type de société, qui se préoccupe de vivre autrement, de mettre en valeur nos ressources naturelles, une société qui mette fin à l'idéologie de la dépendance.

C'est dans cette perspective que nous nous situons :

— Nous refusons la solution nucléaire, non seulement en raison des risques qu'elle fait courir à l'humanité, mais aussi parce qu'elle renforce un système économique et politique centralisé ;

— Nous proposons une solution ALTERNATIVE, basée sur les énergies indéfiniment renouvelables, compatible avec un autre modèle de développement, avec une société autogestionnaire et écologique.

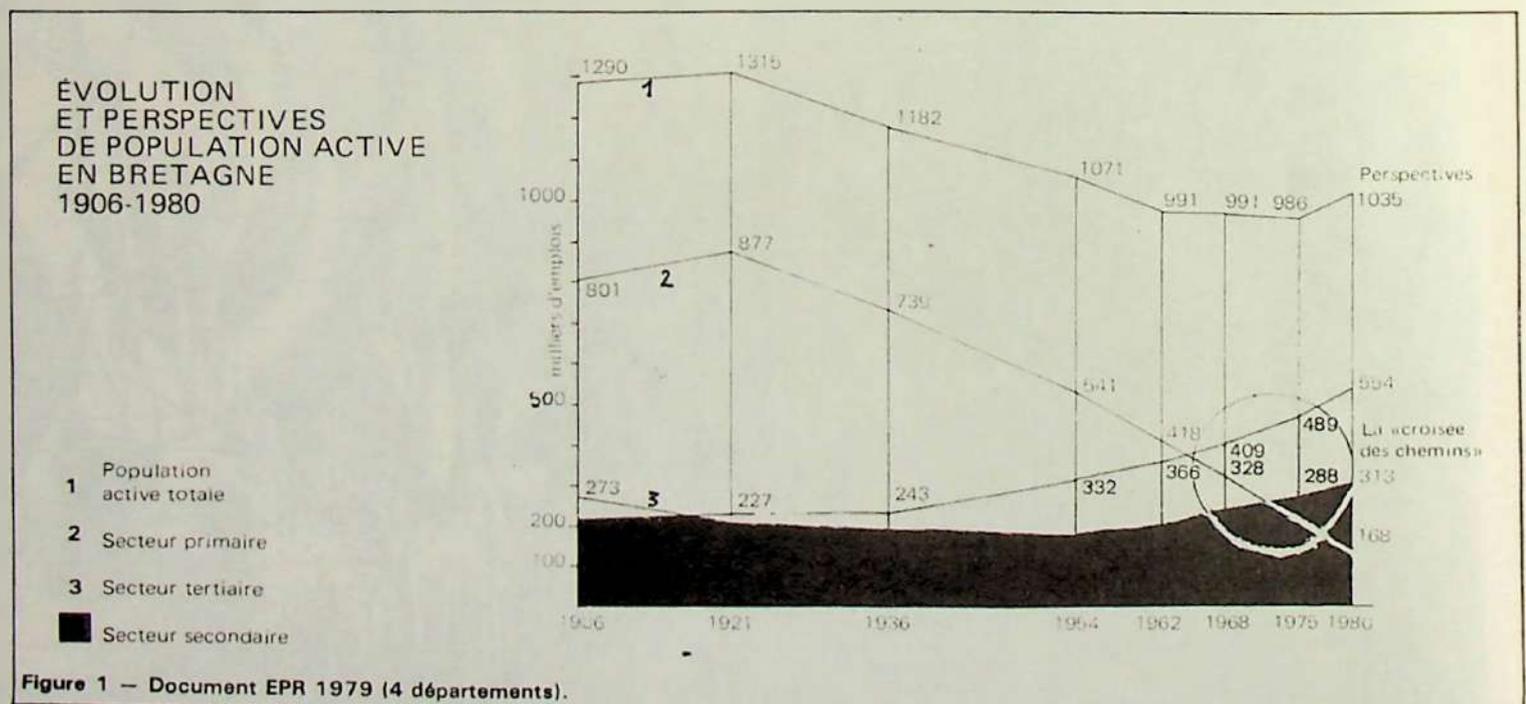
### A la croisée des chemins...

Il est temps décidément de tuer des mythes qui ont la vie dure et en particulier celui du « modèle de développement industriel » (1) qui apporterait le progrès et le bonheur à l'humanité. Ce modèle de société, « à l'américaine », transforme l'ensemble des secteurs de l'économie pour réaliser un objectif : la croissance par la production massive de biens industriels. On produit et on vend n'importe quoi pourvu que ça rapporte. Qu'importe si les matières s'épuisent, si certaines régions sont véritablement laminées par ce rouleau compresseur...

Ce mythe, en Bretagne aussi à des adeptes, et pourtant ses fruits sont amers.

Un siècle de « société industrielle » a laissé notre pays exsangue. Loin de créer des emplois, ce système de production les a simplement transférés (1). Le secteur primaire (agriculture, pêche) est devenu minoritaire au profit du secteur tertiaire, le secteur secondaire (industrie) stagne ; le bilan est négatif : la population active est inférieure à ce qu'elle était en 1921 (fig 1).

Loin de créer des « pôles de développement », ce mode de production a accentué les transferts de populations. Les communes rurales se vident. Les Bretons s'expatrient ou s'agglutinent à la périphérie du pays, à Brest, à Rennes ou à Nantes (2). La « décentralisation » officielle



1) PSU-Bz Documentation, n° 6.  
2) Géographie de la Bretagne, Skol Vreiz.

n'ose plus se prendre au sérieux. Que nous reste-t-il des discours gaulliens sur la régionalisation ?

Pour entretenir l'espoir, on découvre régulièrement à la Bretagne de nouvelles vocations : après avoir perdu la foi... la voici vouée au tourisme, activité temporaire et margi-

nale, limitée à nos rivages et parfois aux parcs de notre désert intérieur.

Les années 80 représentent à maints égards une période décisive pour notre avenir. Une « croisée des chemins »...

### *Ni « Portsall », ni « Harrisburg »...*

Cette évolution est inéluctable, nous dit-on. La Bretagne est loin des principaux centres de production industrielle et de décisions économiques et politiques, et puis elle n'a pas d'énergie. Pas d'énergies fossiles, c'est vrai. Elle est obligée d'importer son pétrole l'équivalent de 30 Amoco-Cadiz chaque année. Alors quand l'un deux s'échoue sur nos rivages, la Bretagne n'aurait le droit que d'être nettoyée par « solidarité nationale », puis d'être belle de nouveau mais de se taire.

La Bretagne devrait donc accepter le nucléaire, ce serait sa seule chance d'être excédentaire en énergie ! Nous sommes de ceux qui refusent cette solution. Nous montrerons par ailleurs que la Bretagne peut produire de façon autonome son électricité. Elle peut parfaitement se passer du nucléaire, qui ne résoud rien : c'est une forme d'énergie inutile, dangereuse et chère. Nous ne sommes pas du tout décidés à accepter « Harrisburg » à Plogoff après avoir subi Amoco Cadiz à Portsall. Le chemin du nucléaire nous paraît ressembler comme un frère à celui par lequel on nous a contraints à passer. Il ne change rien à notre état de dépendance économique

La seule voie possible est celle qui passe par l'utilisation d'énergies indéfiniment renouvelables ; celles que l'on rassemble sous le nom d'énergies solaires, et qui en réalité recouvre des formes diverses : outre le solaire direct, il s'agit de mettre en œuvre les énergies récupérables à partir de la biomasse agricole, des éoliennes, les énergies marines, etc...

A cet égard la Bretagne nous paraît jouir d'une position exceptionnelle. Notre surface agricole utilisable est importante. Nos rivages sont battus par les vents d'ouest et par la houle. Notre côte septentrionale bénéficie de marnages exceptionnels. Notre ensoleillement n'est pas négligeable : le golfe du Morbihan est presque aussi ensoleillé que Carcassonne !

Notre gisement d'énergie solaire est donc important. Mais son exploitation est-elle compatible avec le respect de l'équilibre des écosystèmes ? Permet-elle une autre façon de vivre, sans gaspillage, mais confortablement ?

## *1978 : Le projet Alter français...*

C'est dans ce contexte que nous avons analysé le **projet alter français**, publié en 1978 par le « Groupe de Bellevue » (1) (2). IL nous est apparu comme une véritable solution alternative pour sortir du dilemme pétrole...ou nucléaire.

Par une transformation radicale des structures de pro-

duction et habitudes de consommation, il vise à court et moyen terme une stabilisation progressive des consommations. A long terme, il propose le passage à un régime stable basé sur le gisement d'énergies renouvelables - d'origine solaire - quand il est atteint, la France est devenue parfaitement autonome en énergie.

### *— Le plan alter français est d'abord une alternative énergétique*

Le tableau 1 permet de suivre l'évolution proposée. La situation de la France en 1975 était prise comme référence. La part des énergies fossiles s'amenuise peu à peu (tableau 1) (figure 1), exception faite de la géothermie qui sert à passer le cap de l'an 2000. La compensation est obtenue grâce aux énergies solaires directes et électrogènes, aux combustibles récupérables, à partir de la biomasse ou des déchets, aux éoliennes, à l'hydraulique et à l'énergie marémotrice.

Nous ne décrivons pas ici les différentes filières proposées : le lecteur se reportera avec profit au document initial.

Un aspect retiendra cependant notre attention en raison des promesses qu'il contient pour l'avenir de nos cantons ruraux : le PAF envisage de récupérer près de 30 % de la dépense énergétique à partir de la biomasse agricole. Dans des complexes agro-énergétiques, à l'échelle du canton, sera traitée la biomasse des champs et des zones forestières situées dans un rayon de 20 km. Ce sont eux qui produisent la totalité des combustibles solides et des carburants liquides, ainsi que les produits de base de la chimie organique actuellement tirés du charbon et du gaz naturel. La production est donc très décentralisée.

1) Le projet ALTER, groupe de Bellevue, 1978, Editions SYROS (9 rue Borromée, Paris 15ème)

2) Le projet ALTER, version résumée, PSU Bretagne DOCUMENTATION N°8, 1979, (28 rue Kerivin Brest 29200)

TABLEAU 1 — PROJET ALTER FRANÇAIS

		1975	1985	2000	2025	2050	-	
Energie primaire	TOTALE	166	189	186	172	165	156	
	produite	45	50	72	114	150	156	
	importée	121	139	114	58	15	0	
Energies "fossiles"	charbon	produit	17,9	20	20	10		
		importé	9,9	20	20	10		
	pétrole	produit	1,4					
		importé	100,4	94	69	23	5	
	gaz	produit	6,6	6				
		importé	10,7	25	25	15		
	uranium	produit	3,9					
		importé						
	géothermie		0	1	6	6	3	
	Energies renouvelables	récupération		1	3	4	4,5	4,5
solaire agricole		0,8	2	8	23	38,5	40,5	
solaire électro- gène		él.			1	6	12	13
		hydr.				6	12	13
hydraulique		13,4	15	24	26,5	27	27	
éolien				1	4	7	7	
sol. thermique			1	8	28	46	51	
Energie distribuée		146,5	168	166	154,5	149	141,5	
Rapport	$\frac{E. \text{ primaire}}{E. \text{ distribuée}}$	1,133	1,125	1,120	1,113	1,107	1,102	

— *Le plan alter français est aussi une alternative de société.*

Si le passage du régime actuel au régime à long terme est progressif, on notera que c'est avant 5 ans que les décisions doivent être prises, pour rendre cette évolution irréversible (fig. 2 et 3)

En refusant de faire du long terme une extrapolation de la société actuelle, le projet Alter cherche à satisfaire les besoins fondamentaux des hommes et des femmes de notre époque, en rejetant tous gaspillages.

Il suppose une toute autre façon de vivre, avec une économie systématique, mais avec un certain confort :

— Les conditions de logement et l'équipement domestique prévus sont supérieurs à la situation actuelle : logement 100 m<sup>2</sup> par ménage; équipement intérieur équivalent avec 1,5 fois le niveau actuel, mais durant 2 fois plus long temps: « Ces niveaux suffisent à assurer une vie matérielle

confortable pour tous, à condition d'une juste répartition des biens correspondants ».

— La vie collective est facilitée : locaux sociaux et scolaires plus nombreux.

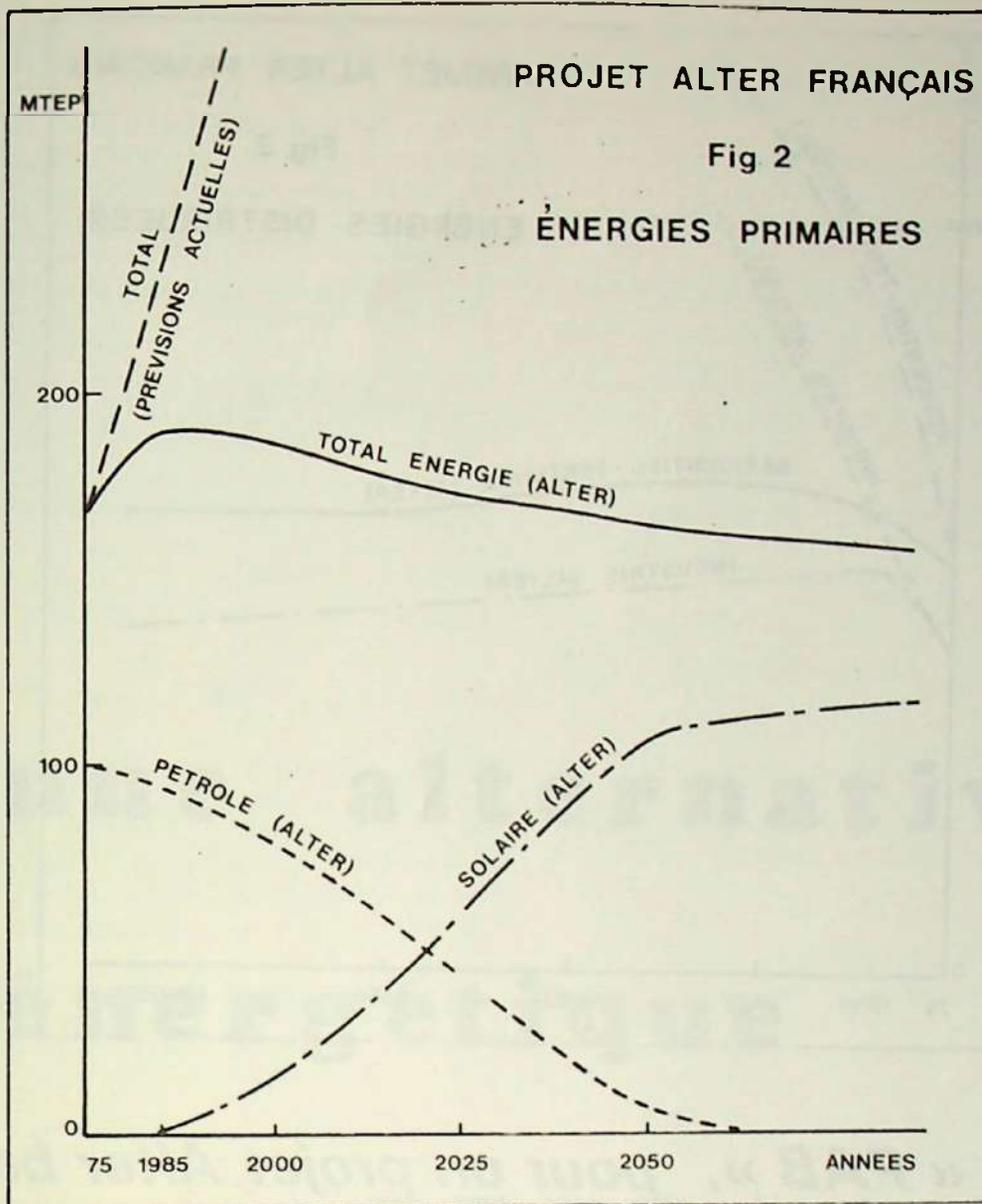
— les conditions de production sont totalement revues :

- unités de production plus petites et mieux réparties sur le territoire, les communes rurales sont revitalisées autour de complexes agro-énergétiques ;

- on recherche une économie systématique de la consommation (au moins 15 %) ;

- on produit des biens plus durables et les déchets sont récupérés;

l'aménagement du territoire est remodelé :



- arrêt du développement des hypervilles, développement des petites agglomérations (10 000 habitants) ;
- utilisation systématique des sols pour les cultures vivrières, énergétiques ou pour les capteurs solaires ;
- les échanges extérieurs sont limités au minimum

En fonction des besoins reconnus, la demande nette en énergie est évaluée à 141,5 MTEP (soit pratiquement le niveau atteint en France en 1975) pour 60 millions d'habitants.

Par rapport à la situation de 1975 choisie comme référence, il propose la distribution suivante de l'énergie par secteur d'utilisation (tableau 2) :

**TABLEAU 2 — PROJET ALTER FRANÇAIS**  
Distribution de l'énergie (en % du total)

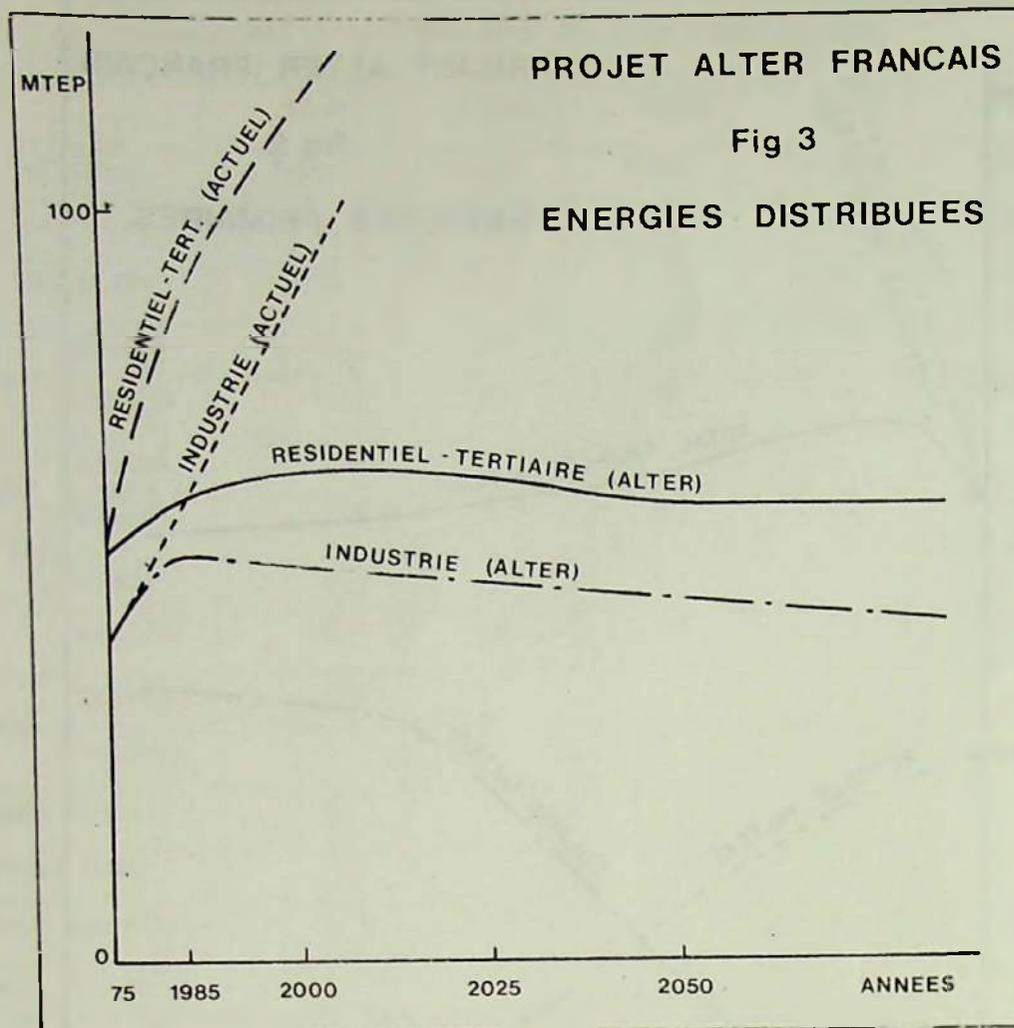
Secteur d'utilisation,	1975	long terme
Résidentiel-tertiaire . . . . .	36,8	43,5
Transports . . . . .	21,4	14,5
Agriculture . . . . .	4,0	4,3
Sidérurgie . . . . .	8,5	6,7
Industrie . . . . .	29,3	31,0

Au total, si le bilan est à peu près le même en ce qui concerne l'industrie et l'agriculture, par contre on recherche une augmentation dans le secteur résidentiel et tertiaire. Le projet ALTER estime en effet que le confort actuel des classes populaires est insuffisant et qu'il doit augmenter. Par contre grâce à une utilisation souple des transports individuels et collectifs des économies substantielles sont réalisées.

En remodelant la production et l'aménagement du territoire, le projet ALTER jette les bases d'un ECODEVLOPPEMENT, qui « insiste sur les solutions spécifiques, compte tenu des données écologiques, mais aussi culturelles, des nécessités immédiates, mais aussi du long terme. Sans nier l'importance d'échanges, il essaie de réagir à la mode prédominante pour les solutions prétendument universalistes... Sans basculer dans un écologisme outrancier, il suggère au contraire qu'un effort créateur, pour profiter de la marge de liberté offerte par le milieu, est toujours possible » (1)

Pour tous ceux qui sont à la recherche d'un autre mode de développement, le projet ALTER représente donc un intérêt considérable.

1) Cahier de l'Ecodéveloppement, n° 9 - J.J. DREVON et D. THERY. 1977.



## *Le groupe « PAB », pour un projet Alter breton...*

C'est dans cette perspective que s'est mis en place en décembre 78, à l'initiative du PSU-Bretagne, le « GROUPE POUR UN PROJET ALTER BRETON (PAB) ». Il s'est fixé pour objectif de rechercher un SCENARIO DE PRODUCTION D'ENERGIES NOUVELLES, indéfiniment renouvelables, dans la perspective d'une autonomie énergétique de la Bretagne.

Le groupe PAB réunit des chercheurs de l'INRA du CNRS, de l'IEM et du CNEXO, des agronomes, des paysans, et des militants des associations écologiques bretonnes. Ce document représente l'essentiel de ses travaux.

Nous tenons à souligner que :

1 — Il s'agit essentiellement d'un **document de réflexion** soumis à tous ceux qui sont soucieux de rechercher les bases d'un nouveau développement de la Bretagne. A notre sens ce « projet » ne pourrait devenir un « plan » qu'après un **débat large et démocratique**. Il faut souligner qu'il n'existe actuellement aucun instrument véritable de planification à l'échelle du pays.

2 — Le lecteur de ce document doit accepter de **modifier sa vision du monde actuel**. Aucun système de production n'est sans conséquence sur l'environnement, sur l'écosystème. Il s'agit de savoir ce qui est « acceptable », par rapport aux objectifs de société que l'on s'est fixé, à long terme.

3 — Nous n'avons tenu aucun compte des **coût de réalisation** de nos propositions en matière de production d'énergie. Seule la faisabilité technologique a été retenue. La question du coût n'a pas de sens en effet abstraction faite du système économique dans lequel on raisonne. Certains procédés sont d'ores et déjà « rentables » (1)

Ce document présente dans sa partie centrale l'ALTERNATIVE énergétique proposée pour la Bretagne (à 5 départements). Dans un régime stable à long terme il propose, en utilisant les énergies de la mer, du vent, de la biomasse agricole et du soleil, de produire 8,60 MTEP (contre 6,43 en 1975). Ce bilan est suffisant pour permettre à 4 millions de Bretons (3,5 actuellement) de vivre confortablement, mais sans gaspillage.

Il est suivi de **3 annexes** : la 1<sup>re</sup> précise les grandes lignes de la société cohérente avec cette alternative ; la 2<sup>e</sup> donne, quand c'est nécessaire, une description succincte et les références des filières énergétiques utilisées ; la 3<sup>e</sup> évoque l'impact important, actuellement prévisible, sur la création d'emplois, d'après l'article de Michel BOSQUET dans le journal LE SAUVAGE.

1) Les énergies décentralisées au service de l'habitat — une unité de production de bio-méthane. Mémoire de fin d'études 1979. Centre d'Etudes Supérieures Industrielles. Paris (Y. Dugonetay, J.J. Loignon, J. Rozec).

**une alternative**

**énergétique**

**pour la BRETAGNE**

Nous avons cherché une véritable solution alternative POUR LA BRETAGNE DE L'AN 2000, en nous situant d'emblée dans la problématique du Projet ALTER :

- stabilisation des consommations à long terme,
- restructuration de l'appareil de production.

Le scénario retenu suit quelques critères définis a priori :

- 1) Nous avons choisi de ne faire appel à aucune source d'énergie fossile, qu'il s'agisse du fuel, du gaz, de l'uranium ;
- 2) Nous n'utiliserons donc que les énergies indéfiniment renouvelables et nous avons tenté d'évaluer le potentiel

## I — Notre référence : La Bretagne de 1975

### 1) La population

La population des 5 départements bretons était de 3.500.000 en 1975 (soit 6,2 % de la population française). Elle occupait 34.077 km<sup>2</sup> (soit 6,09% du territoire). Sa densité de 104 h/km<sup>2</sup> est donc voisine de celle de la France (95).

Cependant elle est TRES INEGALEMENT REPARTIE : 7 % de l'espace breton porte plus de la moitié de la population, et les 4/5 du territoire n'en réunissent que 1/3. Le contraste est très net entre le littoral et le centre Bretagne.

### 2) Les structures de production (figures 5 et 6)

Nous avons évoqué dans l'introduction l'évolution de notre économie caractérisée par le déclin du secteur primaire, la stagnation du secondaire et la croissance relative du tertiaire (voir fig. 1).

Le déclin des couches sociales paysans et patrons, lié à l'accroissement du nombre des ouvriers et des employés traduit le bouleversement de la société bretonne. C'est UNE CONSEQUENCE DES TRANSFORMATIONS DE L'ECONOMIE FRANÇAISE, et plus généralement des économies adoptant le mode de production industriel capitaliste :

- industrialisation, concentration du capital et liquidation des activités traditionnelles ;
- extension rapide des rapports capitalistes dans de nouveaux secteurs (agriculture, commerce, pêche, aquaculture)
- concurrence entre les capitaux monopolistes multinationaux et la « bourgeoisie bretonne » traditionnelle peu structurée.

Depuis 20 ans nous assistons donc à la DESAGREGATION DU BLOC AGRAIRE et RURAL et à la constitution d'un NOUVEAU BLOC URBAIN.

Cependant le système de production breton reste

global disponible, mais sans chercher à l'utiliser à 100 %, en tenant compte de l'impact sur les écosystèmes ;

3) Nous avons rejeté, dans toute la mesure du possible, les réalisations gigantesques et centralisatrices, mais sans rester bornés à des solutions individualistes ;

4) Nous n'avons retenu que les filières énergétiques technologiquement assurées, ou dont la réalisation est envisageable à moyen terme ;

5) En retenant tel ou tel type de filière, nous n'avons pas pris en compte le coût de sa réalisation. Cette question en effet « n'a pas de sens » actuellement. Les bases de calcul dépendent naturellement du système économique de référence. Quel sera le prix du pétrole en 2000 ?

où les densités sont souvent inférieures à 40 h/km<sup>2</sup>. Ces différences sont liées à l'émigration rurale en raison de la destruction des activités traditionnelles, comme celle du textile, et à une urbanisation tardive, parfois indépendante de l'industrialisation, et dirigée principalement vers le littoral.

La population est vieillie, surtout dans les communes rurales de Basse-Bretagne, du fait de l'émigration des jeunes.

encore dominé par l'AGRICULTURE qui apportait à la Bretagne 15 % de la valeur ajoutée du secteur productif en 1972 (7 % en France). Les productions animales l'emportent désormais sur les productions végétales. Le lait, les porcs, la viande bovine représentent en valeur 6 fois les productions végétales commercialisées. La Bretagne assure 20 % des productions animales hexagonales, mais moins de 4 % pour ce qui concerne les productions végétales commercialisées.

« Au total la Bretagne se voit attribuer au sein de l'espace français une fonction alimentaire de première importance et qui tend encore à s'accroître progressivement. Traditionnellement pourvoyeuse de main-d'œuvre, notre région est également devenue LA PREMIERE POURVOYEUSE DE PRODUITS AGRICOLES pour le reste du pays » (1)

Cependant l'exportation de denrées alimentaires se fait au prix d'une TRES FORTE IMPORTATION d'aliments industriels destinés à l'élevage pour les veaux et les taurillons.

La structure de production INDUSTRIELLE est totalement déséquilibrée, avec une dominante en métallurgie (mécanique, auto, aéronautique, navale) et en agro-alimentaire. Elle est absolument incapable de satisfaire les besoins réels des Bretons sur une base autonome. La « crise » du marché pétrolier a accentué ce déséquilibre structurel en éliminant impitoyablement les productions

1) Géographie de la Bretagne, Skol Vreiz, 1976.

non conformes aux intérêts de l'exportation hexagonale. Le tissu industriel actuel ne peut servir de base à une quelconque projection pour l'avenir.

Il faut noter par ailleurs, l'importance relative de PÊCHE bretonne dans la pêche hexagonale, où elle représente la moitié des emplois.

### 3) Les consommations énergétiques apparentes par secteur

(a) Ventilation des consommations globales apparentes d'énergie (1) (tableau 3)

**TABLEAU 3 — Energies globales consommées (en k TEP)**

1975	4 départ.	L. A.	Bretagne
Industrie . . . . .	743,7	619,9	1363,6
Bât. et T.P. . . . .	87,6	35,1	122,7
Résidentiel tertiaire . . . . .	2026,6	909,2	2935,8
Agriculture . . . . .	183,9	35,3	219,2
Transport . . . . .	1308,7	481,0	1789,7
<b>Total . . . . .</b>	<b>4350,5</b>	<b>2080,5</b>	<b>6431,0</b>

La Bretagne a donc dépensé au total 6.43 MTEP en 1975.

Ce tableau appelle plusieurs remarques :

1 — La consommation annuelle globale par habitant en Bretagne est d' 1/3 inférieure à la moyenne hexagonale : respectivement 1,82 et 2,79 TEP/h, si l'on considère l'énergie secondaire (effectivement disponible).

(b) ventilation des consommations spécifiques d'énergie consommée :

**TABLEAU 5 — Ventilation des consommations spécifiques d'énergie (1975) (unité kTep/h)**

Secteur	Carburants			Electricité	Total
	solides	C. liquides	Gaz		
Industrie . . . . .	9,6	703,9	164,8	485,0	1363,6
Bât. T.P. . . . .	—	115,9	—	6,8	122,7
Rés. tert. . . . .	125,9	1432,5	488,2	889,2	2935,8
Agriculture . . . . .	—	199,1	—	20,1	219,2
Transports . . . . .	1,2	1767,5	—	21,0	1789,7
<b>TOTAL . . . . .</b>	<b>136,7</b>	<b>4218,9</b>	<b>653,0</b>	<b>1422,1</b>	<b>6430,7</b>

(c) la production d'énergie en Bretagne

Le tableau 5 ne doit pas faire illusion : la quasi totalité d'énergie électrique est produite à partir de combustibles les (charbon, gaz, pétrole) - si l'on excepte les produits de la Rance et de Brennilis.

Même en tenant compte des pertes en ligne (estimées

2 — Le bilan énergétique global par branches reflète assez fortement le déséquilibre structurel de notre économie, comme le fait apparaître le tableau 4 ci-dessous :

**TABLEAU 4 — Structures comparées des demandes en énergies en Bretagne et en France (1975)**

Secteur	Bretagne (5 dép.)	France
Industrie		
Bât., T.P. . . . .	23,0	37,8
Résidentiel		
Tertiaire . . . . .	45,6	36,8
Agriculture . . . . .	3,4	4,0
Transports . . . . .	28,0	21,4
<b>TOTAL . . . . .</b>	<b>100,</b>	<b>100,</b>

3 — La dépense énergétique de l'agriculture bretonne (0,22 MTEP) apparaît sous-évaluée (voir annexe)

La contribution de la pêche au poste « transports » est considérable elle est de 0,20 MTEP (soit pratiquement 1 tonne de fuel pour 1 tonne de poisson).

par EDF à 9 %) la Bretagne FOURNIT DAVANTAGE D'ELECTRICITE au reste de la France qu'elle n'en reçoit.

L'implantation de centrales nucléaires en Bretagne ne correspond en rien à la satisfaction de nos besoins. Elle servira une fois de plus à exporter de l'électricité thermique vers le reste de l'hexagone.

**TABLEAU 6 — Consommation et production d'électricité en Bretagne (1)**  
(en millions de kWh)

	Consommation				Production		
	1971	1976	1977	1978	1971	1977	1978
Côtes-du-Nord	562	980	1089	1189	21	41	37
Finistère	1027	1596	1761	1918	210	490	540
Ile-et-Vilaine	842	1362	1496	1665	458	455	469
Loire-Atlantique	1460	2407	2413	2539	6897	7734	8870
Morbihan	627	1091	1208	1310	3	3	2
<b>Bretagne</b>	<b>4519</b>	<b>7439</b>	<b>7969</b>	<b>8623</b>	<b>7592</b>	<b>8725</b>	<b>9920</b>

1) *Vivre au pays*, n° 878, données fournies par EDF Nantes, d'après Per ar Rhun.

**(a) consommation et production d'énergie en Bretagne : les projections officielles pour l'an 2 000 :**

En l'absence d'un plan officiel breton, nous prendrons comme base les projections du gouvernement et de l'EDF sur les consommations d'énergie pour l'Hexagone. Elles prévoient de 1975 à l'an 2 000 un quasi doublement des consommations. Dans cette perspective la demande bretonne, en énergie primaire passerait de 7,36 en 75 à 14,33 MTEP en 2 000 (tableau 7). La part de l'électricité serait alors de 54 %, dont 86 % de nucléaire. Il serait donc nécessaire de produire en Bretagne une quantité d'énergie électrique équivalente à 7,74 MTEP (2) (dont 6,66 MTEP d'origine nucléaire). Le reste de la consommation serait assuré par l'apport solaire (5 %), l'énergie marémotrice et les combustibles fossiles traditionnels (pétrole, charbon ou gaz).

La figure 2 représente la distribution d'énergie primaire dans le cadre de la société actuelle.

On remarquera l'étroitesse des choix qui président à cette distribution, essentiellement basée sur 2 modes de

production d'énergie : l'électronucléaire et les combustibles fossiles (charbon, gaz ou pétrole). Elle est à l'image d'un régime économique et politique centralisé. Elle prend peu en compte l'exploitation de notre gisement énergétique naturel : cela correspond approximativement à la récupération d'énergie à partir des déchets de l'agriculture (voir annexe technique).

**TABLEAU 7 — Prévisions d'énergies primaires pour la Bretagne**

en MTEP	1975	2000
Combustibles fossiles	7,11	6,82
Marémotrice	0,13	0,13
Nucléaire	0,12	6,66
Solaire		0,72
<b>TOTAL</b>	<b>7,36</b>	<b>14,33</b>

**II — Un scénario d'utilisation et de production des énergies renouvelables pour 2 000**

Nous avons retenu comme objectif une consommation annuelle de 2,16 TEP d'énergie secondaire par habitant (contre 1,82 actuellement), soit UN ACCROISSEMENT DE 19 % DE LA DEPENSE ENERGETIQUE DE 1975 A L'AN 2 000. Pour une Bretagne de 4 millions d'habitants (3,54 actuellement), la demande globale en énergie secondaire est alors de 8,64 MTEP (soit 9,52 MTEP en énergie primaire).

Le tableau 34 et la figure 7 présentent la distribution proposée, en distinguant 3 vecteurs d'énergie :

- la chaleur (Basse Température, Moyenne T Haute T.);
- les combustibles (C. solides, C. Liquides, C. Gazeux);
- l'électricité.

Ce même tableau présente les différentes filières de productions d'énergies et la figure 8 permet de visualiser les différences essentielles entre le scénario de production d'énergie que nous proposons et la projection officielle pour l'an 2 000. On notera en particulier LA GRANDE DIVERSIFICATION DES FILIERES qui devrait permettre un régime de fonctionnement beaucoup plus stable.

Nous allons maintenant commenter ces choix dans les grandes lignes, en renvoyant aux annexes pour les détails (annexes « la société de l'an 2 000 » et « Catalogue des filières de production d'énergie »).

**Remarque préliminaire :** Il s'agit ici de propositions concernant une évolution possible. Ce sont les tendances qui importent et non le chiffre absolu. La discussion est naturellement ouverte.

2) Chiffre cohérent avec hypothèses de EDF in Dossier du Conseil Régional, sept. 1978 (27 TWh, soit 5,99 MTEP d'énergie secondaire, soit 6,71 MTEP d'énergie primaire à distribuer dans les 4 départements).

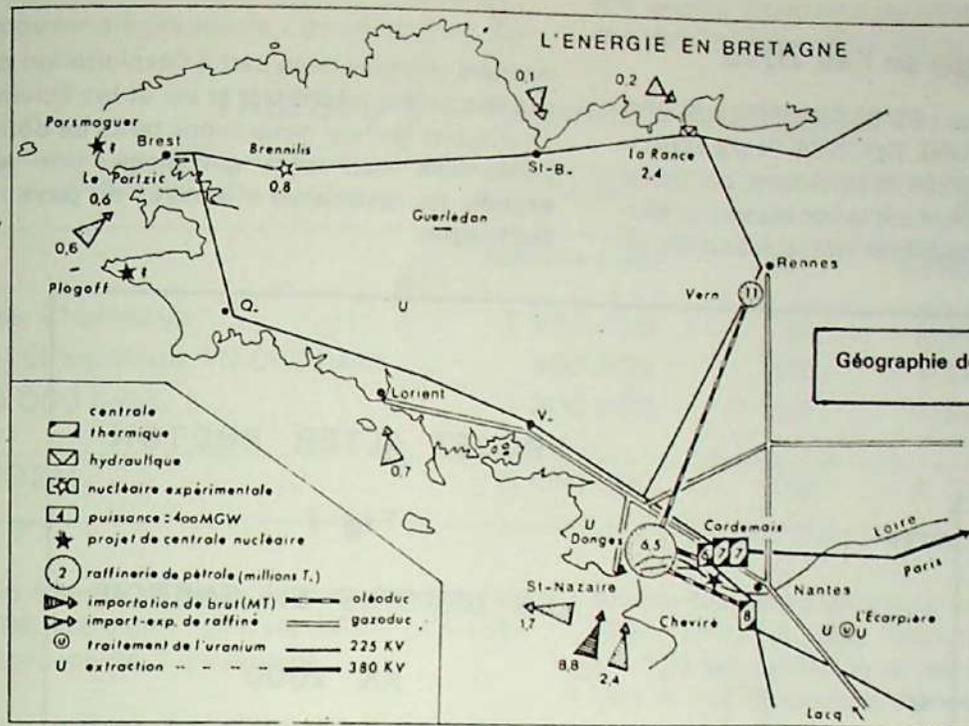
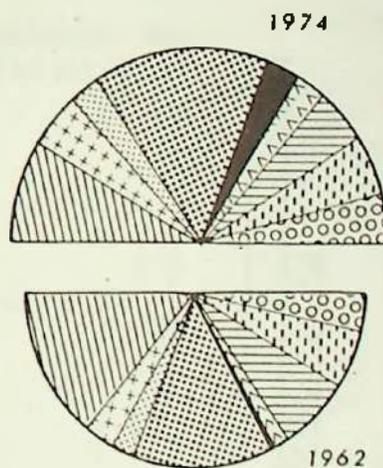


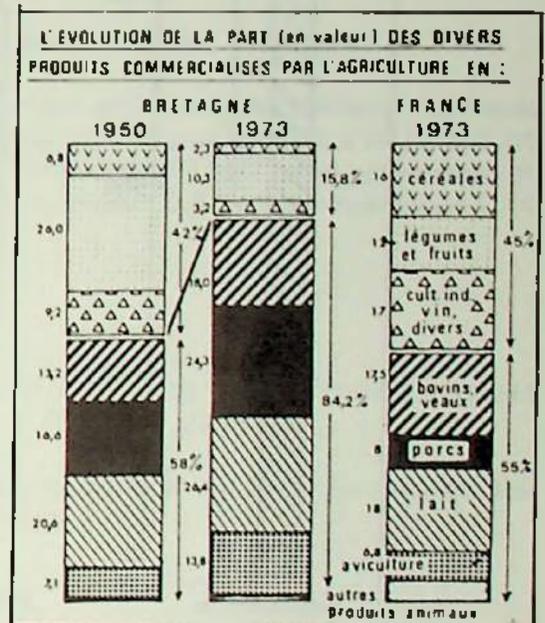
Fig. 4 : L'énergie en Bretagne.

L'EVOLUTION DES SECTEURS INDUSTRIELS DE 1962 A 1974 EN BRETAGNE

- ind. agricoles et alimentaires
- ind. extractives, matériaux, verre
- minerais, sidérurgie, transformation
- mécanique, auto, aéronautique, navale
- construction électrique, électronique
- chimie, caoutchouc
- textile, chaussures
- bois, meubles, papier, presse
- électricité, eau, gaz, pétrole, divers

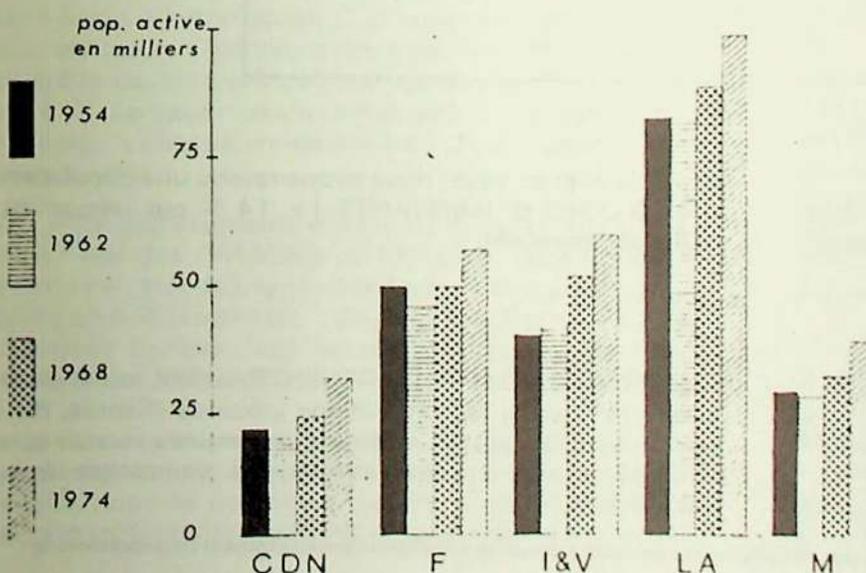


AGRICULTURE



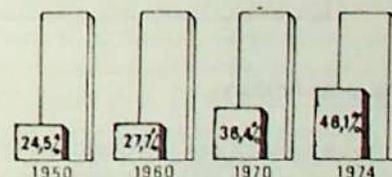
L'EVOLUTION DE LA POPULATION ACTIVE INDUSTRIELLE DE 1954 A 1974 PAR DEPARTEMENT

(Bâtiment exclu)



(fig. 5 et 6)

L'ACCROISSEMENT DES CONSOMMATIONS INTERMEDIAIRES par rapport à la valeur des produits de l'agriculture :

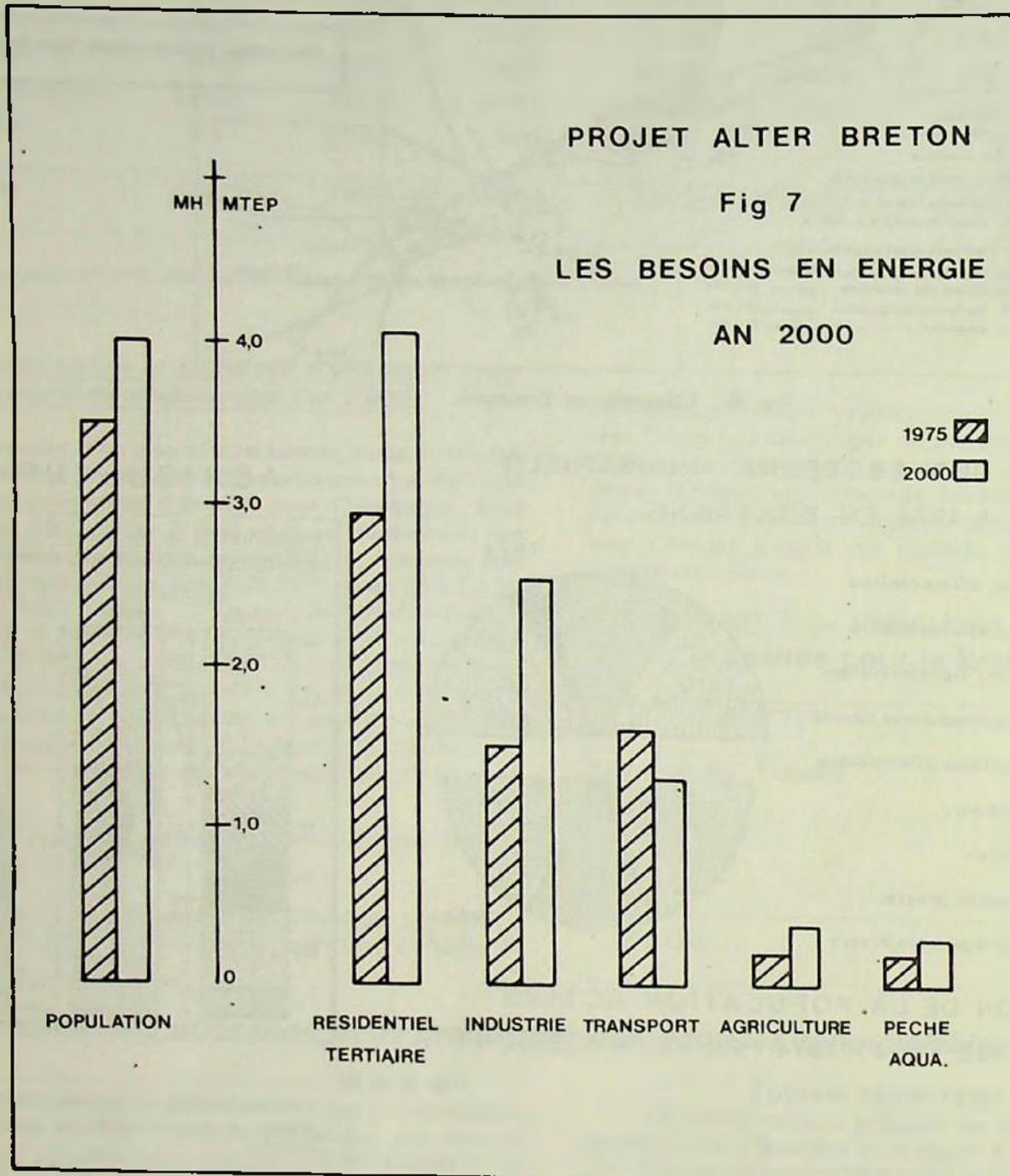


L'agriculteur, par l'importance de ses consommations intermédiaires (engrais, aliments, machines, produits de traitement et vétérinaires, constructions, services divers, etc.), est devenu un client intéressant : alors qu'en 1950-55 l'agriculteur, pour produire 100 F. achetait 25 F de consommations intermédiaires, cette part s'élève actuellement à près de 50 F.

## 1) Les besoins en énergie en l'an 2000

Notre objectif est d'évaluer LES BESOINS REELS DES BRETONS, dans le CADRE D'UNE SOCIÉTÉ PLUS ÉGALITAIRE. Compte-tenu de la situation de référence, ceci nous a conduits (fig. 7) à mettre l'accent sur la nécessaire amélioration du niveau de vie, à rééquilibrer notre économie en

donnant une plus large part à l'exploitation de nos ressources naturelles, à favoriser la vie et les échanges collectifs. En d'autres termes, nous avons tenté de définir une société confortable mais sans gaspillage, une société où on exploite les ressources effectives du pays mais sans productivisme.



### a) la population :

En nous basant sur les données actuelles concernant la natalité (1), et sur le désir de nombreux émigrés de retour-

ner et travailler au pays, nous avons retenu une population de 4 MILLIONS D'HABITANTS (+ 14 % par rapport au niveau de référence).

### b) le secteur résidentiel et tertiaire :

#### • Le secteur résidentiel :

La dépense en énergie de ce secteur est tout d'abord tributaire de la répartition de l'HABITAT sur le territoire.

Nous nous plaçons dans la perspective d'UNE

SOCIÉTÉ BEAUCOUP PLUS DÉCENTRALISÉE, où la croissance des grosses agglomérations urbaines (Nantes, Rennes, Brest) est stoppée, et où les communes rurales sont revitalisées, en particulier autour des complexes agro-énergétiques.

1) Et le troisième enfant ? Claude HAUSER, *Tribune Socialiste*, juin 1979 (si le taux de natalité actuel se maintient, l'accroissement de population ne sera que de 5% de 1975 à 2000).

La répartition actuelle de l'habitat breton - notablement différente de la moyenne hexagonale - se caractérise par

une grande dispersion de l'habitat. Ceci étant favorable à nos perspectives, elle a été peu modifiée (tableau 8).

TABLEAU 8 — Répartition de l'habitat

Secteur	1975		2000	
	nombre habit.	%	nombre habit.	%
Maisons isolées - hameaux . . . . .	1 250 000	36	1 400 000	35
Bourgs ruraux - villes moins 10 000 habit. . .	950 000	27	1 100 000	28
Villes + de 10 000 habit. . . . .	1 300 000	37	1 500 000	37
<b>TOTAL . . . . .</b>	<b>3 500 000</b>	<b>100</b>	<b>4 000 000</b>	<b>100</b>

La dépense en énergie de ce secteur est ensuite tributaire du NIVEAU DE VIE choisi. Elle est définie à l'échelle du « MENAGE » (groupe de 3 personnes).

Ce « ménage » a à sa disposition un logement de 100 m<sup>2</sup>, correctement isolé, (température 18° C) nécessitant 13.000 thermies de chauffage par an ; ce logement est pourvu d'un équipement électro-ménager 1,5 fois supérieur à la situation actuelle. Ceci représente une dépense de 2,3 TEP PAR LOGEMENT.

Au niveau breton, 3,10 MTEP sont nécessaires (dont 2,27 en énergie basse température, 0,13 en gaz et 0,70 en électricité).

• **Le secteur tertiaire**

Dans le but de favoriser la vie collective, il nous est

c) Les transports de personnes et de marchandises:

• les transports de personnes :

Quatre catégories de transports ont été considérées :

— les déplacements urbains et péri-urbains (T1) : le centre des villes est aménagé pour une extension des TRANSPORTS EN COMMUN (bus) ou des cycles : ils atteindront 2 000 km. par an et par citadins (2 fois plus qu'actuellement).

— les déplacements locaux (moins de 100 km.) réalisés à l'aide d'automobiles (T2) : compte-tenu de la dispersion retenue de l'habitat et des structures de production, et malgré le doublement des transports collectifs, le kilométrage à parcourir reste important : 10 000 km par « ménage » chaque année (moins 1/3 par rapport à la situation actuelle).

— les déplacements à distance (plus de 100 km) réalisés à l'aide des CHEMINS DE FER (T3). Nous préconisons la remise en état des lignes intérieures : Auray-Saint-Brieuc, Guingamp-Rosporden, Châteaulin-Carhaix-Rennes, Châteaulin-Camaret, etc. Nous prendrons pour base 3 000 km par an et par habitant (875 km en 1973)

— les déplacements par air (T4) : ils resteront limités aux très longues distances, et en raison de leur coût énergétique, nous ne prévoyons qu'une augmentation de 3 % par tête (soit un niveau de 400 km par an et par hab.).

apparu nécessaire de prévoir une extension des locaux scolaires (+35%), des locaux sanitaires et hospitaliers (+ 125 %). Les bureaux, les commerces et les hôtels restant au même niveau qu'actuellement, à population égale.

Au niveau breton, la dépense énergétique à prévoir est de 0,95 MTEP (dont 0,55 en énergie basse température).

• **Le bilan du Secteur résidentiel + tertiaire :**

Résidentiel et tertiaire sont traditionnellement regroupés dans les statistiques. La dépense globale s'élève à 4,05 MTEP, soit 1,01 TEP PAR HABITANT (en augmentation de 22 %), dont 2,82 en chaleur, 0,13 en combustible et 1,10 en électricité.

$$\text{AU TOTAL : } T1 + T2 + T3 + T4 = 0,045 + 0,045 + 0,67 + 0,14 + 0,16 = 1,02 \text{ MTEP}$$

(dont 0,87 en combustible et 1,15 en électricité), soit 0,26 TEP par habitant.

• les transports de marchandises :

Les besoins en transports de marchandises (route, fer, mer) découlent des hypothèses retenues pour l'activité des secteurs productifs (industrie, agriculture, pêche). En prenant les bases du PAF, la dépense énergétique de ce poste devrait être de 0,43 MTEP, pêche et transport maritimes inclus. En raison de leur importance particulière en Bretagne les besoins de ces dernières activités seront évalués à part (en 1978, ils s'élevaient à 0,20 MTEP). Compte-tenu de la structure de production prévue, très décentralisée, nous retiendrons pour le poste « transport de marchandises » le chiffre de 0,30 MTEP, pour l'an 2 000, (mer exclue).

$$\text{AU TOTAL LE SECTEUR TRANSPORTS demande } 1,32 \text{ MTEP (dont } 1,12 \text{ en combustibles et } 0,20 \text{ en électricité) soit } 0,33 \text{ TEP PAR HABITANT (-25 \%).$$

C'est dans ce secteur que sont réalisées d'importantes économies par le développement des transports collectifs et l'utilisation souple des véhicules individuels.

#### d) la pêche (et les transports maritimes):

Le niveau actuel de consommation (0,20 MTEP) est important, et il est nécessaire d'introduire de « nouveaux » modes de production et de locomotion pour une gestion plus rationnelle de cette dépense énergétique. La mise en œuvre par exemple de chalutiers mixtes, à moteur et à voile, paraît prometteuse (1).

Il faut cependant prendre conscience que l'activité du secteur pêche a été fortement touchée par le modèle société actuel qui accélère sa marginalisation. Il faut renverser cette tendance : son développement nous paraît

#### e) l'agriculture :

Différents scénarios ont été étudiés pour l'utilisation des terres agricoles. Le scénario retenu assure :

1 — les besoins alimentaires des bretons en produits végétaux et animaux : nous préconisons un régime un peu moins carné qu'actuellement;

2 — les besoins des troupeaux (arrêt des importations de tourteaux et de soja);

3 — un niveau d'exportation équivalent à 1 fois la consommation de protéines végétales et animales ;

4 — une production énergétique (qui s'élève dans le scénario proposé à 4,1 MTEP au total).

On notera l'utilisation de 17 % des terres pour les cultures (graminées) convertibles en énergie (combustibles) et 8 % des terres pour les plantations énergétiques.

En reprenant les bases du PAF, les besoins de l'agriculture en énergie s'établissent ainsi (voir annexe « Besoins-Modèle de société »):

Chaleur : 0,14 MTEP, Combustibles 0,24 MTEP, Electricité spécifique : 0,02 MTEP.

Les besoins de l'agriculture s'élèvent au total à 0,40 MTEP soit à 0,10 TEP par habitant (+ 67 % par rapport à 1975). C'est le secteur pour lequel la plus forte augmenta-

#### f) l'industrie :

En raison du déséquilibre structurel de l'économie bretonne actuelle, toute évaluation correcte de nos besoins énergétiques pour l'industrie de l'avenir est délicate.

Nous recherchons en 25 ans une augmentation de 50 % par tête soit un niveau de 0,64 TEP (contre 0,42 actuellement) (à noter que le PAF prévoit 0,73 TEP). Ceci correspond à une dépense énergétique globale de 2,57 MTEP) en l'an 2000.

L'évaluation spécifique par vecteur "énergie est la suivante : 26 % en chaleur BT, MT et HT soit 0,67 MTEP (dont 0,08 en très haute température obtenue par la combustion d'Hydrogène); 35 % en combustibles soit 0,88 MTEP et 39 % en électricité soit 1,02 MTEP. Ces besoins sont compatibles avec l'exploitation de nos ressources minières.

essentiel pour l'avenir, dans le cadre d'une véritable gestion des ressources de la mer. Plusieurs voies sont offertes : repeuplement des fonds marins, aquaculture, gestion rationnelle des pêches en sauvegardant l'équilibre des écosystèmes, etc...

Malgré les gains d'énergie obtenus par de nouveaux modes de locomotion, il nous paraît prudent de prévoir une augmentation sensible dans ce secteur. Nous avons retenu le chiffre de 0,30 MTEP, correspondant à une dépense énergétique de 0,08 TEP PAR HAB (+ 33 %).

TABLEAU 9 — La répartition des sols  
(en millions d'hectares)

	Situat. actuelle	Situat. An 2000
Surface agricole utilisée	2,474	2,395
dont :		
Surf. touj. en herbe	0,560	0,485
Terres labourables + culture fruit	1,910	1,910
(dont cult. énerg.)	(0)	(0,570)
(dont cult. indust.)	(0)	(0,030)
Bois et forêts	0,514	0,174
Landes		0,169
Etangs	0,0195	0,0195
Plantations énerg.	0	0,280
Terres non agricole	0,409	0,409
TOTAL	3,446	3,446

tion de la dépense énergétique est prévue; on verra qu'il fournira à lui seul 44 % du total en énergie primaire.

Aucune comparaison valable avec la situation actuelle de l'industrie ne peut être tentée. Nous pensons qu'il faut **TOTALEMENT REMODELER NOTRE APPAREIL DE PRODUCTION**. Le nouveau pari énergétique breton peut d'ailleurs être un excellent stimulant pour la reconversion de l'industrie en Bretagne.

Suggérons quelques pistes pour la phase de transition, d'ici à l'an 2000 :

— reconversion du potentiel métallurgique (dont les arsenaux) pour la fabrication des éoliennes, des centrales houliomotrices, marémotrices. La construction de plateformes pour les centrales énergétiques off-shore exigera la mise en œuvre de technologies de pointe;

— création d'industries chimiques utilisant nos ressources

1) *Oxygène Bretagne*, n° 8, octobre 1979, mensuel de la SEPNE.

naturelles (cultures énergétiques, extraits d'algues), soit pour les besoins de l'agriculture, soit pour les besoins de la consommation courante;

- production par petites unités, avec surveillance étroite de l'impact sur l'environnement;

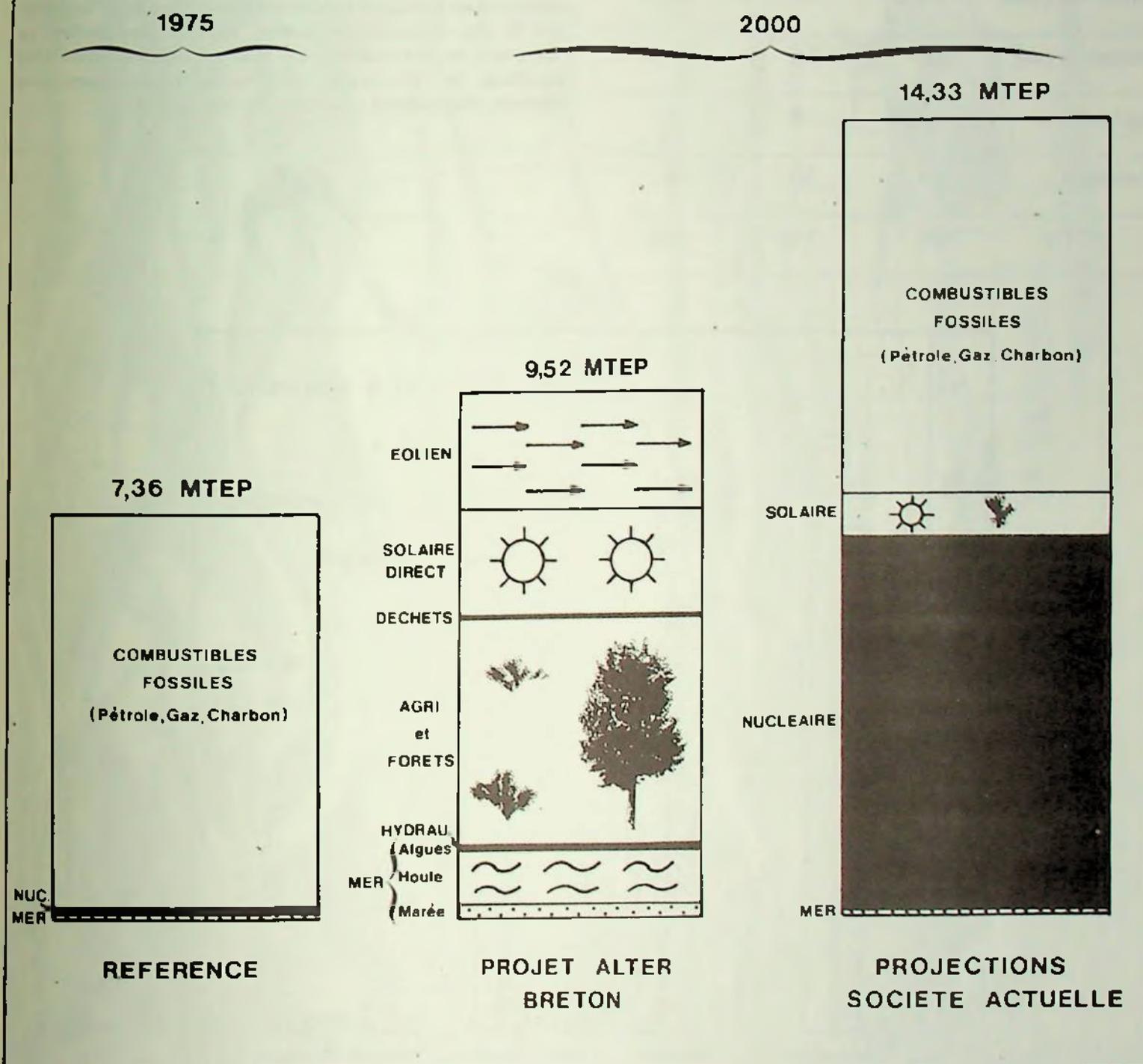
- traitements systématiques des déchets industriels,

effluents,...

Dans le domaine de l'industrie, un important effort de recherche est nécessaire pour préparer une structure de production industrielle compatible avec le nouveau modèle de développement dont nous avons défini les grandes lignes. Nous sommes bien sûr ouverts à toute proposition.

Fig. 8

## UNE ALTERNATIVE ENERGETIQUE POUR LA BRETAGNE



### g) Récapitulatif

L'évolution proposée de 1975 à l'an 2000 (fig 8) permet d'accroître sensiblement le niveau de vie moyen des

bretons (+ 22 %) et permet une refonte de notre économie, en tenant compte d'une augmentation sensible des

besoins en énergie dans le domaine de l'industrie (+ 52 %), de la mer (+ 33 %) et surtout de l'agriculture (+ 67 %). La profonde modification des habitudes actuelles en matière de transports permet de réaliser des économies.

Au total la structure de notre consommation énergétique en l'an 2000, comparée à celle de 1975, se présente ainsi :

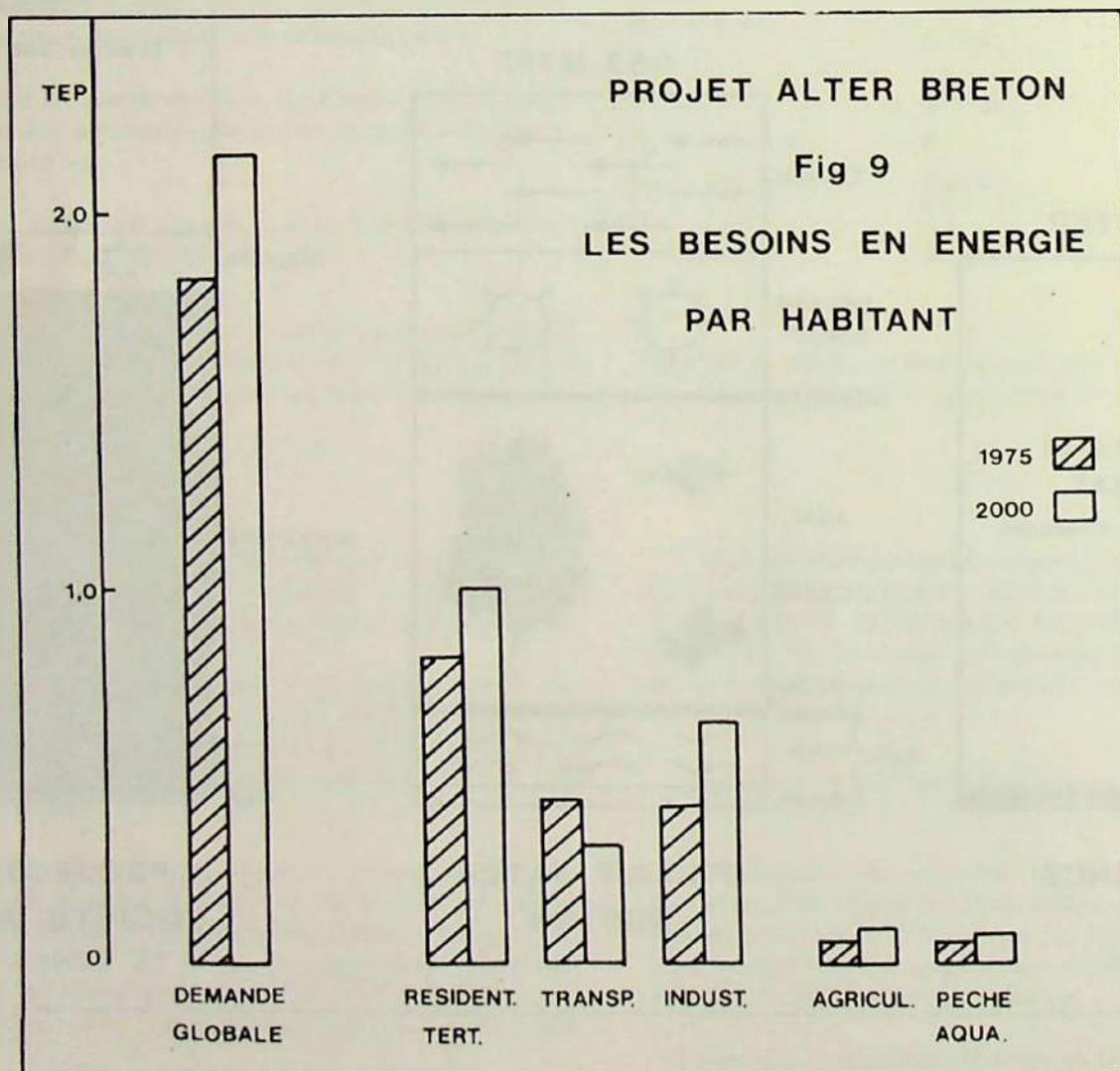
**TABLEAU 10 — Evolution comparée des besoins en énergie**

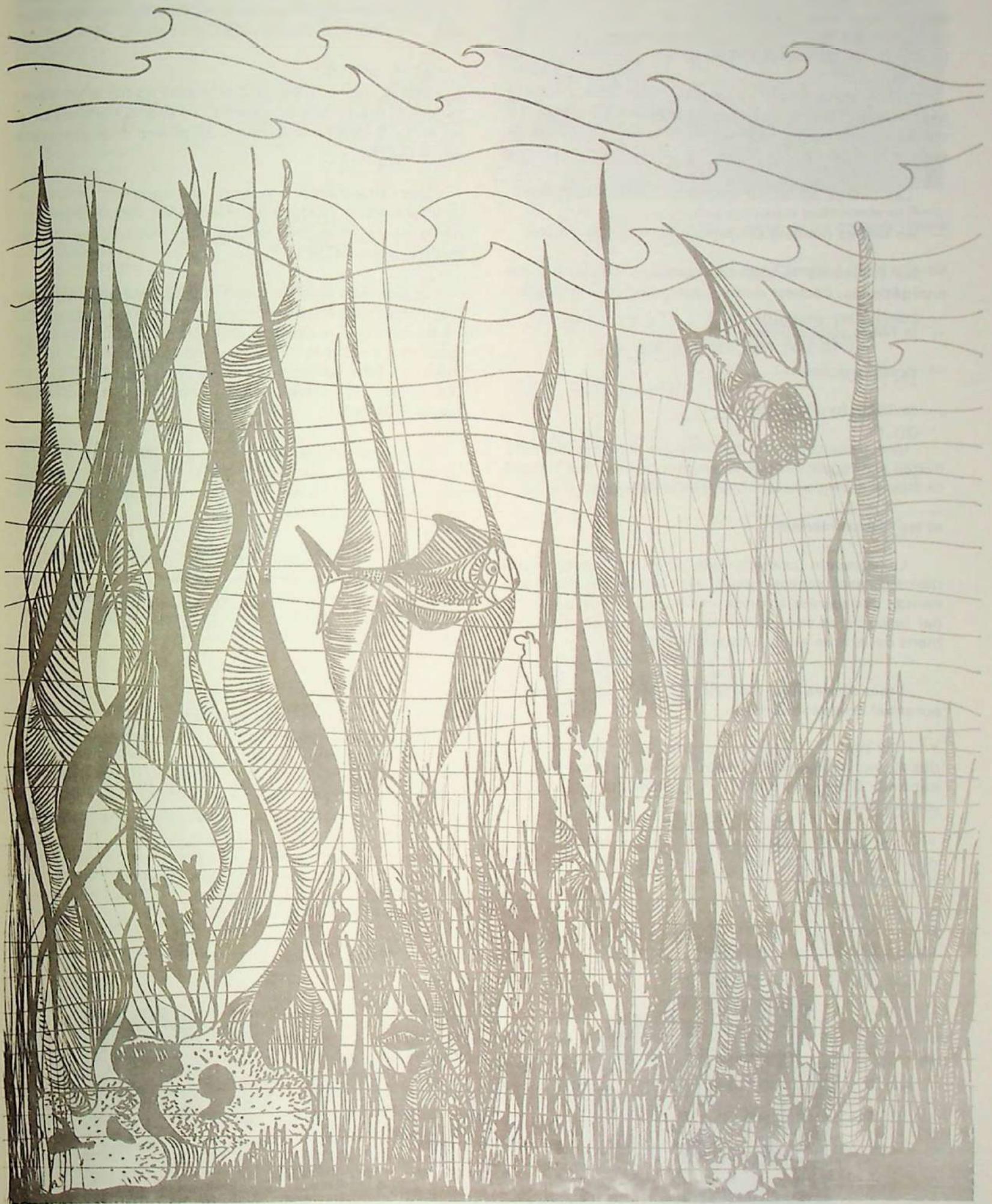
en %	Bretagne		France
	1975	2000	PAF (long terme)
Secteurs			
Résid./tertiaire	45,5	47	43,5
Transp. + mer	28	18	14,5
Agriculture . . .	3,5	5	4
Industrie . . . . .	23	30	38
TOTAL . . . . .	100	100	100

L'augmentation globale de consommation d'énergie par tête est pratiquement de 20 % en 25 ans. (taux d'augmentation annuel 0,68 %). Rappelons à titre de comparaison que les hypothèses officielles actuelles prévoient un doublement (+ 100 %) des besoins énergétiques en 25 ans (taux d'augmentation annuel 2,81 %).



Par rapport à l'évolution à long terme proposée pour l'hexagone par le PAF, le nouveau type de développement recherché en Bretagne est davantage centré sur l'exploitation de nos ressources naturelles (agriculture, pêche). La dispersion de notre habitat, favorable à une évolution plus équilibrée de l'occupation du territoire, maintient une dépense relativement plus forte en transports.





## 2) Un scénario de production d'énergies renouvelables.

Le niveau des besoins étant précisé (8,64 MTEP en énergie secondaire), il est nécessaire de prévoir la production de **9,52 MTEP en énergie primaire** pour l'an 2000 (+ 29 % par rapport à 1975).

Il faut donc noter que nous n'avons pas cherché à exploiter à 100 % le potentiel énergétique breton. Le niveau retenu reste compatible avec le respect des grands équilibres naturels.

Les filières suivantes sont successivement décrites :

- les filières marines (les algues, la houle, les marées)
- les filières de la biomasse terrestre (bois et cultures énergétiques, déchets domestiques, déchets d'élevage)
- la filière solaire directe
- la filière éolienne
- la filière hydraulique.

Une transformation des énergies primaires ainsi produites sera également précisée pour parvenir aux énergies finales et faire coïncider l'offre et la demande.

### a) les filières marines

La situation océanographique de la Bretagne est à maints égards exceptionnelle, avec son large plateau continental, ses marées à fortes amplitudes, ses rivages battus par la houle et son littoral découpé propre au développement de la flore et de la faune marine.

Trois filières ont été retenues pour l'exploitation du potentiel énergétique marin :

- « l'or brun » : il représente l'énergie récupérable à partir des algues marines après méthanisation (production de gaz naturel). C'est une forme dérivée d'énergie solaire (photosynthèse).
- « l'or bleu » : il représente l'énergie récupérable à partir des vagues, de la houle. C'est une forme particulière d'énergie éolienne

• « la houille verte » (ou « houille blanche marine ») : elle représente l'énergie récupérable à partir des marées. C'est donc une énergie d'origine lunaire et solaire.

#### a1 • or brun :

Seul le champ d'algues s'étendant du Conquet à Bréhat a fait l'objet d'une évaluation : sa productivité annuelle est de 12,5 TMS/ha moyenne. Son champ d'extension est de 36 000 ha.

Une extrapolation aux zones analogues de l'ensemble du littoral breton (surface approximative 100 000 ha) permet d'espérer une production de 1,25 million de tonnes de matière sèche (MTS).

La biomasse récoltée serait traitée dans des centrales bio-énergétiques des communes maritimes (apports mixtes biomasse marine + déchets agricoles + cultures énergétiques) et transformée en gaz naturel (méthane). Le rendement de méthanisation attendu est de 0,27 TEP/TMS (soit 3,4 TEP/ha). Le potentiel énergétique du champ d'algues est de 0,34 MTEP.

En admettant une exploitation possible de 10 à 20 %, « l'or brun » récupérable est de 0,034 à 0,068 MTEP, duquel il faut déduire la dépense énergétique pour la récolte et le transport (évaluation 10 %).

L'énergie brute récupérable est donc de 0,031, à 0,061 MTEP. On retiendra le chiffre de 0,04 MTEP. A noter que nous n'avons pas envisagé ici l'exploitation des « macrocystis » (Voir annexe « Techniques de production des énergies renouvelables »).

#### a2 • or bleu :

Notre voisine, la Grande-Bretagne, soutient un effort constant pour l'exploitation de cette énergie vers l'an 2000. Son potentiel houlomoteur est très important : 110 MTEP sur un contour de 1 700 milles, 10 milles au large de l'Iles Britanniques, soit plus de 2 fois l'énergie électrique distribuée en 1974. Le rendement des centrales houlomotrices est de 20 à 30 MW/km.

Nous ne retiendrons pour la Bretagne que les dispositifs ayant fait l'objet de réalisations en vraie grandeur (barges KAIMEI) ou de prototypes au 1/10 (« Canards » de



Fig. 10. — Une barge KAIMEI (Japon) photo Bull. CNEXO, janvier 1979).

SALTER ou « Radeaux » de COCKERELL). Le rendement prévisible est 2 à 3 fois inférieur à celui des britanniques :

– les barges de type KAIMEI : convertisseur pneumatique-électrique 80 m x 12 m ; déplacement 2 000 t. ; puissance moyenne disponible 0,5 MW soit 800 TEP annuelles.

– les « Canards » de SALTER (dispositifs fixes) ou les « radeaux » de COCKERELL (dispositifs mobiles) : puissance moyenne 10 MW/km soit 16 000 TEP annuelles. Les unités de production seront limitées à 1 km pour réduire l'impact sur l'environnement.

**Scénario retenu :**

- 50 unités (SALTER, COCKERELL) de 10 MW ..... 0,80 MTEP
- 250 barges (KAIMEI) de 0,5 MW ..... 0,20 MTEP

La filière houlomotrice nous permet de produire 1 MTEP

**a3 • houille verte ;**

L'extraction de l'énergie marémotrice exige la construction de barrages qui modifient fortement les écosystèmes. Seules des réalisations à petite échelle (type moulins à marée ou barrages circulaires au large) sont acceptables.

- barrage de la Rance (540 GWH) ..... 0,12 MTEP
- 10 unités de 54 GWH ..... 0,12 MTEP

La filière marémotrice nous permet de produire ..... 0,24 MTEP



Fig. 12. – L'énergie marémotrice est une énergie traditionnelle en Bretagne. Ci-dessus un moulin à marée sur les bords de l'Aulne (photo Vivre au Pays).

A noter que le barrage des Iles Chausey est exclu de scénario.

**TABLEAU 11 — Les filières marines (récapitulatif) (en MTEP)**

Algues (méthanisation) .....	0,04
Centrales houlomotrices .....	1,00
Centrales marémotrices .....	0,24
<b>TOTAL .....</b>	<b>1,28</b>

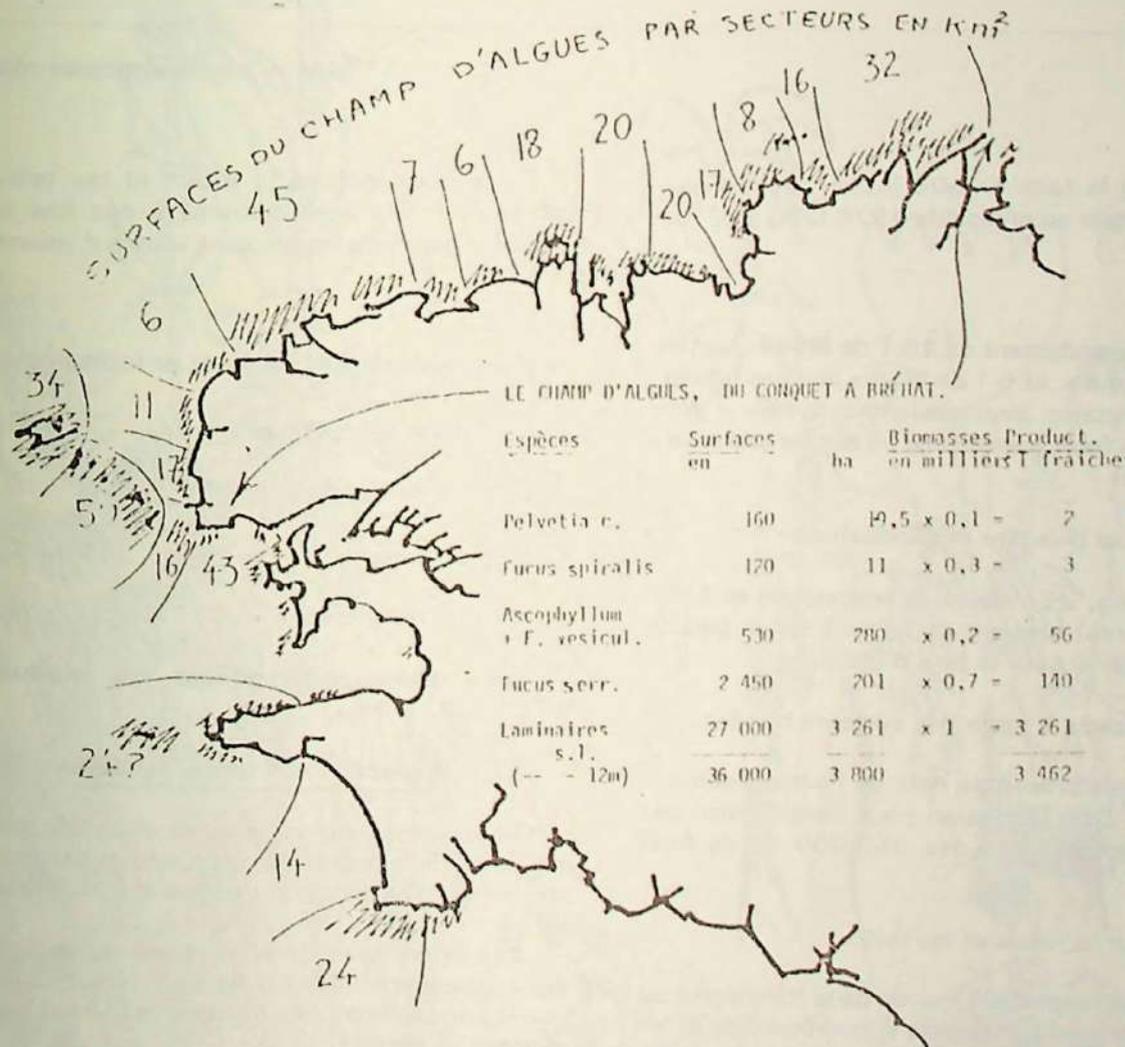


Fig. 11. — Le champ d'algues breton, du Conquet à Bréhat (d'après Claude Chassé, CNRS, Institut d'Études Marines, Brest).

## b) Les filières de la biomasse terrestre

Nous allons successivement évoquer :

— la production d'énergie par les surfaces boisées : déchets forestiers, plantations énergétiques et forêt linéaire.

— La production des terres agricoles : cultures énergétiques et déchets d'élevage.

### b1 • Production des surfaces boisées :

Nous donnons ici les grands traits d'un scénario détaillé en annexe.

— Nous nous sommes basés sur une répartition probable

des différentes formations (futaies, taillis, taillis sous futaies, landes...), en nous inspirant des précisions du Centre Régional de la Propriété forestière (tableau 12)

— Les surfaces en futaies augmentent légèrement (production de bois d'œuvre)

— Les taillis, taillis sous futaies sont partiellement convertis en plantations énergétiques, destinées à la production de carburants et combustibles.

— Une partie des landes est aussi transformée à cet effet : reboisement, ou simplement utilisation de la végétation naturelle : ajoncs, roseaux dans les zones humides.

TABLEAU 12 — Répartition des surfaces boisées An 2000 (en hectares)

Formation	Landes (L)	Futaies	Taillis sous futaies (TSF)	Taillis (T)	Peupleraies	Plantations énergétiques
Surfaces prévues	170 000	120 000	20 000	30 000	4 500	280 000
Solde des transformations (2000/1975)	- 130 000	+ 15 000	- 20 000	- 70 000	+ 2 000	+ 75 000 T, Tsf + 130 000 L + 75 000 (TAM)*

\*TAM = terres agricoles marginales

— la superficie de la forêt linéaire (haies, talus, alignements) reste inchangée au niveau de 1976 (280 000 ha).

#### • Rendements :

— Nous retenons le rendement de **10 T de MS/ha** pour les plantations énergétiques, et **5 T de MS/ha** pour les futaies, taillis et taillis sous futaies, ainsi que la forêt linéaire = (rendement moyen de la forêt française là où elle est exploitée : 10 T de MS/ha l'an)

#### • Production de bois d'œuvre et d'industrie :

Dans ce scénario, les besoins de la Bretagne en 2000 (4 millions d'hectares) seraient couverts à 60 % pour le bois d'œuvre, et 75 % pour le bois d'industrie.

#### • Production d'énergie à partir des surfaces boisées.

Les chiffres sont présentés nets de l'autoconsommation de la filière : 0,3 TEP/ha/an pour l'exploitation des plantations énergétiques et des 280 000 ha de forêt linéaire.

0,2 TEP/ha/an pour la futaie et les taillis.

D'autre part, le rendement moyen de la transformation de la biomasse sèche en carburants et combustibles est de 80 % : 70% pour les carburants, 90% pour les combustibles solides. En outre, 25% de la chaleur dispersée peuvent être récupérés (voir annexe).

En ce qui concerne la futaie et les taillis, seuls les déchets de scierie sont destinés à des fins énergétiques (grumes et petit bois fournissant le bois d'œuvre et d'industrie).

Production de la filière forêt et forêt linéaire :

plantations énergétiques . . . . . 0,812 MTEP

déchets de scierie . . . . . 0,026 MTEP

forêt linéaire . . . . . 0,364 MTEP

chaleur récupérée . . . . . 0,06 MTEP

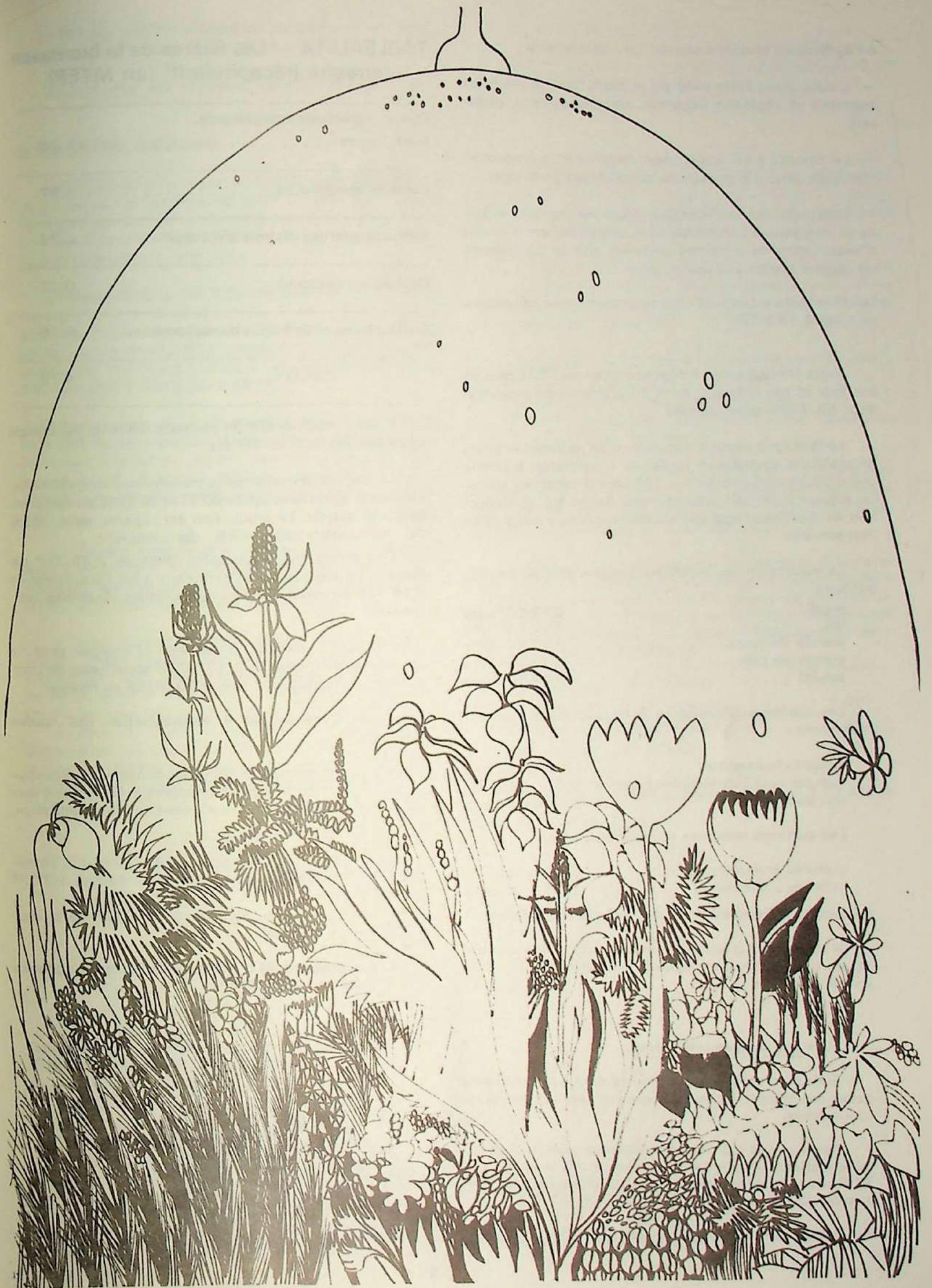
Cette filière nous permet de produire au total **1,26 MTEP**

### b2 • Production des terres agricoles:

Nous avons tenu compte des objectifs prioritaires : alimentation de la population bretonne et assurance d'un certain niveau d'exportation de produits alimentaires.

Les différentes étapes du raisonnement, la justification des différents rendements de transformation retenus, ainsi que la comparaison de quelques scénarios possibles, sont exposés en annexe.

Les modifications que nous nous proposons d'apporter



à l'agriculture bretonne peuvent se résumer ainsi :

— L'agriculture reste axée sur la production de protéines animales et végétales (légumes, pommes-de-terre, céréales)

— Le troupeau est entièrement nourri par la production régionale (plus d'importations de tourteaux et de soja).

— Une partie des surfaces fourragères est convertie en cultures énergétiques et industrielles, soit en limitant le niveau d'exportation de protéines animales, soit en généralisant un régime alimentaire moins carné.

Les filières de la biomasse terrestre permettent de produire au total **4,18 MTEP**.

Nous envisageons un régime moyen de 2723 calories par jour et par habitant, avec 90 grammes de protéines, dont 50 % d'origine animale.

La Bretagne exporte l'équivalent de sa consommation de protéines animales et végétales. L'agriculture bretonne doit donc fournir au total  $1,7 \cdot 10^8$  kilos de protéines animales (contre  $2,96 \cdot 10^8$  actuellement). Par contre, sa production de protéines végétales est bien supérieure à la production actuelle.

La ventilation des protéines d'origine animale serait la suivante :

<b>œuf</b>	<b><math>0,12 \cdot 10^8</math> kilos</b>
lait	$4,40 \cdot 10^8$ kilos
viande de boeuf	$0,20 \cdot 10^8$ kilos
viande de porc	$0,20 \cdot 10^8$ kilos
poulet	$0,07 \cdot 10^8$ kilos

Les surfaces nécessaires à la production d'aliment deviennent :

cultures fourragères	1,154 millions ha
cultures pour l'alimentation humaine	0,64 millions ha
soit au total	1,794 millions ha

Les surfaces restantes se répartissent ainsi :

cultures énergétiques	0,57 millions ha
cultures industrielles	0,03 millions ha

**Production d'énergie à partir des cultures énergétiques :**

A raison de 12 tonnes de matière sèche par hectare et par an (rendement des cultures fourragères) elles fournissent 4,8 TEP/ha.

### b3 • Les ordures ménagères :

Elles sont traitées dans des installations semblables à celles des complexes énergétiques, ou dans ces complexes eux-mêmes.

Nous avons pris comme référence pour évaluer leur potentiel énergétique les performances du procédé COMBOR, qui transforme les ordures ménagères en granulats combustibles, avec un rendement net de 85%.

— production ordures ménagères ( tableau 15 ) →

**TABLEAU 14 — Les filières de la biomasse terrestre (récapitulatif) (en MTEP)**

Forêts, plantations énergétiques, forêt linéaire	1,20
Cultures énergétiques	1,97
Méthanisation des déchets d'élevage	0,73
Déchets domestiques	0,12
Chaleur basse température de récupération	0,16
<b>TOTAL</b>	<b>4,18</b>

L'autoconsommation de ces cultures (engrais, énergie dépensée) est de 0,43 TEP/ha.

Le rendement moyen de la transformation en combustible solide (granulats) est de 90%, et de 70% en carburant liquide et gazeux. La production est répartie ainsi : 55% de combustible solide, 45% de carburant.

Cela donne une productivité nette de 3,46 TEP par hectare, en combustible et carburant, plus l'équivalent de 0,18 TEP en chaleur basse température récupérée (voir annexe).

Pour 0,57 millions d'hectares, l'énergie produite annuellement est donc de 1,97 MTEP sous forme de combustibles (ou carburants) plus 0,10 MTEP en chaleur.

**Production d'énergie par la méthanisation des résidus d'élevage :**

Vue la part importante des productions végétales envisagées, la fourniture de paille (matières cellulosiques) sera suffisante pour optimiser le rendement de la méthanisation,

Avec la structure d'élevage de 1977, il faut 2,14 millions d'UGB (Unité de Gros Bétail) pour fournir  $1,7 \cdot 10^8$  kilos de protéines.

Ce même troupeau donnera 0,73 MTEP de biogaz, c'est-à-dire de méthane.

**La production totale d'énergie pour les terres agricoles ressortit donc à : 2,80 MTEP.**

population	tonnage annuel par habitant (kg)	tonnage total (millions de T)
1,4 million en milieu rural	200	0,28
2,6 millions en milieu urbain (dont bourgs)	250	0,65
<b>TOTAL.....</b>	<b>450</b>	<b>0,93</b>

— Le PCI des ordures ménagères brutes (y compris impréscibles) peut être estimé à 1500 kcal/kg.

Après triage des ferrailles, verres, etc., ces ordures

représentent donc 0,14 MTEP.

— Avec un rendement net de 85%, on peut obtenir 0,12 MTEP sous forme de granulats.

### c) La filière éolienne

Le Bretagne est la région de France la plus favorisée en ce qui concerne l'énergie éolienne. Dans la zone côtière, l'énergie disponible annuellement, peut être estimée globalement à 4 000 kWh/m<sup>2</sup>. Dans la zone intérieure, elle est deux fois moindre en moyenne.

Plusieurs projets ont déjà été élaborés à l'échelle de l'hexagone (voir annexe) : du Projet SERRA-EDF de 1955, au Projet Alter Français de 1978, les différences portent sur le réseau et la puissance des aérogénérateurs utilisés. Le maximum d'énergie annuelle récupérable en Bretagne est de l'ordre de 6 MTEP.

Nous prendrons comme machine de base, une éolienne de 2 MW du type de celle qui fonctionne actuellement au Danemark (diamètre : 60 m ; axe horizontal à 40 m au-dessus du sol ; surface : 2800 m<sup>2</sup> ; rendement 50%). La densité maximale admissible est de 4 machines de base au km<sup>2</sup>.

— Dans la zone côtière, une machine fournit annuellement 5 600 MWH. Nous proposons l'installation de 1200 éoliennes permettant de récupérer 6,72 TWH soit 1,49 MTEP. Elles pourraient être ainsi réparties :

- dans la zone Nord (Cancale - Dol ; Cap Fréhel - Erquy ; Trégor ; Léon - Ouessant : 800 unités de production sur 200 km<sup>2</sup>. Il s'agirait par exemple, d'utiliser à cette fin 20 km de côtes léonardes sur 5 km de profondeur et 50 km du reste du littoral sur 2 km de profondeur.

- dans la zone Ouest (Presqu'île de Crozon ; Douarnenez - Le Cap ; Pays Bigouden) : 200 unités de production sur 50 km<sup>2</sup>. A cette fin, 10 km de côtes sur 5 km de profondeur pourraient être utilisés de Douarnenez à Locudy.

- dans la zone Sud (Port-Louis - Quiberon ; Piriac - La Turballe - Le Croisic ; Pointe Saint-Gildas ; Groix, Belle-Isle) : 200 unités de production soit 50 km<sup>2</sup> (50 km × 1 km de Locudy à Bourgneuf).

— Dans la zone intérieure : une machine fournit annuellement 2 800 MWH. Nous proposons l'installation de 800 éoliennes permettant de récupérer annuellement 2,24 TWH soit 0,50 MTEP.

La répartition des unités de production pourrait être :

- 300 pour les Monts d'Arrée (75 km<sup>2</sup>),
- 200 pour les Montagnes Noires (50 km<sup>2</sup>),
- 100 pour chacune des autres zones : Méné ; Landes de Lanveaux ; Sillon de Bretagne.

Au total, 2000 machines sont à mettre en œuvre permettant de produire annuellement 1,99 MTEP. Leur mise en œuvre demande une surface de 50 000 ha, (1,5% du territoire à usage agricole en grande partie).

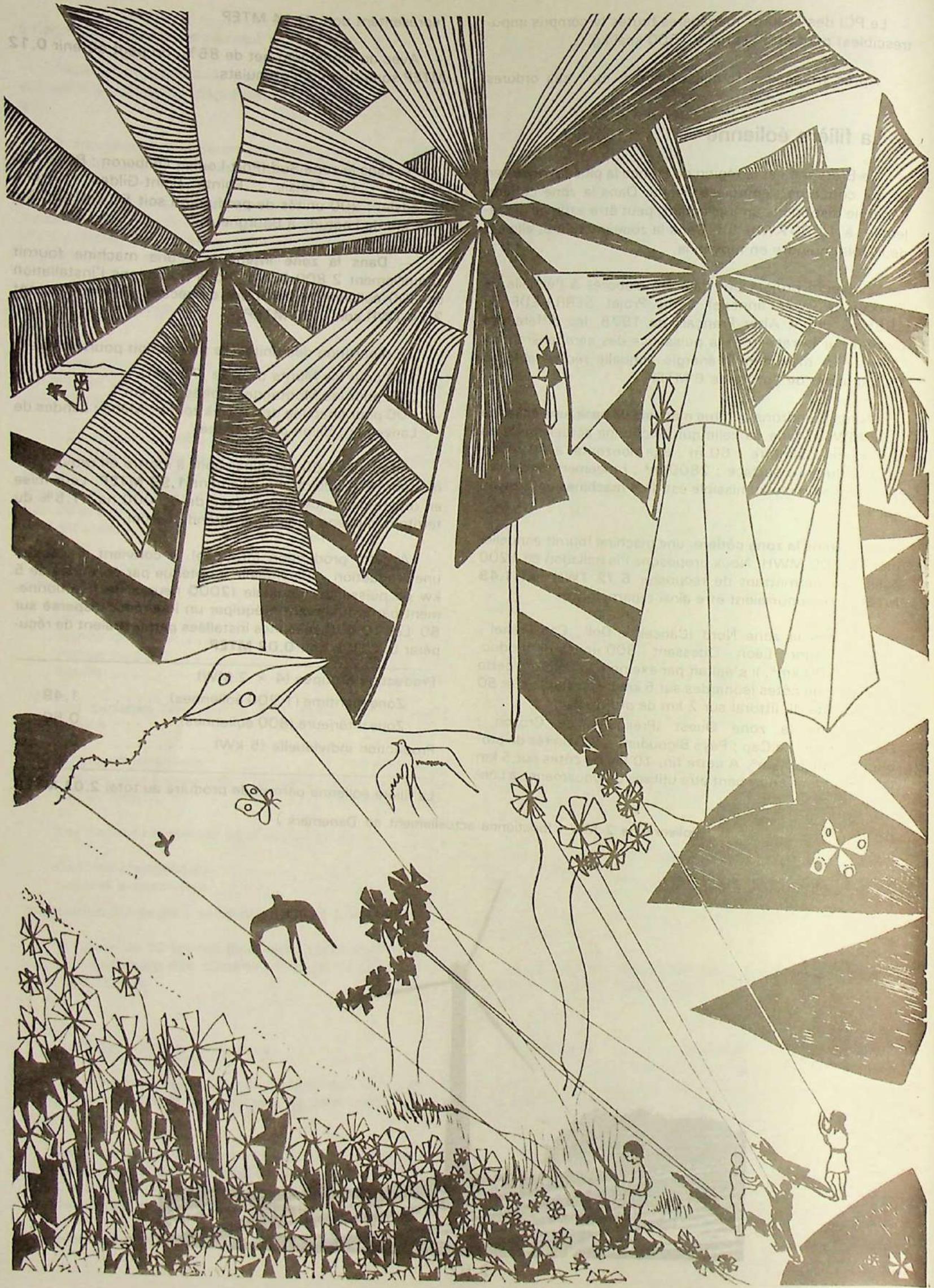
A cette production (groupée), il convient d'associer une production « individuelle » obtenue par éoliennes de 5 kw de puissance nominale (2000 heures de fonctionnement par an), servant à équiper un logement dispersé sur 50. Les 10 000 éoliennes installées permettraient de récupérer 0,1 TWH soit 0,02 MTEP.

Production groupée (4 × 2 MW)	
Zone maritime (1 200 éoliennes) . . . . .	1,49
Zone intérieure (800 éoliennes) . . . . .	0,50
<hr/>	
Production individuelle (5 kW) . . . . .	0,02

La filière éolienne permet de produire au total 2,01 MTEP.

éolienne de 2 MW ( fonctionne actuellement au Danemark )





## d) Filière solaire directe

Elle permet de récupérer la chaleur BT pour la consommation directe du secteur résidentiel et tertiaire.

L'ensoleillement de la Bretagne est au niveau de la moyenne hexagonale (1). On distingue :

— la zone sur littorale (de Concarneau à Pornic) qui bénéficie de 2 000 à 2 500 heures d'ensoleillement par an.

— la zone intérieure (Pleyben - Morlaix - Pontivy - Saint-Brieuc) : moins de 1 750 heures annuelles.

— le reste de la Bretagne bénéficie de 1 750 à 2 000 heures d'ensoleillement annuelles.

La chaleur solaire récupérable dépend de la structure retenue pour l'habitat. Rappelons celle proposée pour l'an 2000 :

Habitat rural  
ou en hameaux . . . . . 1,4 M hab. 460 000 logements  
Bourgs  
et villes moyennes . . . . . 1,1 M hab. 370 000 logements  
Villes importantes . . . . . 1,5 M hab. 500 000 logements

### • Production solaire des logements ruraux isolés et hameaux :

Un logement-type de 100 m<sup>2</sup> peut être équipé de 30 à 50 m<sup>2</sup> de capteurs et d'une cuve de stockage de 3 à 5 m<sup>3</sup> (ceci permet de couvrir 60% des besoins). Ce mode de production individuelle permet de produire annuellement 1 TEP par logement. En supposant un équipement aux 3/4 de ce type d'habitat ce sont 0,35 MTEP qui sont donc récupérables.

### • Production solaire des bourgs et villes moyennes :

La solution retenue est ici le chauffage collectif (centrale solaire + stockage + distribution canalisée d'eau chaude).

Le chauffage d'une petite ville de 2 000 habitants peut être intégralement assuré grâce à une installation de capteurs solaires et une cuve de stockage souterraine.

1) La France Solaire, Carte IGN, 1979.



## e) Energie hydraulique :

Contrairement à une idée trop répandue, les possibilités de production d'énergie électrique par l'équipement du réseau hydraulique breton semblent très limitées.

Le débit annuel total arrivant à la mer (hors Loire-Atlantique) est voisin de 186 m<sup>3</sup>/s. Il ne permet pas de dépasser un potentiel de 0,815 TWH dont une faible partie est effectivement récupérable.

Nous considérons que les 370 000 logements de cette catégorie sont chauffés à 100% par la chaleur solaire : à raison de 1,7 TEP par logement, la production attendue est de 0,63 MTEP.

### • Production solaire dans les villes importantes :

Si le type de chauffage décrit ci-dessus s'applique aisément aux quartiers périphériques et aux lotissements neufs des plus grandes villes, on conçoit aisément qu'il soit d'utilisation malaisée dans le cadre des villes (encombrement de l'espace, unité de style, etc.).

Nous considérons que les 3/4 des logements de nos « villes importantes » de l'an 2000 (soit 380 000 sur 500 000 logements) pourront être chauffés grâce aux capteurs solaires. La production de chaleur solaire sera donc de 0,65 MTEP.

### • Le secteur tertiaire :

De même que le cas précédent, nous considérons que les 3/4 des besoins en chaleur BT des locaux tertiaires de l'an 2000, proviendront des capteurs solaires soit 0,41 MTEP.

TABLEAU 16 — Filière solaire directe (récapitulatif) (en MTEP)

Logements ruraux isolés et hameaux . . . . .	0,35
Bourgs et villes moyennes . . . . .	0,63
Grandes villes . . . . .	0,65
Secteur tertiaire . . . . .	0,41
<b>TOTAL . . . . .</b>	<b>2,04</b>

La filière solaire (thermique) produit au total 2,04 MTEP. La surface totale nécessaire aux capteurs solaires est d'environ 10 000 ha — soit 0,3 % de la surface totale du territoire — en plus grande partie à usage mixte.

Il faut noter cependant l'intérêt de l'énergie hydraulique pour des sites particuliers ou dans des périodes limitées (crues).

Nous ne retiendrons qu'un chiffre de 0,01 MTEP d'énergie d'origine hydraulique exploitable pour la Bretagne.

## f) Récapitulatif : Filières de production d'énergies renouvelables

TABLEAU 17 — scénario de production

	MTEP	%
MER . . . . .	1,28	13
Algues . . . . .	0,04	
Centrales Marémotrices . . . . .	0,24	
Houlomotrices . . . . .	1,00	
AGRICULTURE . . . . .	4,18	44
Forêts/Forêts linéaires . . . . .	1,26	
Cultures énergétiques . . . . .	2,07	
Déchets élevage . . . . .	0,73	
Déchets domestiques . . . . .	0,12	
EOLIENNE . . . . .	2,01	21
SOLAIRE DIRECTE . . . . .	2,04	22
HYDRAULIQUE . . . . .	0,01	
TOTAL PRIMAIRE . . . . .	9,52	100

Il faut noter la part importante du poste biomasse terrestre (44% du total). Le scénario retenu laisse la place à la satisfaction des besoins alimentaires complets des Bretons et à l'exportation.

La contribution des postes énergie éolienne (21%) et solaire directe (22%) est également sensible. Dans le cadre des techniques retenues, ceci paraît être un maximum en raison des servitudes pour l'environnement.

Nous n'avons par contre, proposé qu'une contribution modeste des énergies marines (13%) en raison des incertitudes qui subsistent sur la faisabilité de certains procédés. Nous avons rejeté résolument tout projet gigantesque aboutissant à de profondes modifications des écosystèmes côtiers.

### 3) Les filières de transformations

Le scénario de production de nos énergies primaires étant précisé, il importe de les faire correspondre aux besoins effectifs en chaleur (BT, MT, HT), combustibles (CS, CL, CG) et en électricité spécifique, d'adapter l'offre à la demande (tableau 18), de permettre un régime de production stable dans le temps.

#### a) Les pertes en distribution :

Elles sont évaluées à 10 % en chaleur basse température, 3 % en combustibles et 10 % en électricité, ce qui correspond aux normes habituelles.

Compte tenu de ces pertes obligatoires, il nous reste un défaut de 1,65 MTEP en chaleur (dont une partie évaluée à 0,08 MTEP — en Haute Température pour l'industrie) ; un excès de 1,31 MTEP en combustibles et de 0,55 en électricité.

#### b) Régulation saisonnière et journalière de la production d'électricité :

Nous n'avons envisagé qu'une production d'électricité par voie éolienne (terrestre ou marine) à 92 %. Celle-ci est soumise à une variation saisonnière non négligeable (30 % de la production en hiver, 26 en automne, 24 au printemps, 20 en été). Il est nécessaire d'introduire une filière supplémentaire permettant une régulation saisonnière pour l'offre en électricité à la demande (27 % en hiver, 28 à l'automne, 24 au printemps et 21 en été). Ceci peut être réalisé grâce à des centrales thermiques classiques brûlant une partie de l'excès de combustibles. Au rendement conventionnel de 0,39 on obtient annuellement 0,95 MTEP d'électricité grâce à la combustion de 0,95 MTEP de com-

TABLEAU 18 — (détail du tableau page 3)  
Les filières de transformation  
(énergies en MTEP)

Energies	Chaleur (BT,MT,HT)	Combustibles (CS,CG,CL)	Electricité	TOTAL
E. Utilisables	3,63	2,63	2,38	8,64
E. primaires	2,20	4,06	3,26	9,52
Pertes dist.	0,22	-0,12	-0,33	-0,67
Offre-demande	-1,65	+1,31	+0,55	
Product. H <sub>2</sub>		+0,10	-0,42	-0,32
Combust. H <sub>2</sub>	+0,08	-0,10		-0,02
Combust. CSGL	+0,30	-0,36		-0,06
Pomp. à chaleur	+1,19		-1,08	+0,11
Centrales therm.	+0,08	-0,95	+0,95	+0,08
E. FINALES	3,63	2,63	2,38	8,64

BT, MT, HT = basse, moyenne et haute températures.  
CSGL = Combustibles solides, gazeux, liquides.

bustibles. A noter que la récupération d'une partie de la chaleur rejetée dans l'environnement permet en outre de disposer de 0,08 MTEP de chaleur BT.

L'adaptation parfaite de l'offre à la demande dans la journée sera en outre assurée par l'interconnexion du réseau breton aux réseaux régionaux de l'hexagone.

#### c) La production de chaleur HT pour l'industrie :

Elle est obtenue par la combustion de l'hydrogène, produite par électrolyse de l'eau. Nous envisageons la mise en œuvre d'électrolyseurs de puissances comprises entre 10 kW et 1 000 kW dont le rendement net est de 24 %. Pour obtenir 0,10 MTEP d'hydrogène 0,42 MTEP d'électricité sont nécessaires. La combustion (au rendement de 0,80) permet de produire finalement 0,08 MTEP de chaleur HT.

## 4) Limites et développement du scénario

Nous soulignons tout d'abord que l'utilisation des énergies indéfiniment renouvelables permet de sortir des contradictions des partisans du nucléaire et des utilisateurs de pétrole.

Ceux qui déclarent « l'abandon du nucléaire, c'est le retour à l'âge de la bougie ! » ne sont décidément pas crédibles ! L'utilisation exclusive des énergies indéfiniment renouvelables dégage suffisamment d'énergie pour envisager un véritable décollage économique de la Bretagne, d'ici à l'an 2000, en assurant une croissance des besoins en énergie de + 67 % à l'agriculture, + 50 % à l'industrie et de + 33 % du secteur des activités maritimes, tout en garantissant une amélioration du niveau de vie de 22 %. Si nous avons recherché une limitation des échanges — l'objectif à long terme est d'aboutir non à l'ultraspécialisation de nos sociétés actuelles, mais au contraire à une plus grande diversification des productions — il faut noter que la Bretagne resterait largement exportatrice en produits de la terre et de la mer, au prix d'une légère modification de notre régime alimentaire.

A vrai dire, si c'était nécessaire, la Bretagne pourrait aussi exporter de l'énergie !...

#### Les équilibres naturels sont respectés...

On voit que le rejet du nucléaire, ne nous a nullement conduit dans le camp des « pétroliers ». Le pétrole — et d'une façon plus générale, les combustibles fossiles — est l'objet d'une critique radicale des écologistes : sa combustion dégage dans l'atmosphère du gaz carbonique, dont l'accumulation est susceptible à long terme de modifier les climats de la planète Terre. Les combustibles fossiles sont, en quelques sorte, de l'énergie solaire en conserve : de la matière carbonée produite par photosynthèse puis lentement transformée par bio-dégradation. Ce processus nécessite quelques millions d'années et voici que l'homme remet en circulation, en quelques dizaines d'années, dans la Biosphère d'importantes quantités de carbone, de gaz carbonique, en circulation. Au rythme actuel, on peut calculer que la teneur en gaz carbonique dans l'atmosphère augmenterait chaque année de 1%. Certes les écosystèmes terrestres et marins sont capables d'une fonction de régulation par la photosynthèse. Celle-ci semble insuffisante et dans les faits, le déséquilibre s'accroît. La seule

#### d) Le déficit de chaleur basse et moyenne température :

Il est comblé par l'usage de :

— pompes à chaleur dont le coefficient de performance est ici de 2,33 : la consommation de 1,08 MTEP d'électricité permet ainsi de récupérer 1,19 MTEP de chaleur BT.

— combustion de l'excédent de combustibles solides, liquides et gazeux soit 0,37 MTEP pour obtenir (au rendement de 0,80) 0,30 MTEP de chaleur BT, MT.

Les filières de transformation utilisées : centrales thermiques, hydrogène, pompes à chaleur, chaudières assurent le bouclage de notre bilan, soit la fourniture annuelle moyenne de 3,63 MTEP en chaleur ; 2,63 en combustibles et 2,38 en électricité.

position cohérente pour un écologiste est, dès lors, de ne jamais accepter le rejet dans l'atmosphère de quantités de gaz carbonique supérieures à celles qui en sont retirées chaque année par la photosynthèse. En clair, ceci signifie qu'il faut faire les carburants à partir de la biomasse terrestre ou marine. c'est ce que nous proposons dans le P.A.B et en cela nous respectons, a priori, les grands équilibres naturels.

Il faut cependant aller au-delà et se demander si le développement des cultures énergétiques n'aboutit pas à une surutilisation du sol. En fait les cultures de la luzerne ou du ray-gras présentent un bilan humique nettement positif. Pour ce qui est du bilan minéral azoté les apports réguliers des ordures ménagères, des ordures et des résidus de méthanisation sont également favorables à un équilibre. Quant aux écosystèmes marins nous n'avons pas suivi les sirènes qui nous entraînaient vers les macrosystèmes, en raison des risques présentés pour nos eaux côtières, sans contrepartie réelle.

#### Quelles sont les limites de notre scénario ?...

Nous reviendrons dans notre conclusion générale sur les implications économiques de notre scénario. Nous examinerons ici ses limites et les développements possibles, en ce qui concerne la production d'énergie.

Un développement des énergies marines dans le cadre des filières préconisées peut être obtenu en améliorant le tonnage d'algues récupérable, le rendement des centrales houlomotrices, le nombre et la puissance des centrales marémotrices. Pour les algues, il est difficile d'envisager une production totale de biogaz supérieure à 0,2 MTEP avec un rendement de 3,4 TEP à l'hectare. Pour les centrales houlomotrices l'amélioration de leur rendement ne permet pas d'espérer actuellement une puissance 2 à 3 fois supérieure à 10 MW par km. Cependant, leur nombre ne saurait être accru en forte proportion sans gêne sérieuse pour l'environnement. Des dispositifs off-shore (au large) offrent sans doute une perspective plus intéressante. Pour les centrales marémotrices, rappelons que si le potentiel est certainement supérieur à 10 MTEP d'électricité, son exploitation à grande échelle entraîne, par les dispositifs actuels, de tels bouleversements des écosystèmes côtiers qu'elle est inacceptable.

Une augmentation du faible niveau retenu dans notre



scénario pourrait cependant venir de l'utilisation directe des courants de marée.

Le potentiel solaire direct est important. La quantité d'énergie récupérable est directement proportionnelle à la surface des capteurs. Nous n'avons pas envisagé d'implantations de centrales thermosolaires pouvant fournir de la chaleur Haute température pour l'industrie, elles paraissent plus adaptées au climat méditerranéen. La filière photovoltaïque, non comptabilisée dans notre bilan, est par contre susceptible de fournir en Bretagne 0,3 MTEP d'électricité.

Le gisement solaire « agricole » n'a pas été exploité au maximum. Le rendement annuel moyen envisagé n'est que de 3,41 TEP à l'hectare pour les cultures énergétiques. La production de cette filière peut être augmentée soit par l'extension des surfaces cultivées — mais il y a compétition avec les besoins alimentaires et le niveau d'exportation souhaité — soit grâce à un rendement supérieur. Un niveau de 18 tonnes de matière sèche à l'hectare (contre 12 ici retenu) est envisageable, sans épuisement du sol et apports massifs d'engrais, pour les cultures capables d'assimiler directement l'azote atmosphérique. Dans ces conditions un niveau de 4 MTEP de combustibles pourrait être atteint. A noter que le solaire agricole peut également fournir de la chaleur BT et MT par pyrolyse et cogénération des déchets organiques ou de la matière sèche.

L'exploitation du potentiel éolien terrestre (voisin de 6 MTEP électriques) ne devrait pas dépasser à notre avis le niveau envisagé de 2 MTEP en raison des servitudes pour le paysage. Des systèmes off-shore permettraient cependant de faire abstraction de ces contraintes, pour répondre à une éventuelle demande supplémentaire d'électricité.

Ainsi, la Bretagne regorge d'énergies ! Un doublement du niveau proposé est certainement possible. Il est urgent, de développer une politique de recherche cohérente et soutenue — tant appliquée que fondamentale — dans le domaine des « énergies nouvelles ».

La responsabilité des instances officielles bretonnes est largement engagée...

#### Qui peut le plus, peut le moins...

Le scénario étudié dans ce document prévoit une évolution rapide de la situation actuelle — où les combustibles fossiles assurent la quasi totalité de notre production énergétique — à l'an 2000 où nous n'envisageons que les énergies renouvelables. Il est évident que « qui peut le plus, peut le moins », et qu'en particulier une évolution intermédiaire avec utilisation de combustibles fossiles reste possible. Mais las d'attendre le pétrole de l'Iroise, qui tel un serpent de mer, apparaît puis périodiquement disparaît, il était urgent de connaître nos potentialités dans le domaine des énergies indéfiniment renouvelables. Et de toute façon le pétrole et les combustibles fossiles nous apparaissent comme des produits trop précieux pour devoir être gaspillés en les brûlant. D'autres usages plus nobles (carbo et pétrochimie) devront leur être réservés.

Nous ne saurions trop souligner cependant que, contrairement au modèle de développement industriel que nous connaissons, le problème n'est pas de produire de l'énergie à tout prix, n'importe comment. Il faut s'accorder d'abord sur les besoins réels, sur ce que l'on veut et définir les moyens d'y arriver. En atteignant nous pensons avoir montré que l'on peut vivre mieux et autrement en Bretagne sans pétrole et sans nucléaire !





## CONCLUSION

*Au terme de cette étude, nous pouvons bien percevoir l'alternative qui se présente à la Bretagne d'aujourd'hui, les deux issues de cette « croisée des chemins ».*

*Ou bien — avec le reste de l'Hexagone — elle se situe dans le mode de production industriel capitaliste et alors, rien ne change : notre économie reste marginalisée ; notre dépendance énergétique reste totale — à cet égard, le nucléaire ne fait que la renforcer ; notre système de production reste centralisé ; notre population vieillit ; notre vocation « touristique » prend le dessus des autres priorités...*

*Ou bien — mais le problème concerne aussi l'Hexagone et les autres peuples d'Europe et du Tiers-Monde — elle s'engage résolument vers une autre mode de développement, une société plus décentralisée dont la recherche de l'autonomie énergétique est une des clefs.*

*Il est essentiel de bien situer la dynamique introduite dans nos sociétés par la recherche des énergies « nouvelles ». Ce n'est pas leur mise en œuvre qui est en soi un facteur de changement, un facteur de révolution. Elles peuvent être, en effet, considérées uniquement comme « énergies complémentaires », appoint indispensable au pétrole et au nucléaire pour maintenir le modèle de consommation « à l'américaine » et de production industrielle. Contrairement à une idée encore trop répandue, les énergies « nouvelles », les « énergies solaires », sont parfaitement récupérables par le système actuel : le four solaire d'Odeillo a servi de creuset d'essais de matériaux pour les centrales nucléaires ; les trusts pétroliers investissent dans la fabrication des photopiles ; les multinationales nucléaires s'intéressent de très près à l'énergie thermique des mers ou à l'énergie marémotrice. Il y a du profit à faire sur le solaire et dans une telle perspective, la sauvegarde des écosystèmes est la dernière roue de la charrette.*

*Ce qui est « révolutionnaire » dans la société « ALTER », c'est précisément le choix délibéré de satisfaire les besoins dans une optique de stabilisation des consommations. C'est l'arrêt de la course effrénée au « plus avoir » pour permettre « le plus être » et le « plus être ensemble ». Ce type de développement est la condition nécessaire à une société égalitaire. Egalitaire en son sein, mais également avec les autres nations du Monde. Notre objectif n'était pas de préciser le système économique compatible avec la réalisation de ce nouveau mode de développement, avec la recherche de l'autonomie énergétique ; il est clair cependant que le régime économique et politique actuel ne répond pas aux conditions définies.*

*Nous avons le sentiment que la Bretagne bénéficie d'une situation exceptionnelle pour changer de cap. Encore faut-il que le mouvement populaire prenne en charge le problème dans toutes ses dimensions. N'aurions-nous réussi qu'à lui faire prendre conscience qu'il est urgent d'agir ?... Nous aurions atteint notre but !*

*La solution au problème posé est politique. L'intérêt du PROJET ALTER BRETON est de donner des éléments de réflexion pour un débat plus large sur la réalisation concrète d'une société autogestionnaire et écologique.*

**Utilisation et production d'énergies renouvelables**  
(pour les 5 départements bretons, chiffres en millions de tonnes d'équivalent pétrole)

	SECTEUR	CHALEUR <small>(basse et haute temp.)</small>	COMBUSTIBLES <small>(solides, liquides, gazeux)</small>	ELECTRICITE	TOTAL
UTILISATION	- Résidentiel . . . . .	2,27	0,13	0,70	3,10
	- Tertiaire . . . . .	0,55		0,40	0,95
	Transports personnes		0,87	0,15	1,02
	marchandises . . . . .		0,25	0,05	0,30
	Agriculture . . . . .	0,14	0,22	0,04	0,40
	Pêche, aquaculture . . . . .		0,28	0,02	0,30
	Industrie . . . . .	0,67	0,88	1,02	2,57
	<b>TOTAL besoins . . . . .</b>	<b>3,63</b>	<b>2,63</b>	<b>2,38</b>	<b>8,64</b>
PRODUCTION	1 algues . . . . .		0,04		0,04
	houliomotrices . . . . .			1,00	1,00
	marémotrices . . . . .			0,24	0,24
	2 forêts, talus, etc. . . . .	0,06	1,20		1,26
	cultures énergétiques . . . . .	0,10	1,97		2,07
	déchets élevage . . . . .		0,73		0,73
	déchets domestiques . . . . .		0,12		0,12
	3 éoliennes . . . . .			2,01	2,01
4 solaire thermique . . . . .	2,04			2,04	
5 hydraulique . . . . .			0,01	0,01	
	<b>TOTAL primaire . . . . .</b>	<b>2,20</b>	<b>4,06</b>	<b>3,26</b>	<b>9,52</b>
TRANSFORMATION ET PERTES	pertes distributions . . . . .	-0,22	-0,12	-0,33	-0,67
	production - besoins . . . . .	-1,65	+1,31	+0,55	
	production hydrogène . . . . .		+0,10	-0,42	-0,32
	combustion hydrogène . . . . .	+0,08	-0,10		-0,02
	autres combustions . . . . .	+0,30	-0,36		-0,06
	pompes à chaleur . . . . .	+1,19		-1,08	+0,11
	centrales thermiques . . . . .	+0,08	-0,95	+0,95	+0,08
	<b>TOTAL FINAL . . . . .</b>	<b>3,63</b>	<b>2,63</b>	<b>2,38</b>	<b>8,64</b>

Correspondance : Groupe PAB - Paul TREGUER, 11, rue Dürer, 29200 BREST.

*Couverture et illustrations de Christian Anat.*

