



CIRCULAIRE D'INFORMATION

Date

Novembre 1974

Sujet

Santé publique

Library reference copy No.

Not lib loan

60

SPC Library



41481

Bibliothèque CPS

L'ENERGIE SOLAIRE

Etude économique d'un chauffe-eau solaire

par

C. Richard
Ingénieur de Santé Publique
Commission du Pacifique Sud

Les gens qui ne croient pas aux vertus des formes d'énergie naturelle sont encore trop nombreux, particulièrement dans le Pacifique Sud.

Et pourtant, cette vaste région du globe est l'une des mieux placées dans ce domaine. On ne peut en effet créer de l'énergie, domestique et industrielle, que si l'on bénéficie de ressources naturelles en relative abondance. Citons le soleil, l'eau, le vent, les marées qui, en conjonction avec certains éléments tels que la nature des sols, leur couverture, leur morphologie, peuvent donner lieu à la fabrication d'appareils simples ou compliqués fournissant une forme d'énergie bon marché.

Dans les îles, les appareils simples de construction, de fonctionnement et d'entretien, retiendront seuls notre attention.

Certaines ressources naturelles se présentent sous plusieurs formes exploitables. L'eau peut être utilisée dans les rivières, les lacs, la mer, ou encore sous forme de précipitations ou de vapeur.

Le soleil, quant à lui, fournit deux éléments essentiels : lumière et chaleur. Ces deux éléments varient considérablement avec la latitude et l'altitude du lieu considéré. Dans le Pacifique Sud, ils sont nettement excédentaires.

M812

603/74

En ce qui concerne les températures annuelles moyennes, on peut distinguer deux grandes zones :

- 1) La zone très chaude : (minimum : 23°C - maximum : 30°C).
Nauru, Wallis et Futuna, Samoa Occidental, Tokelau, Iles Gilbert et Ellice, Territoire sous Tutelle des Iles du Pacifique (sauf les Iles Mariannes), Samoa américaines ;
- 2) La zone chaude : (minimum : 15°C - maximum : 28°C).
Nouvelle-Calédonie, Polynésie française, Niue, Pitcairn, Norfolk, Tonga, Fidji, Iles Marianne, Nouvelles-Hébrides, Iles Salomon, Iles Cook.

A noter que le Papua Nouvelle-Guinée appartient aux deux zones.

La durée d'insolation n'est pas mesurée partout. Mais elle est généralement importante. Il ne faut pas la confondre avec la durée d'éclairement qui est essentiellement fonction de la latitude du lieu considéré. Enfin, on mesure de nos jours sans problème la radiation incidente directe et la radiation globale au sol.

Si l'on fait le bilan radiatif du système "terre-atmosphère", selon Remonieras (1960), on admet en moyenne que 43% de la radiation solaire interceptée aux confins de l'atmosphère terrestre est diffusée vers les espaces sidéraux et constitue "l'albédo" de notre planète ; sur les 57% restants, en moyenne annuelle et pour l'ensemble de la terre :

- 12 % sont transformés en chaleur par la vapeur d'eau de l'atmosphère ;
- 5 % sont absorbés par l'Ozone, le CO₂, les poussières et les nuages ;
- 40 % atteignent la surface du sol où ils sont partiellement absorbés, réfléchis ou diffusés vers le haut.

On appelle constante solaire le flux d'énergie incidente traversant l'unité d'aire d'une surface, placée à la limite supérieure de l'atmosphère et orientée perpendiculairement aux rayons solaires lorsque la terre se trouve à sa distance moyenne annuelle du soleil (149.10⁶ km).

Selon Johnson (1954), la valeur de cette constante est de :

$$2 \pm 0,04 \text{ calories par minute et par cm}^2 ;$$

soit 1.200 kilocalories par heure et par m^2 , ou

1,39 kW par m^2 .

L'intensité de la radiation "directe" est réduite de 1,39 à $0,74 \text{ kW}/m^2$ mais peut, par "radiation diffuse" ou "rayonnement du ciel" augmenter d'environ 15 %.

La mesure de l'intensité solaire est réalisée au moyen de solarimètres ou de pyréliomètres dont l'organe sensible est le plus souvent un ensemble de minuscules thermo-couples groupés en série sur une petite surface "noire" soumise à la radiation à mesurer. La radiation directe est rarement mesurée. Les observations portent en général sur la "radiation globale", mais quelques stations du Pacifique Sud, les moins mal équipées, se bornent à mesurer la durée d'insolation.

On trouvera en annexe un tableau récapitulatif donnant pour tous les territoires :

Colonne 1 : Latitude

Colonne 2 : Durée journalière (moyenne annuelle)
d'éclairement

Colonne 3 : Radiation totale (juin et décembre) en kW/m^2

Colonne 4 : Durée d'insolation annuelle, en heures

Colonne 5 : Température moyenne annuelle en degrés
centigrades

Colonne 6 : Module pluviométrique annuel, en millimètres

Colonne 7 : Nombre moyen de jours de pluie dans l'année

Les renseignements figurant dans ce tableau montrent :

- a) qu'il n'y a nulle part (sauf à Norfolk) de température moyenne annuelle inférieure à 20°C ;
- b) que la radiation totale, même au creux de l'hiver, est rarement inférieure à $0,20 \text{ kW}/m^2$ (Norfolk) ;
- c) que les durées moyennes d'insolation sont nettement au-dessus de 2.000 heures/an. ;
- d) que les durées d'éclairement journalier se situent entre 12 et 13 heures ;
- e) que ce sont les pays à température moyenne élevée (Equateur) qui ont le plus grand nombre moyen de jours de pluie.

Toutes les conditions sont donc réunies pour rendre le chauffe-eau solaire compétitif, surtout dans des régions où le kWh de courant électrique est cher, parce que les centrales sont généralement de petites ou moyennes centrales thermiques nécessitant l'importation d'un fuel dont le coût ne cesse d'augmenter.

Selon H. Tabor (Working Party on Solar Energy, UNESCO, Paris 27-29 June 1973), il est relativement simple d'étudier la faisabilité d'un chauffe-eau solaire en comparaison d'un chauffe-eau électrique de capacité identique.

L'unité solaire dispose de capteurs d'une superficie totale $A \text{ m}^2$, d'une efficacité moyenne annuelle E . et d'un réservoir de stockage. Elle possède généralement un thermostat commandant une résistance électrique si le courant est disponible. On peut supposer que le coût du réservoir et de la résistance électrique est le même dans les deux cas.

Soit p le prix par mètre carré de capteur, le coût du chauffe-eau solaire s'écrit : $pA + a + b$.

avec a = coût de l'installation et de la plomberie ;

b = coût du réservoir et de la résistance électrique.

Soit J le coût annuel du capital, intérêt et dépréciation, sous forme fractionnaire, on obtient pour le coût du système de chauffe-eau solaire, l'expression suivante :

$$J(pA + a + b) + cq + m$$

expression dans laquelle q est l'énergie électrique exprimée en kWh pour l'appoint parfois nécessaire, c le coût du kWh et m le coût annuel pour l'entretien.

Pour déterminer le coût du système normal électrique, il faut remarquer que la fourniture annuelle de chaleur par le chauffe-eau solaire est $EQ_a A + q$. Dans cette expression Q_a est l'insolation totale annuelle exprimée en kWh par mètre carré, et E est l'efficacité moyenne annuelle de captage solaire. Pour fournir la même chaleur par l'électricité, il faudra dépenser :

$$(Jb) + c(EQ_a + q) + m_e$$

Le premier terme représente les charges annuelles du capital sur le réservoir et la résistance électrique, le dernier terme les dépenses pour l'entretien. L'installation solaire est rentable si :

$$J(pA + a + b) + cq + (m - m_e) < Jb + c(EQ_a + q)$$

ou, après transformation :

$$J(p + \frac{a}{A}) < cEQ_a + (m_e - m)$$

Ce calcul a été fait pour le territoire de la Nouvelle-Calédonie sur la base des données suivantes :

J = 1,19 F CFP	c = 11 F CFP
p = 11.000 F CFP	E = 0,85 F CFP
a = 27.000 F CFP	Q _a = 2.400 F CFP
A = 3m ²	m = 10.000 F CFP
	m _e = 3.000 F CFP

On trouve 23.800 < 29.440, soit 23,7 % de rentabilité

Il est également intéressant de calculer, par un exemple concret, le temps nécessaire pour l'amortissement d'un chauffe-eau solaire sur la base d'une comparaison avec un chauffe-eau électrique.

Nous avons choisi un appareil électrique de 150 litres, dont le prix en Nouvelle-Calédonie est de 39.000 F CFP et qui nous a paru le plus équivalent à un chauffe-eau solaire de 180 litres dont le prix s'élève à 115.000 F CFP. Dans ces prix sont inclus les frais de pose, plomberie, etc.

Nous avons supposé la différence à l'achat, soit 76.000 F CFP, placée à un intérêt de 9 %, rapportant donc 6.840 F CFP, venant en déduction de la note d'électricité pour l'appareil électrique.

Dans la consommation électrique nous avons tenu compte de l'augmentation probable du courant : 7 % par an. Les frais d'entretien n'ont pas été pris en considération.

La consommation d'électricité pour un appareil solaire est d'environ 10 % de celle requise par l'appareil électrique, cette estimation étant valable pour la Nouvelle-Calédonie.

La courbe tracée sur le diagramme en annexe montre que :

ERRATA

Prière de rectifier comme suit les chiffres de la page 5 :

5ème ligne, 1ère colonne

$$J = 1,19$$

6ème ligne, 2ème colonne

$$E = 0,85$$

7ème ligne, 2ème colonne

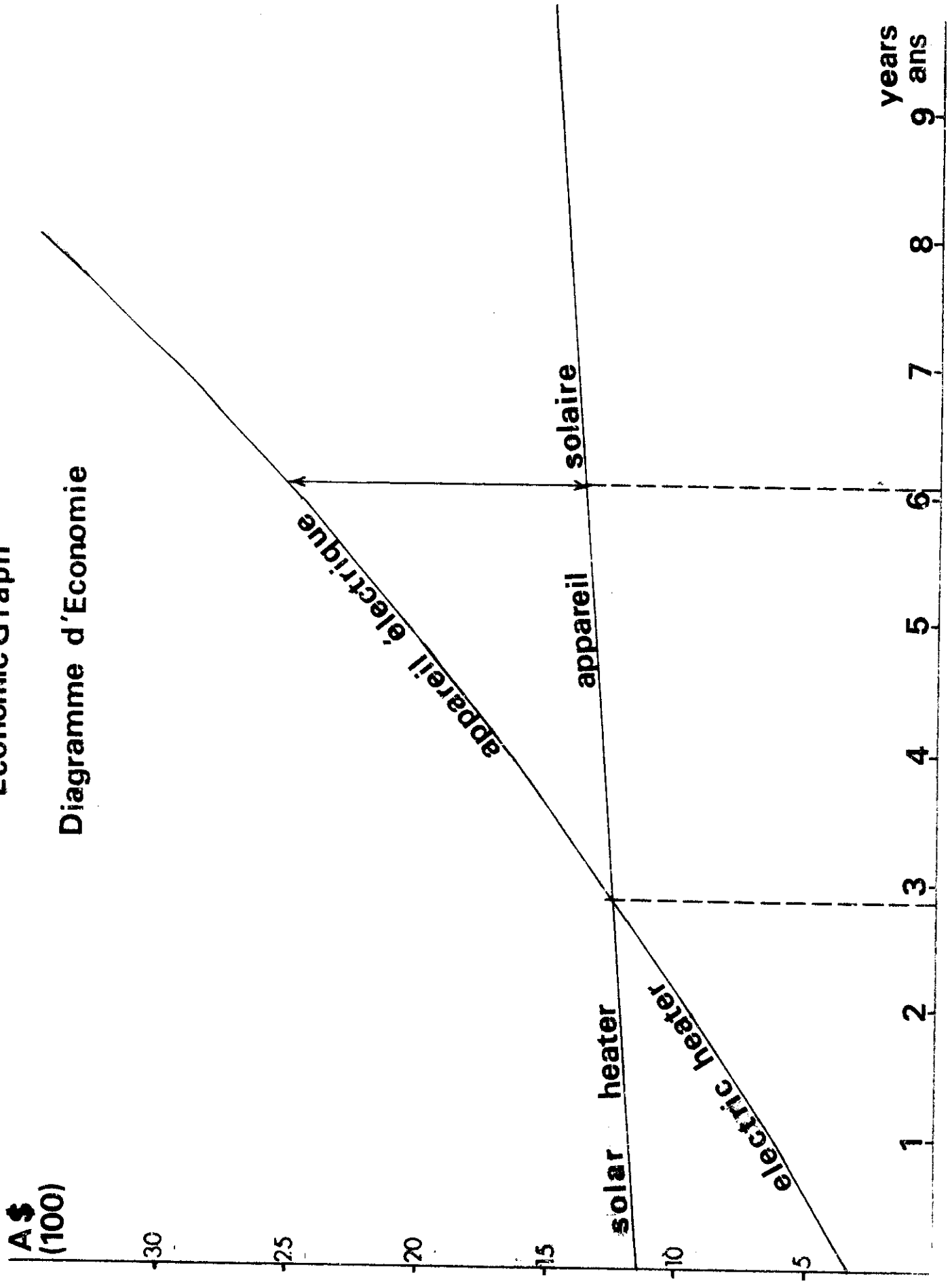
$$Q_a = 2.400 \text{ KW/m}^2$$

Il faut d'autre part noter que cette économie est encore plus importante, puisque le chauffe-eau de 150 l peut être pris en compte pour trois usagers, alors que celui de 180 l peut desservir quatre usagers.

Dans une prochaine circulaire, nous étudierons l'économie des chauffe-eau solaires par rapport aux appareils à fuel et à gaz.

Economic Graph

Diagramme d'Economie





Territoire	L		ha. moy.	Radiation "totale"		T	Module plur. an.	Nbre jours de pluie		Durée d'in-solation		Observations et notes
	Degré	h. moy.		juin	Dec.			°C	mm	j	h/an	
alluce Is.	3,31 S	12,25	0,25	0,32	28,4	1.362,1	n. d.	n. d.	n. d.			
Fiji	17,45 S	12,47	0,22	0,36	25,4	2.066,2	n. d.	n. d.	2.530			(Famufuti)
Gilbert Is.	2,40 S	12,07	0,28	0,31	29,0	1.479,8	n. d.	n. d.	n. d.			(Hundi)
Wallis	13,16 S	12,37	0,23	0,35	27,2	2.741,0	22	22	2.525			(Aravece)
Nouvelle-Calédonie	22,16 S	12,57	0,20	0,32	22,8	1.058,3	101	101	2.614			(Nouméa)
Nouvelles-Hébrides	17,44 S	12,44	0,22	0,36	24,4	1.086,7	219	219	n. d.			(Port-Villa)
Niue	19,02 S	12,53	0,23	0,30	24,2	2.101,3	n. d.	n. d.	n. d.			
Norfolk	29,03 S	13,22	0,17	0,39	16,8	1.391,0	n. d.	n. d.	n. d.			
Nauru	0,33 S	12,07	0,28	0,31	n. d.	2.236,0	n. d.	n. d.	n. d.			
Océan Is.	0,52 S	12,08	0,29	0,31	27,7	1.777,7	n. d.	n. d.	n. d.			
Pitcairn	25,04 S	12,56	0,20	0,37	21,1	1.848,1	n. d.	n. d.	n. d.			
W. Samoa	13,48 S	12,37	0,23	0,35	26,6	2.735,7	n. d.	n. d.	2.375			(Apia)
Am. Samoa	14,20 S	12,39	0,23	0,35	26(2)	3.374,0	n. d.	n. d.	2.335			
Polynésie fr.	17,32 S	12,47	0,22	0,36	25,3	1.609,5	114	114	n. d.			(Papeete)
Salemon Is.	9,52 S	12,30	0,25	0,33	26,6	2.097,0	n. d.	n. d.	n. d.			
Tonga	21,06 S	12,57	0,20	0,32	24,4	1.527,4	n. d.	n. d.	n. d.			
Caroline Is.	7,20 N	12,25	0,23	0,24	27,5	3.805,0	234	234	2.567			(Koror)
Guam & Rian	13,36 N	12,42	0,25	0,23	27,1	2.019,4	100	100	2.428			
Marshall Is.	7,05 N	12,30	0,23	0,24	26,8	3.747,0	223	223	2.439			(Majuro)
Tok Is.	21,12 N	12,57	0,20	0,27	23,7	2.118,9	n. d.	n. d.	2.036			

Nota : "n.d." = no data (pas de renseignements). La radiation totale est théorique. Elle est en fait modifiée par les microclimats et augmentée par la radiation diffuse et la réverbération.



DEJA PARUS DANS CETTE SERIE

	<u>Sujet</u>
1. Session annuelle du Comité de l'OIE Rapport de l'observateur de la CPS Septembre 1968	Production et santé animales
2. Publications de la Commission du Pacifique Sud. Octobre 1971	Publications
3. La plongée en apnée - Ses accidents Mars 1969	Santé publique
4. Niveau "A" : Notification de l'Australie relative aux règlements sur la péri- pneumonie bovine. Mars 1969	Information phyto zoosanitaire
5. Rapport sur un voyage fait à Nouméa, à Brisbane, dans le Territoire de Papouasie et Nouvelle-Guinée et dans le protectorat britannique des îles Salomon. Mars 1969	Cultures tropicales
6. Niveau "A" : L'enseignement agricole - Bulletin No. 1. Avril 1969	Enseignement et vulgarisation agricoles
7. Le rôle des aéronefs dans l'introduc- tion et la propagation des culicoïdes et d'autres espèces d'insectes. Mai 1969	Santé publique
8. Les maladies diarrhéiques chez l'adulte. Mai 1969.	Santé publique
9. Niveau "A" : L'enseignement agricole - Bulletin No. 2. Mai 1969	Enseignement et vulgarisation agricoles
10. Niveau "A" : L'enseignement agricole - Bulletin No. 3. Novembre 1969	Enseignement et vulgarisation agricoles
11. Stages d'études sur la vulgarisation agricole - Samoa occidentales. Novembre 1969	Enseignement et vulgarisation agricoles

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 12. Asian Pacific Weed Science Society.
Decembre 1969 | Cultures tropicales |
| 13. Situation et potentiel de l'industrie
des piments dans les îles Salomon sous
protectorat britannique. Janvier 1970 | Cultures tropicales |
| 14. Planification de l'emploi dans le
Pacifique Sud. Mars 1970 | Général |
| 15. Citernes à eau en fibre de verre
renforcées. Avril 1970 | Génie de santé publique |
| 16. Congrès mondial de la jeunesse.
Mai 1970 | Questions de jeunesse |
| 17. Nouvelles et opinions tirées des
revues. Juin 1970 | Santé publique |
| 18. Progrès réalisés dans la prévention
du rhumatisme articulaire aigu et des
cardiopathies rhumatismales chroniques
aux îles Fidji. Juin 1970 | Santé publique |
| 19. Problèmes de santé publique posés par
la blennorragie et la syphilis.
Juin 1970 | Santé publique |
| 20. Aspects cliniques et diagnostic de la
lèpre. Juin 1970 | Santé publique |
| 21. Les insectes et la lutte antivecto-
rielle. Juin 1970 | Santé publique. Hygiène du
milieu et lutte contre les
vecteurs |
| 22. Maladies de l'arbre à pain. Juin 1970 | Cultures tropicales |
| 23. Deuxième consultation mondiale sur la
sélection des arbres forestiers.
Juillet 1970 | Forêts |
| 24. Recherche agronomique. Juillet 1970 | Cultures tropicales.
Production et santé animales |
| 25. Etoile de mer épineuse. Juillet 1970 | Pêches |
| 26. Etoile de mer épineuse - La contre-
attaque. Septembre 1970 | Pêches |

27. Procédé simple à utiliser sur le terrain pour mesurer le degré de salinité de l'eau. Décembre 1970 Santé publique
28. La communauté asiatique de la noix de coco. Janvier 1971 Cultures tropicales
29. Conférence régionale FAO/OIL sur les épizooties en Asie, en Extrême-Orient et en Océanie. Janvier 1971 Production et santé animales
30. Lutte contre les ennemis des végétaux. Janvier 1971 Cultures tropicales. Quarantaine végétale et animale
31. Effet de la méthode de culture et du diamètre du jeune plant sur le rendement de Colocasia esculenta. Février 1971 Cultures tropicales
32. Coquillages et santé publique. Avril 1971 Santé publique
33. Lutte contre les mauvaises herbes. Août 1971 Cultures tropicales
34. Taro. Août 1971 Recherche agronomique
35. L'envoi d'échantillons de virus. Août 1971 Quarantaine végétale et animale
36. La sclérose latérale amyotrophique et le syndrome parkinsonien avec démence, à Guam. Septembre 1971 Santé mentale
37. Programmes de formation pour les jeunes ruraux quittant l'école. Mars 1972 Enseignement et vulgarisation agricoles
38. Lutte contre Aedes aegypti, vecteur de la dengue. Septembre 1972 Contrôle des vecteurs
39. Utilisation intraveineuse de l'eau de coco en réanimation d'urgence. Septembre 1972 Santé publique
40. Hépatite virale. Octobre 1972 Hépatologie

- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 41. Le traitement des eaux usées par biodisques. Décembre 1972 | Génie sanitaire |
| 42. Les Tests de surveillance des stations d'épuration d'eaux usées. Décembre 1972 | Génie sanitaire |
| 43. Cinquième Conférence régionale sur la production et la santé animales en Extrême-Orient. Décembre 1972 | Production et santé animales |
| 44. La fosse septique réglementaire. Janvier 1973 | Génie sanitaire |
| 45. Comment résoudre le problème des boues des stations de traitement d'eaux usées dans le Pacifique Sud. Janvier 1973 | Génie sanitaire |
| 46. The convenience of the metric system. Février 1973 | Génie sanitaire |
| 47. Useful references for animal production and agricultural extension workers of The South Pacific Commission territories. Mars 1973 | Production animale |
| 48. Douzième congrès mondial de la réadaptation (Sydney, 27 août - 1er septembre 1972). Mars 1973 | Santé mentale |
| 49. Méningo-encéphalite amibienne primitive. Avril 1973. | Epidémiologie |
| 50. Enquête sur la vulgarisation agricole dans le Pacifique Sud - 1967. Avril 1973 | Enseignement et vulgarisation agricole |
| 51. Le prélèvement et l'expédition d'échantillons de sérum pour la recherche des anticorps. Mai 1973 | Santé publique |
| 52. Cultures fruitières. Juin 1973 | Cultures tropicales |
| 53. Recent developments in education in the South Pacific. Août 1973 | Education |

- | | | |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| 54. | L'intoxication par les coquillages dans le Pacifique Sud. Février 1974 | Santé publique
Pêches |
| 55. | Projet spécial - cultures maraîchères dans le Pacifique Sud. Janvier 1974 | Cultures tropicales |
| 56. | Commentaires sur les variétés de légumes nouvellement mises à l'essai dans certaines îles du Pacifique. Mars 1974 | Cultures tropicales |
| 57. | Planification régionale. Mars 1974 | Développement économique |
| 58. | Quelques aspects de la Recherche et du Développement Agrostologiques. Avril 1974 | Production animale |
| 59. | Du nouveau dans l'épuration des eaux usées : le Bio-Drum. Septembre 1974 | Santé publique |
| 60. | L'énergie solaire. Etude économique d'un chauffe-eau solaire. Novembre 1974 | Santé publique |

