



## DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

<b>(51) Classification internationale des brevets <sup>6</sup> :</b>  <b>A61K 31/00</b>	<b>A2</b>	<b>(11) Numéro de publication internationale:</b> <b>WO 99/32099</b>  <b>(43) Date de publication internationale:</b> 1er juillet 1999 (01.07.99)
<b>(21) Numéro de la demande internationale:</b> PCT/FR98/02758  <b>(22) Date de dépôt international:</b> 17 décembre 1998 (17.12.98)  <b>(30) Données relatives à la priorité:</b> 97/16080                      18 décembre 1997 (18.12.97)      FR  <b>(71) Déposants (pour tous les Etats désignés sauf US):</b> INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER (IFREMER) [FR/FR]; 155, rue Jean-Jacques Rousseau, F-92138 Issy les Moulineaux (FR). CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS [FR/FR]; 3, rue Michel-Ange, F-75794 Paris Cedex 16 (FR). UNIVERSITE RENE DESCARTES - PARIS V [FR/FR]; 12, rue de l'Ecole de Médecine, F-75006 Paris (FR).  <b>(72) Inventeurs; et</b> <b>(75) Inventeurs/Déposants (US seulement):</b> SENNI, Karim [FR/FR]; 4, rue de l'Esprit, F-93600 Aulnay sous Bois (FR). PELLAT, Bernard [FR/FR]; U.F.R. Odontologie, 1, rue Maurice Arnoux, F-92120 Montrouge (FR). GOGLY, Bruno [FR/FR]; 14, place du Marché, F-77840 Crouy/Ourcq (FR). BLONDIN, Catherine [FR/FR]; 1, passage du Chantier, F-75012 Paris (FR). LETOURNEUR, Didier [FR/FR]; 17, rue de la Fosse Bazin, F-92350		<p>Le Plessis Robinson (FR). JOZEFONVICZ, Jacqueline [FR/FR]; 65, Deuxième Avenue, F-60260 Lamorlaye (FR). SINGUIN, Corinne [FR/FR]; 57, route de la Jonelière, F-44300 Nantes (FR). COLLIEC-JOUAULT, Sylvia [FR/FR]; 15, rue de la Bourgeonnière, F-44300 Nantes (FR). DURAND, Patrick [FR/FR]; 61, rue de la Commune de 1871, F-44400 Reze-les-Nantes (FR).</p> <p><b>(74) Mandataires:</b> VIALLE-PRESLES, Marie-José etc.; Cabinet Orès, 6, avenue de Messine, F-75008 Paris (FR).</p> <p><b>(81) Etats désignés:</b> AL, AU, BA, BB, BG, BR, CA, CN, CU, CZ, EE, GD, GE, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KG, KP, KR, LC, LK, LR, LT, LV, MG, MK, MN, MX, NO, NZ, PL, RO, SG, SI, SK, SL, TR, TT, UA, US, UZ, VN, YU, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), brevet eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).</p> <p><b>Publiée</b>  <i>Sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport.</i></p>
<b>(54) Title:</b> USE OF FUCANE FOR REGULATING THE RECONSTRUCTION OF CONNECTIVE TISSUES		
<b>(54) Titre:</b> UTILISATION DE FUCANE COMME REGULATEUR DE LA RECONSTRUCTION DES TISSUS CONJONCTIFS		
<b>(57) Abstract</b>		
<p>The invention concerns the use of fucanes for obtaining medicines for modulating metalloprotease and inhibiting leukocytic elastase. Said medicines help activate collagen synthesis, inhibit proliferation of gingival fibroblasts, and activate proliferation of dermal fibroblasts. They are useful in particular for treating periodontal pathologies and dermal lesions.</p>		
<b>(57) Abrégé</b>		
<p>L'invention est relative à l'utilisation de fucanes pour l'obtention de médicaments modulateurs des métalloprotéases, et inhibiteurs de l'élastase leucocytaire. Ces médicaments permettent en outre d'activer la synthèse collagénique, d'inhiber la prolifération des fibroblastes gingivaux, et d'activer la prolifération des fibroblastes dermiques. Ils sont utilisables en particulier dans le traitement des pathologies parodontales, et des lésions dermiques.</p>		

**UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION**

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

## UTILISATION DE FUCANE COMME REGULATEUR DE LA RECONSTRUCTION DES TISSUS CONJONCTIFS

L'invention est relative à de nouvelles utilisations des fucanes dans le cadre de la réparation des lésions du tissu conjonctif, et en particulier pour la régulation des fonctions fibroblastiques.

Les fibroblastes jouent un rôle essentiel dans l'équilibre et la réparation des tissus conjonctifs. Ils sont en particulier responsables du renouvellement de la matrice extra-cellulaire, et leurs fonctions sont modulées en retour par les substances présentes dans cette matrice.

En particulier, dans le processus de cicatrisation et de remodelage tissulaire intervenant après une blessure, le tissu conjonctif est le cadre d'échanges constants entre toutes les cellules intervenant dans ce processus. Ces échanges s'effectuent en particulier par l'intermédiaire de cytokines ou de médiateurs solubles transmis par la matrice extracellulaire.

Par exemple, dans les tissus conjonctifs de recouvrement tels que les tissus gingivaux et cutanés, le processus de cicatrisation débute, après la formation d'une matrice provisoire (thrombus rouge), par le recrutement de cellules inflammatoires (leucocytes, macrophages et polynucléaires), qui initie une phase de destruction du tissu lésé.

Ces cellules inflammatoires participent à la destruction :

- en sécrétant des protéases matricielles telles que la collagénase (MMP8), l'élastase leucocytaire, ou la cathepsine G),
- en libérant des cytokines, et notamment l'interleukine 1(IL1), qui stimulent la prolifération et la migration des fibroblastes et des cellules épithéliales, et l'expression par ces cellules de

certaines métalloprotéases, telles que la collagénase interstitielle (MMP1), ou la gélatinase B (MMP9).

Cette phase de destruction qui débute très tôt après la blessure, se termine lorsque l'épithélium et sa  
5 membrane basale se sont reconstitués.

Elle est prolongée par des phases de réparation et de résolution où les fibroblastes reconstruisent et réorganisent la trame collagénique ; on observe en particulier l'expression par les fibroblastes  
10 de la gélatinase A (MMP2), métalloprotéase matricielle participant activement à tous les phénomènes de remodelage tissulaire.

Certaines pathologies s'accompagnent d'un état inflammatoire chronique du tissu conjonctif, où  
15 l'équilibre entre les phases de destruction, de réparation, et de résolution est rompu, ce qui conduit à une reconstruction défectueuse du tissu lésé.

Ce phénomène est en particulier observé dans le cas des maladies parodontales, ou parodontopathies.

20 Le parodonte représente l'ensemble des structures (gencive, ligament dento-alvéolaire, os alvéolaire et cément) qui assurent le soutien de la dent dans son alvéole dentaire.

Les parodontopathies se manifestent par des  
25 épisodes inflammatoires d'origine infectieuse, plus ou moins localisés, souvent récidivants, et à l'issue desquels le tissu parodontal ne se reconstruit pas correctement.

Dans cette pathologie, l'initiation de la  
30 réponse inflammatoire, et la prolifération cellulaire en réponse à la lésion infectieuse se déroulent de façon à peu près normale. En revanche, la phase de résolution est rarement satisfaisante ; on observe au mieux une réparation du tissu détruit, mais pas sa régénération  
35 complète, et chaque épisode de la maladie induit une perte tissulaire.

Les parodontopathies non traitées évoluent vers la mobilité puis la perte des dents, chez l'adulte après quarante ans. Dans la mesure où ces maladies parodontales, sous une forme plus ou moins étendue, 5 concernent environ 10 à 15% de la population, elles ont des conséquences importantes en terme de santé publique.

Actuellement, la plupart des traitements proposés visent à débrider mécaniquement la lésion, et à réduire l'agression microbienne par l'administration 10 d'antiseptiques, ou d'antibiotiques.

Une autre approche thérapeutique consisterait à améliorer la qualité du processus de réparation, afin de lui permettre d'aboutir à une régénération complète. Toutefois, cette approche nécessite en particulier d'être 15 en mesure de stimuler au moment voulu la population cellulaire appropriée, pour orienter les proliférations cellulaires, et contrôler ainsi les processus de remaniement tissulaire.

Dans ce but, les Inventeurs ont étudié 20 l'action de différents polysaccharides ; il est connu que certaines de ces molécules, comme les glycosaminoglycanes, entrent dans la composition des protéoglycanes présents à l'interface cellule/matrice extra-cellulaire, et jouent un rôle dans la régulation 25 des fonctions cellulaires. Il est également connu que des glycosaminoglycanes sous forme soluble, par exemple l'héparine ou des dérivés du dextrane, peuvent modifier les fonctions cellulaires par l'intermédiaire de leur interaction avec différents constituants de la matrice 30 extra-cellulaire.

Par exemple, dans le cas de l'héparine, un effet stimulateur de la prolifération cellulaire a été montré dans le cas de fibroblastes pulmonaires de hamster, de cellules épithéliales de cristallin de bovin 35 [ULRICH et al., Biochem. Biophys. Res. Commun., 139, p. 728-732, (1986)] ou de cellules endothéliales

capillaires [(SUDLALTER et al., J.Biol. Chem., 264, p. 6892-6897, (1989))].

En revanche, il a également été observé que l'héparine inhibait de façon dose-dépendante la  
5 prolifération de certains types cellulaires : cet effet anti-prolifératif a été principalement étudié dans le cas des cellules musculaires lisses (CML), pour lesquels l'inhibition apparaît pour des concentrations de 1 µg/ml d'héparine dans les milieux de culture. L'héparine  
10 s'oppose à la fois à la migration et à la prolifération des CML, mais n'affecte pas la réendothélialisation ni le volume du tissu conjonctif [CLOWES et CLOWES, Lab. Invest, 52, p. 611-615, (1985) ; CLOWES et CLOWES, Circ. Res., 58, p 839-845, (1986) ; CLOWES et al., J. Cell.  
15 Biol., 107, p. 1939-1945, (1988)].

Une inhibition de la prolifération a également été observée pour d'autres types cellulaires, comme par exemple les fibroblastes de sclérotique [DEL VECCHIO et  
20 al., Invest. Ophtalmol. Vis. Sci., 29, p. 1272-1276, (1988)], les fibroblastes 3T3 (fibroblastes d'embryons de souris conservant une inhibition de contact) [PAUL et al., Thromb. Res., 18, p. 883-888, (1980)], les cellules épithéliales du col de l'utérus de rate (LYONS-GIORADANO et al., Biochem. Biophys. Res. Commun., 148, p. 1264-  
25 1269, (1987)], les fibroblastes dermiques humains

FERRAO et MASON [Biochim. Biophys. Acta. 1180, 225-230, (1993)] ont étudié l'action de différents polysaccharides sur la prolifération de fibroblastes dermiques humains, et indiquent qu'à des concentrations  
30 de l'ordre de 100 µg/ml, l'héparine, l'héparane sulfate, le pentosane polysulfate, et un fucoïdane inhibent cette prolifération, tandis que la chondroïtine sulfate, le dermatane sulfate, et le hyaluronate n'ont pas d'effet. Il est indiqué que l'effet inhibiteur de la prolifération  
35 entraîne une stimulation de la synthèse du collagène de type I. En revanche, une inhibition de la synthèse du

collagène I est observée lorsque les polysaccharides sont ajoutés à des cultures parvenues à confluence.

Il apparaît donc que l'action des polysaccharides sur les fonctions cellulaires est  
5 complexe, et peut varier selon le polysaccharide, le type cellulaire, et le tissu concernés, ainsi que selon la concentration de polysaccharide utilisée, et l'état des cellules.

Dans le cadre de recherches visant à élucider  
10 le mécanisme d'action de différents polysaccharides sur les fonctions fibroblastiques, et en particulier celles impliquées dans la régénération tissulaire, les Inventeurs se sont en particulier intéressés aux fucanes.

Les fucanes sont des polysaccharides sulfatés,  
15 entrant dans la constitution des parois cellulaires des thalles d'algues brunes (Phéophycées) ; ils sont également présents chez certains animaux marins, tels que l'oursin et le concombre de mer. Le fucane brut, également dénommé fucoïdane, obtenu par extraction acide  
20 à partir des parois cellulaires des thalles d'algues brunes, est constitué d'une population hétérogène de molécules, qui comprend principalement des polymères de L-fucose sulfaté, de masse molaire moyenne élevée (100 000 à 800 000 g/mol).

25 Les fucanes possèdent des activités biologiques variées : il a ainsi été montré qu'ils possédaient des activités anticoagulante, antithrombotique [T. NISHINO et T. NAGUMO, Carbohydr. Res. 229, p. 355-362, (1992) ; Demande EP 0403 377 ;  
30 S. COLLIEC et al. Thromb. Res. 64, p. 143-154 (1991) ; S. SOEDA et al. Thromb. Res. 72, p. 247-256 (1993) ; MAURAY et al. Thromb. Haemost. (5) 1280-1285 (1995)], antivirale [M. BABA et al. J. AIDS, 3, p.493-492, (1990)], antiangiogénique [R. HAHNENBERGER et A. M.  
35 JACKOBSON, Glycoconjugate J., 8, 350-353 (1991)] et anti-complémentaire [C. BLONDIN et al., Mol. Immunol., 31, p.

247-253, (1994)]. Il a également été observé qu'ils pouvaient agir comme modulateurs de l'adhésion cellulaire [C.G. GLABE et al., J. Cell Sci, 61, p. 475-490, (1983)], du relargage de facteurs de croissance [D.A. BELFORT et al., J. Cell. Physiol. 157, p. 184-189, (1993)], de la prolifération de cellules tumorales [M. ELLOUALI et al., Anticancer Res., 13, p. 2011-2020 (1993) ; D.R.COOMBE et al., Int. J. Cancer, 39, pp. 82-90, (1987) ; D. RIOU et al., Anticancer Res., 16, 1213-1218 (1996)], et de cellules musculaires lisses vasculaires [LOGEART et al., Eur. J. Cell. Biol., 74, pp. 376-384 (1997)], et bloquer les interactions spermatozoïde/ovule chez différentes espèces [M.C. MAHONY et al., Contraception, 48, p. 277-289, (1993)].

Des préparations de fucanes de masse molaire moyenne inférieure à 20 000, voire à 10 000 g/mole, ce qui facilite leur utilisation dans un cadre thérapeutique, ont été obtenues, par exemple par hydrolyse acide ménagée de fucane de masse molaire élevée (Brevet EP 0 403 377 au nom de IFREMER), ou par dépolymérisation radicalaire (Demande PCT WO/9708206 au nom de IFREMER et CNRS).

Dans l'exposé qui va suivre, le terme : « fucane » englobe aussi bien les fucanes de masse molaire élevée que les préparations de masse molaire plus faible obtenues à partir de ceux-ci.

Les Inventeurs ont constaté que les fucanes possédaient un profil d'activité sur les fonctions fibroblastiques différent de celui de l'héparine. Ils ont en particulier constaté, en testant ces deux polysaccharides dans les mêmes conditions, qu'alors que l'héparine inhibe à la fois la prolifération des fibroblastes dermiques et celle des fibroblastes gingivaux, les fucanes activent la prolifération des fibroblastes dermiques tout en inhibant celle des fibroblastes gingivaux. En outre, les Inventeurs ont

aussi constaté que les fucanes modifient la morphologie des fibroblastes dermiques, qui s'arrondissent, alors que les fibroblastes gingivaux conservent au contraire un morphotype fibroblastique.

5 Les Inventeurs ont également constaté que les fucanes augmentaient la quantité de protéines dans la couche cellulaire, l'activité de la MMP-2 (gélatinase A), et inhibaient l'élastase leucocytaire.

Ces effets se manifestent aussi bien sur les  
10 fibroblastes dermiques que sur les fibroblastes gingivaux.

La présente invention a pour objet l'utilisation d'un fucane pour l'obtention d'un médicament modulateur de l'expression et/ou de l'activité  
15 des métalloprotéinases fibroblastiques, et en particulier de la MMP-2, et inhibiteur de l'élastase leucocytaire.

Les fucanes permettent ainsi de contrôler l'activité protéolytique dans les tissus conjonctifs, tels que les tissus dermiques et gingivaux, et en  
20 particulier de limiter l'activité élastase, qui présente un potentiel destructeur important vis-à-vis des structures macromoléculaires conjonctives, tout en favorisant au contraire l'activité de protéases qui participent à la reconstruction tissulaire, comme la  
25 MMP-2.

Selon un mode de mise en oeuvre préféré de la présente invention, ledit médicament est en outre utilisable pour inhiber la prolifération des fibroblastes gingivaux et activer leur synthèse collagénique. Il  
30 permet le traitement des pathologies parodontales, par l'intermédiaire d'une amélioration de la phase de résolution.

En effet, du fait de la combinaison d'une régulation des activités protéolytique (en particulier  
35 activation de la MMP-2 et inhibition de l'élastase) avec une inhibition de la prolifération des fibroblastes

gingivaux, une augmentation de la synthèse d'une matrice physiologique, et la conservation du morphotype fibroblastique, les fucanes permettent d'engager ces fibroblastes gingivaux dans la voie du remodelage, 5 nécessaire à tout processus de réparation ou de régénération tissulaire.

Selon un autre mode de mise en oeuvre de la présente invention, ledit médicament est en outre utilisable pour activer la prolifération des fibroblastes 10 dermiques, et leur synthèse collagénique. Il permet ainsi le traitement des lésions dermiques, par amélioration de la phase de reconquête du tissu lésé.

Les médicaments obtenus conformément à l'invention peuvent être administrés par voie générale 15 (orale ou parentérale). Ils peuvent également être administrés localement, sous formes de gels, crèmes, pommades, lotions, pastilles à sucer, bains de bouche, etc...

Ils peuvent également être administrés *in situ* 20 par l'intermédiaire de substrats, de dispositifs résorbables ou non, tels que par exemple, des supports à libération différée, ou des éponges à délitement lent.

Les fucanes peuvent également être utilisés en cosmétologie, en tant qu'activateurs de la prolifération 25 des fibroblastes dans le cadre de traitements à visée esthétique, par exemple de traitements antirides, ou de prévention du vieillissement cutané, etc...

La présente invention sera mieux comprise à l'aide du complément de description qui va suivre, qui se 30 réfère à des exemples démontrant l'activité de fucanes sur des fibroblastes dermiques et gingivaux.

**EXEMPLE 1 : ACTION DU FUCANE SUR LA PROLIFERATION DE FIBROBLASTES GINGIVAUX ET DERMIIQUES**

Polysaccharides

Fucane :

5                   Le fucane utilisé est une fraction de masse molaire moyenne 20 000±2000 obtenue à partir de l'algue brune marine *Ascophylum nodosum*, selon le procédé décrit dans le Brevet EP 0 403 377. Ce fucane a un taux élevé de fucose (44±5%), peu d'acides uroniques (7±3%), 28±3% de  
10 groupes sulfates et pas de protéines.

Cellules

                  Les fibroblastes utilisés ont été obtenus à partir d'explants de tissus dermiques et gingivaux sains provenant de trois donneurs différents (âgés de 15 à 30  
15 ans).

Mise en culture

                  Le protocole de mise en culture est le même pour les fibroblastes gingivaux et les fibroblastes dermiques.

20                   A partir de l'explant, les cellules sont cultivées dans un milieu de culture DMEM (DULBECCO'S Modified Eagle Medium) contenant du D-glucose à 1 g/l et du GLUTAMAX à 0,862 g/l, un antibiotique (pénicilline-streptomycine 1000 U/ml), de la fungizone (amphotéricine  
25 B à 250 U/ml ; GIBCO BRL) et 20% de sérum de veau foetal (SVF).

                  Les prélèvements sont sortis du milieu de transport. Rincés trois fois dans le milieu de culture, ils sont découpés finement en petits morceaux de 1 mm<sup>2</sup>  
30 environ. Ils sont disposés de telle sorte que la couche épithéliale soit orientée au-dessus et que la couche conjonctive soit en-dessous, au contact de la boîte de culture de 25 cm<sup>2</sup>. La boîte est placée verticalement dans

un incubateur à 37°C (95% air, 5% CO<sub>2</sub>) pendant une demi-heure, de façon à favoriser l'adhésion.

Après addition d'une goutte de milieu sur chaque fragment tissulaire, la boîte est replacée dans l'incubateur pendant une nuit.

Le lendemain, le milieu de culture est remplacé par du même milieu frais. La boîte est laissée ainsi quatre jours dans l'incubateur.

Le milieu est ensuite changé tous les trois jours, et les explants sont retirés dès que les fibroblastes adhèrent à la paroi. Lorsque les fibroblastes ont envahi tout le fond de la boîte, la primo-culture est terminée.

#### Passages ultérieurs.

Le milieu de culture est éliminé, la boîte est rincée trois fois avec du DPBS (DULBECCO'S Phosphate Buffer Saline) pour enlever toute trace de SVF puis trypsinisée (trypsine diluée dans du DPBS à 0,05% et filtrée). Au bout de 5 minutes, les fibroblastes se décollent, s'arrondissent.

Les cellules sont réparties en 3 boîtes, dans du DMEM (10 à 12 ml) à 10% de SVF, et 1000 U/ml de pénicilline-streptomycine.

Le milieu est changé régulièrement jusqu'à colonisation complète de la nouvelle boîte.

#### Protocole de prolifération cellulaire.

Les cellules confluentes sont trypsinisées, suspendues dans du DMEM à raison de 7000 à 10000 cellules/ml puis réparties dans les puits de plaques à 24 puits. Les puits sont complétés par du milieu à 10% de SVF, et les plaquesensemencées sont replacées pendant deux heures dans l'incubateur pour permettre l'adhésion. Trois heures après l'ensemencement les milieux sont remplacés par un milieu DMEM/10% SVF (groupe témoin) ou bien DMEM/10%SVF avec 1, 10, ou 100 µg/ml du

polysaccharide testé (fucane ou héparine). Les cellules sont comptées chaque jour jusqu'au 4<sup>ème</sup> jour.

Le pourcentage de prolifération est calculé par la relation :

$$5 \quad \%P = \frac{(\text{prolifération nette avec produit} - 1) \times 100}{\text{prolifération nette des témoins}}$$

prolifération nette des témoins.

Si la valeur calculée est positive, il y a prolifération cellulaire, si elle est négative, il y a inhibition de prolifération cellulaire.

10 Les résultats concernant le pourcentage de prolifération en présence de différentes concentrations en fucane sont illustrés par les Tableaux Ia (fibroblastes gingivaux) et Ib (fibroblastes dermiques) ci-dessous :

15

TABLEAU Ia

Concentration en fucane \ Jours	1 µg/ml	10 µg/ml	100 µg/ml
1	-6	-6	-6
2	-9	-36	-32
3	-11	-41	-44
4	-22	-39	-55

TABLEAU Ib

Concentration en fucane \ Jours	1 µg/ml	10 µg/ml	100 µg/ml
1	14	41	14
2	13	43	11
3	17	46	21
4	37	56	41

Ces résultats montrent que le fucane influence différemment la prolifération des fibroblastes gingivaux et des fibroblastes dermiques:

20

- Fibroblastes gingivaux (Tableau Ia): on peut observer une inhibition de la prolifération qui atteint son maximum en phase exponentielle de croissance. Cette inhibition semble être dose dépendante.

- Fibroblastes dermiques (Tableau Ib): les différentes expérimentations montrent un effet proprolifératif du fucane sur les cultures de fibroblastes dermiques. Cet effet est maximal au 4<sup>eme</sup> jour de culture, et 10 µg/ml est la concentration la plus efficace.

**EXEMPLE 2 : INFLUENCE DU FUCANE SUR L'ACTIVITE DE LA MMP-2 (GELATINASE A) ET SUR LA MORPHOLOGIE DES FIBROBLASTES :**

Les cellules sont ensemencées dans des plaques 24 puits, (7000 à 10000 cellules/ml) et cultivées en présence de DMEM/10%SVF. A confluence, le milieu est remplacé par du DMEM pour les témoins, ou du DMEM contenant les différentes concentrations en fucane (1, 10, 100 µg/ml) pendant 24 heures. Les milieux sont alors récupérés, pour la détection de l'activité gélatinolytique de la pro-MMP-2, et les cellules fixées et colorées (méthanol/GIEMSA) sont comptées et analysées par morphométrie sur station BIOCOM 200.

Détermination de l'activité gélatinolytique :

Les activités gélatinolytiques présentes dans les milieux de culture sont détectées par zymographie, après électrophorèse, en conditions non-réductrices, en gel de polyacrylamide-SDS + gélatine, puis élimination du SDS.

Les résultats sont quantifiés par analyse d'image semi-automatique sur station BIOCOM 200. Pour chaque bande apparaissant sur le gel, on détermine le produit de la densité de gris (D) par la surface de la bande (S). Ce produit, rapporté au nombre de cellules, permet d'apprécier et de comparer les différentes activités gélatinolytiques.

Les résultats sont illustrés par le tableau II ci-dessous :

TABLEAU II

	D×S pour 1000 cellules		variations indexées	
	Fibroblastes dermiques	fibroblastes gingivaux	FD	FG
Témoins	16669±5563	16453±5066	100	100
1µg/ml	36652±6829	21450±2880	219	130
10µg/ml	25316±3030	25816±2304	151	157
100µg/ml	27613±5710	22656±5656	165	137

Ces résultats montrent que le fucane augmente significativement, dès les plus faibles concentrations, la sécrétion de la pro-MMP2 chez les deux types 5 fibroblastiques étudiés.

#### Morphométrie cellulaire

Quatre paramètres sont étudiés : le périmètre (exprimé en µm), la surface de la cellule (exprimée en µm<sup>2</sup>), son diamètre équivalent (exprimé en µm), et son 10 facteur de forme.

Le diamètre équivalent est le diamètre du plus petit cercle qui contient entièrement la cellule. Il définit la plus grande longueur de la cellule.

Le facteur de forme est déterminé par le 15 rapport  $4\pi S/P^2$ , où S représente la surface et P le périmètre : quand il tend vers zéro, il traduit une structure allongée ; lorsqu'il augmente, il traduit un arrondissement de la forme.

Les résultats ont illustrés par les Tableaux 20 IIIa (fibroblastes gingivaux) et IIIb (fibroblastes dermiques) ci-dessous :

TABLEAU IIIa

	Périmètre	Surface	Diamètre	Facteur de forme
Témoins	1050±234	6942±1682	93±11	0,08
1µg/ml	1039±180	6154±1396	87±10	0,07
10µg/ml	1182±209	5203±1389	82±10	0,04
100µg/ml	910±111	4753±1036	77±9	0,07

TABLEAU IIIb

	Périmètre	Surface	Diamètre	Facteur de forme
Témoins	924±154	5446±1241	82±9	0,08
1µg/ml	878±125	5665±807	84±6	0,11
10µg/ml	919±136	6770±889	92±6	0,13
100µg/ml	851±89	7556±1580	97±10	0,13

Ces résultats montrent que les fibroblastes gingivaux et dermiques réagissent différemment au fucane :

5                   **Fibroblastes gingivaux** : La surface ainsi que le diamètre de ces cellules diminuent, alors que leur périmètre augmente. Ces paramètres permettent de calculer un facteur de forme tendant vers zéro, impliquant une cellule allongée de type fibroblastique.

10                   **Fibroblastes dermiques**: Sous l'influence du fucane ces cellules voient leur surface et leur diamètre augmenter tandis que leur périmètre reste constant. Le facteur de forme augmente, ce qui implique des cellules s'arrondissant.

15   **EXEMPLE 3 : INFLUENCE DU FUCANE SUR L'ACTIVITE DE L'ELASTASE LEUCOCYTAIRE**

L'activité de l'élastase leucocytaire en présence de fucane (1 µg/ml ou 10 µg/ml) ou d'héparine H108 (1UI/ml ou 10 UI/ml) est mesurée en utilisant comme  
20 substrat le peptide synthétique :

N-MeO-Succ-Ala-Ala-Pro-Val-PA,

selon le protocole décrit par BIZOT-FOULON et al. [International Journal of Cosmetic Science, 17, p. 255-264, (1995)].

25 Les résultats sont illustrés par le Tableau IV suivant :

TABLEAU IV

FUCANE		HEPARINE	
Concentration	% d'inhibition	Concentration	% d'inhibition
1 µg/ml	51,8	1 UI/ml	16,95
10 µg/ml	54,5	10 UI/ml*	9,25

\*1 UI/ml= 5,8 µg/ml

Ces résultats montrent que dans le cas de l'héparine, l'inhibition de l'élastase leucocytaire est limitée, et que l'effet inhibiteur diminue lorsque la concentration en héparine augmente ; au contraire, dans le cas du fucane, l'inhibition est beaucoup plus importante, dès la concentration de 1 µg/ml.

#### EXEMPLE 4 : INFLUENCE DU FUCANE SUR LA BIOSYNTHESE DES COLLAGENES FIBRILLAIRES

La biosynthèse des collagènes est mesurée après incorporation de proline tritiée (<sup>3</sup>H-Pro).

Les cellules sont cultivées dans du DMEM/10%SVF jusqu'à confluence. Les milieux sont alors remplacés par du DMEM contenant de l'acide ascorbique (50 µg/ml) et de la <sup>3</sup>H-Pro (25 µCi/ml) pour les témoins, ou ce même milieu additionné de fucane à différentes concentrations (1, 10, 100 µg/ml), ou bien d'héparine H108 à une concentration de 400 µg/ml. Après 24 heures les milieux et la couche cellulaire sont récupérés.

L'extraction spécifique de la proline et de l'hydroxyproline radiomarquées par la méthode de ROJKIND et GONZALES, [Anal. Biochem. 57:1-7 (1974)] permet la détermination du rapport synthèse collagénique totale/synthèse protéique totale.

Les résultats sont illustrés par les Tableaux Va (fibroblastes gingivaux) et Vb (fibroblastes dermiques) ci-dessous :

TABLEAU Va

	Synthèse collagène/ synthèse protéique	% de collagènes présents dans la couche cellulaire	% de protéines présentes dans la couche cellulaire
Témoins	5	29	34
1µg	5	26	38
10µg	5	38	44
100µg	5	40	51

TABLEAU Vb

	Synthèse collagène/ synthèse protéique	% de collagènes présents dans la couche cellulaire	% de protéines présentes dans la couche cellulaire
Témoins	7	33	43
1µg	5	38	55
10µg	4.5	38	55
100µg	5	32	63

Ces résultats montrent que les deux types de fibroblastes tendent, sous l'effet du fucane, à synthétiser une matrice se déposant préférentiellement dans la couche cellulaire. Ce dépôt matriciel paraît concerner l'ensemble des protéines et non seulement le collagène, ce qui exclut, pour les deux types cellulaires, tout risque fibrotique.

10 - **Fibroblastes gingivaux:** Le rapport synthèse collagénique globale/synthèse protéique globale ne varie pas. Le pourcentage de collagènes dans la couche cellulaire augmente parallèlement au pourcentage de protéines, de manière dose-dépendante.

15 - **Fibroblastes dermiques:** Le pourcentage des collagènes présents dans la couche cellulaire (intra- + péricellulaire) augmente à faible dose, et ne varie pas à 100µg/ml, alors que la quantité de protéines présentes dans ce compartiment augmente avec la

concentration en fucane. Le rapport synthèse collagénique globale/synthèse protéique globale diminue.

Influence du fucane ou de l'héparine sur le dépôt de collagènes péricellulaires synthétisés par les fibroblastes gingivaux.

Les cellules sont cultivées comme décrit ci-dessus, en présence de proline tritiée ; on additionne du fucane à une concentration de 100 µg/ml, ou d'héparine H108 (masse molaire moyenne 21 000±2000, activité 173 UI/mg, commercialisée par CHOAY SANOFI) à une concentration de 400 µg/ml.

Pour estimer la quantité de collagène fibrillaire, on procède à l'extraction différentielle des collagènes intracellulaires et péricellulaires par le déoxycholate (qui extrait essentiellement le procollagène intracellulaire) et le SDS (qui solubilise le collagène péricellulaire accumulé dans la matrice extracellulaire).

Les résultats sont illustrés par le tableau VI ci-dessous :

20

TABLEAU VI

	% collagène péricellulaire	Variation/témoins
Témoins	19	0
H108	29	+35
fucane	44	+56

Ces résultats permettent de confirmer que l'augmentation des collagènes dans la couche cellulaire est bien due à un dépôt matriciel (donc péricellulaire) et non à une rétention intracellulaire excessive. Ils montrent en outre que ce dépôt matriciel est plus important en présence de fucane qu'en présence d'héparine.

30

## REVENDEICATIONS

1) Utilisation d'au moins un fucane pour l'obtention d'un médicament modulateur de l'expression et/ou de l'activité des métalloprotéinases fibroblastiques, et inhibiteur de l'élastase leucocytaire.

2) Utilisation selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit médicament est utilisable pour inhiber la prolifération des fibroblastes gingivaux et activer leur synthèse collagénique.

3) Utilisation selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit médicament est utilisable pour activer la prolifération des fibroblastes dermiques, et leur synthèse collagénique.

4) Utilisation selon une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit fucane est incorporé dans un dispositif à libération retardée.