



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

<p>(51) Classification internationale des brevets <sup>5</sup> : C12N 15/85, 5/10, 15/37 C12N 15/34</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Numéro de publication internationale: <b>WO 93/06222</b> (43) Date de publication internationale: 1er avril 1993 (01.04.93)</p>
<p>(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR92/00879 (22) Date de dépôt international: 22 septembre 1992 (22.09.92) (30) Données relatives à la priorité: 91/11726 24 septembre 1991 (24.09.91) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (CNRS) [FR/FR]; 15, quai Anatole-France, F-75700 Paris (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement) : CLAIRE, Michel [FR/FR]; 111, Rue du Faubourg Figuerolles, F-34000 Montpellier (FR). COURAUD, Pierre-Olivier [FR/FR]; 9, rue du Perray, F-78160 Auffargis (FR). DURIEU-TRAUTMANN, Odile [FR/FR]; 26, avenue Dode-de-la-Brunerie, F-75016 Paris (FR). FOIGNANT-CHAVERT, Nathalie [FR/FR]; 10, rue Jeanne d'Arc, F-75013 Paris (FR). ROUX, Françoise [FR/FR]; 27, avenue d'Italie, F-75013 Paris (FR). STROSBERG, Arthur, Donny [BE/FR]; 60, rue de Javel, F-75015 Paris (FR).</p>		<p>(74) Mandataire: CABINET ORES; 6, avenue de Messine, F-75008 Paris (FR). (81) Etats désignés: CA, JP, US, brevet européen (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, SE).  Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale. Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i></p>
<p>(54) Title: IMMORTALIZED CEREBRAL ENDOTHELIAL CELL LINES, PROCESS FOR THEIR PREPARATION AND APPLICATIONS THEREOF AS A MODEL FOR THE STUDY OF CEREBRAL PHYSIOPATHOLOGY (54) Titre: LIGNÉES DE CELLULES ENDOTHELIALES CEREBRALES IMMORTALISÉES AVEC UN ONCOGENE (57) Abstract  Immortalized cerebral endothelial cell lines, process for their preparation and applications thereof as a model for the study of cerebral physiopathology and more especially, as a cellular model of the hemato-encephalic barrier. Said lines are obtained by transfection of cerebral endothelial cells by means of a nucleic acid fragment comprising at least one fragment immortalizing a viral or cellular oncogene, optionally associated with at least one marker gene. The lines thus transfected are immortalized and exhibit the non-transformed phenotype of differentiated cerebral endothelial cells.  (57) Abrégé  Lignées de cellules endothéliales cérébrales immortalisées, leur procédé de préparation et leurs applications en tant que modèle d'étude de la physiopathologie cérébrale et plus particulièrement en tant que modèle cellulaire de la barrière hémato-encéphalique. Lesdites lignées sont obtenues par transfection de cellules endothéliales cérébrales par un fragment d'acide nucléique comprenant au moins un fragment immortalisant d'un oncogène viral ou cellulaire, éventuellement associé à au moins un gène marqueur et les lignées ainsi transfectées sont immortalisées et présentent le phénotype non transformé de cellules endothéliales cérébrales différenciées.</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.

AT	Autriche	FI	Finlande	MN	Mongolie
AU	Australie	FR	France	MR	Mauritanie
BB	Barbade	GA	Gabon	MW	Malawi
BE	Belgique	GB	Royaume-Uni	NL	Pays-Bas
BF	Burkina Faso	GN	Guinée	NO	Norvège
BG	Bulgarie	GR	Grèce	NZ	Nouvelle-Zélande
BJ	Bénin	HU	Hongrie	PL	Pologne
BR	Brésil	IE	Irlande	PT	Portugal
CA	Canada	IT	Italie	RO	Roumanie
CF	République Centrafricaine	JP	Japon	RU	Fédération de Russie
CG	Congo	KP	République populaire démocratique de Corée	SD	Soudan
CH	Suisse	KR	République de Corée	SE	Suède
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	République slovaque
CM	Cameroon	LK	Sri Lanka	SN	Sénégal
CS	Tchécoslovaque	LU	Luxembourg	SU	Union soviétique
CZ	République tchèque	MC	Monaco	TD	Tchad
DE	Allemagne	MG	Madagascar	TG	Togo
DK	Danemark	ML	Mali	UA	Ukraine
ES	Espagne			US	Etats-Unis d'Amérique

LIGNEES DE CELLULES ENDOTHELIALES CEREBRALES IMMORTALISEES, LEUR PROCEDURE DE PREPARATION ET LEURS APPLICATIONS EN TANT QUE MODELE D'ETUDE DE LA PHYSIOPATHOLOGIE CEREBRALE.

5                   La présente invention est relative à des  
lignées de cellules endothéliales cérébrales immortalisées, à leur procédé de préparation et à leurs applications en tant que modèle d'étude de la physiopathologie cérébrale et plus particulièrement en tant que modèle  
10 cellulaire de la barrière hémato-encéphalique.

La barrière hématoencéphalique contrôle les échanges entre le sang et le parenchyme cérébral. Elle est essentiellement constituée des cellules endothéliales des microvaisseaux cérébraux, associées aux astrocytes  
15 périvasculaires. Ces cellules endothéliales présentent un phénotype unique, caractérisé essentiellement par la présence de nombreuses jonctions serrées intercellulaires et l'expression d'enzymes spécifiques, telles que la  $\gamma$ -glutamyltranspeptidase ( $\gamma$ -GT) et la phosphatase alcaline.

20                   Il est connu que l'induction de ce phénotype endothélial est contrôlé, *in vivo*, par les astrocytes périvasculaires. L'étude *in vitro* des mécanismes moléculaires de cette induction présente l'inconvénient d'être dépendante de la disponibilité en cultures cellulaires  
25 primaires de cellules endothéliales de microvaisseaux cérébraux ; de plus, outre la difficulté, à l'heure actuelle, de disposer de systèmes permettant l'analyse des cellules endothéliales de la barrière hémato-encéphalique, la durée de vie limitée de ces cellules en culture  
30 (de l'ordre de douze passages) conduisant, de plus, à des changements phénotypiques considérables concomitamment au vieillissement cellulaire (DURIEU-TRAUTMANN et al., J. Neurochem., 1991) est un autre inconvénient majeur lié à cette étude.

35                   Les Inventeurs se sont, en conséquence, donné pour but de pourvoir à un modèle d'étude des cellules endothéliales de la barrière hémato-encéphalique, ne pré-

sentant pas les inconvénients des cultures de ces cellules et permettant l'étude des processus neuro- et immuno- chimiques impliqués dans le contrôle de l'activité de la barrière hémato-encéphalique.

5 La présente invention a pour objet des lignées de cellules endothéliales cérébrales de mammifère, caractérisées :

. en ce qu'elles sont immortalisées et présentent au moins l'une des caractéristiques suivantes des cellules  
10 endothéliales cérébrales différenciées, de manière stable :

- l'expression de marqueurs endothéliaux tels que l'antigène apparenté au facteur VIII, l'enzyme de conversion de l'angiotensine et des enzymes spécifiques  
15 ( $\gamma$ -GT, phosphatase alcaline),

- la sécrétion de substances vasoactives (endothéline, NO, prostaglandines),

- l'expression de molécules du complexe majeur d'histocompatibilité (CMH),

20 - l'expression de récepteurs hormonaux (récepteurs de neurotransmetteurs tels que les récepteurs  $\beta$ -adrénergiques), et

- l'existence de jonctions serrées et

. en ce qu'elles sont susceptibles d'être obtenues par  
25 transfection de cellules endothéliales cérébrales par un fragment d'acide nucléique comprenant au moins un fragment immortalisant d'un oncogène viral ou cellulaire, éventuellement associé à au moins un gène marqueur.

De telles lignées cellulaires présentent, de  
30 manière surprenante, au moins l'une des propriétés précitées des cellules endothéliales cérébrales différenciées, et ce, de manière stable.

Conformément à l'invention, ledit gène marqueur est avantageusement un gène codant pour la résistance à un antibiotique.  
35

Selon un mode de réalisation avantageux de la-

dite lignée, elle est obtenue par transfection de cellules endothéliales de capillaires cérébraux bovins par le plasmide pSV3 néo contenant le gène néo de la résistance à la néomycine et un fragment de l'oncogène T de 5 SV40.

Le plasmide pSV3 néo est plus particulièrement décrit dans l'article au nom de Southern et Berg, (J. Mol. Appl. Genet., 1982, 1, 327-341).

Cette lignée cellulaire a été dénommée SV-BEC 10 par les Inventeurs.

Conformément à l'invention, ladite lignée a été déposée sous le n° I-1143 en date du 19 septembre 1991 auprès de la Collection Nationale de Cultures de Microorganismes tenue par l'Institut Pasteur.

15 Selon un autre mode de réalisation avantageux de ladite lignée, elle est obtenue par transfection de cellules endothéliales de capillaires cérébraux de rat par un plasmide contenant la région précoce E1A du génome de l'adénovirus 2 et le gène de résistance à la néomycine. 20

Cette lignée cellulaire a été dénommée RBE-4 par les Inventeurs.

Conformément à l'invention, ladite lignée a été déposée sous le n° I-1142 en date du 19 septembre 25 1991 auprès de la Collection Nationale de Cultures de Microorganismes tenue par l'Institut Pasteur.

Ledit fragment oncogène viral ou cellulaire et/ou le gène marqueur sont sous le contrôle soit d'un promoteur homologue, soit d'un promoteur hétérologue, 30 aptes à permettre l'expression dudit fragment immortalisant.

De manière inattendue, lesdites lignées sont immortelles, présentent un phénotype stable et non transformé de cellules endothéliales cérébrales différenciées, 35 possèdent une activité de prolifération illimitée et présentent certaines des propriétés des cellules endothé-

liales cérébrales de la barrière hémato-encéphalique, permettant notamment leur utilisation comme modèle cellulaire *in vitro* de la barrière hémato-encéphalique.

La présente invention a également pour objet  
5 un procédé d'obtention d'une lignée cellulaire conforme à l'invention par une méthode de transfection, lequel procédé est caractérisé en ce que :

. on cultive des cellules endothéliales de microvaisseaux cérébraux dans un milieu de culture convenable, supplémenté en sérum et en facteur de croissance,  
10

. on les transfecte entre le 2ème et le 6ème passage avec un fragment d'acide nucléique comprenant au moins un fragment immortalisant d'un oncogène viral ou cellulaire et éventuellement au moins un gène marqueur,  
15 notamment un gène codant pour la résistance à un antibiotique et

. on sélectionne les cellules transfectées sur un milieu de sélection adapté audit gène marqueur, si nécessaire.

20 Selon un mode de mise en oeuvre avantageux dudit procédé, ledit fragment nucléique comprend un gène codant pour la résistance à la néomycine et un fragment d'un oncogène viral, tels qu'un fragment de l'oncogène T de SV40 et un fragment contenant la région précoce E1A du  
25 génome de l'adénovirus 2 ou d'un oncogène cellulaire.

La présente invention a également pour objet un modèle d'étude et d'identification des systèmes biochimiques et cellulaires de la barrière hémato-encéphalique, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une  
30 lignée cellulaire selon l'invention.

Outre les dispositions qui précèdent, l'invention comprend encore d'autres dispositions, qui ressortiront de la description qui va suivre, qui se réfère à des exemples de mise en oeuvre du procédé objet de la présente invention, avec référence aux dessins annexés dans  
35 lesquels les figures 1 à 7 illustrent les propriétés des

cellules SV-BEC et les figures 8 à 14 illustrent les propriétés des cellules RBE-4.

De manière plus précise :

- 5 - les figures 1A et 1B illustrent l'effet du FGFb sur la prolifération des cellules SV-BEC (figure 1A) et des cellules CECB (figure 1B),
- les figures 2A et 2B illustrent l'effet de quantités croissantes de FGFb sur les cellules SV-BEC (figure 2A) et des cellules CECB (figure 2B),
- 10 - les figures 3 montrent que les cellules SV-BEC sont des cellules endothéliales différenciées (figure 3A : présence d'enzyme de conversion de l'angiotensine ; figure 3B : présence d'antigène apparenté au facteur VIII ; figure 3C : immunocoloration avec l'agglutinine
- 15 *Griffonia simplicifolia*,
- la figure 4 montre que les cellules SV-BEC sécrètent de l'endothéline-1,
- la figure 5 illustre une coupe verticale d'une monocouche confluyente de cellules SV-BEC, en
- 20 microscopie électronique,
- la figure 6 montre le nombre de sites de liaison  $\beta$ -adrénergiques présents à la surface des cellules SV-BEC,
- les figures 7A et 7B illustrent l'effet de
- 25 l'isoprotérénol et d'un antagoniste sur la quantité d'AMPC dans les cellules SV-BEC,
- la figure 8 montre la structure du plasmide servant à la transfection des cellules endothéliales de microvaisseaux cérébraux de rat, pour l'obtention de la
- 30 lignée immortalisée RBE-4,
- les figures 9A et 9B illustrent certaines des caractéristiques du phénotype endothélial différencié des cellules RBE-4 immortalisées : expression d'un antigène apparenté au facteur apparenté au facteur VIII
- 35 (figure 9A) et coloration par la lectine *Bandeiraea simplicifolia* (figure 9B),

- Les figures 9C à 9F montrent la localisation histochimique de  $\gamma$ -GT, en présence de FGFb dans des cellules RBE-4 immortalisées,

5 - Les figures 10A-F montrent la localisation histochimique de la phosphatase alcaline, en l'absence (figures 10A-B) ou en présence (figures 10C-F) de FGFb,

- Les figures 11 et 12 illustrent la synthèse d'AMPc (figure 11) et de GMPc (figure 12) par les cellules RBE-4,

10 - la figure 13 illustre la sécrétion d'ET-1 par les cellules RBE-4, et

- la figure 14 illustre l'expression des molécules de classe I et de classe II du CMH dans les cellules RBE-4.

15 Il doit être bien entendu, toutefois, que ces exemples sont donnés uniquement à titre d'illustration de l'objet de l'invention, dont ils ne constituent en aucune manière une limitation.

**EXEMPLE 1** : Préparation d'une lignée cellulaire conforme  
20 à l'invention : cellules endothéliales de microvaisseaux cérébraux bovins (lignée SV-BEC).

Des cellules endothéliales de microvaisseaux cérébraux bovins sont isolées à partir du cortex cérébral traité à la collagénase (DURIEU-TRAUTMANN et al., J. Neurochem., 1991, 56, 3, 775-781) ; ces cellules ne sont pas contaminées par des cellules vasculaires de muscle lisse ou des péricytes. Elles sont mises en culture dans des boîtes recouvertes de gélatine à 0,2 % (p/v) contenant un milieu DMEM (Dulbecco's modified Eagle's Medium)  
30 supplémenté en sérum bovin fœtal à 10 % (v/v), en glutamine 2 mM et en FGFb à 1 ng/ml et du glucose à 1 g/l.

Elles sont soumises à un passage hebdomadaire réalisé par resuspension dans de la trypsine-EDTA [0,05 %-0,02 % (p/v)] à 1 à 10 dilutions ; le milieu est  
35 changé tous les 3 jours.

La technique de coprécipitation au phosphate

de calcium est utilisée pour la transfection desdites cellules, au 5ème passage, avec le plasmide pSV3 néo (10 µg), contenant un fragment de l'oncogène SV40 et le gène de résistance néo au médicament dénommé G418 (WHITLEY et al., Mol. Cell. Endocrinol., 1987, 52, 279-284).

Après sélection dans un milieu contenant 800 µg/ml de G418, les cellules présentes sont clonées par dilution limite.

10 On obtient ainsi le clone SV-BEC.

**EXEMPLE 2 : Caractéristiques de la lignée SV-BEC.**

La lignée cellulaire obtenue à l'exemple 1 possède un certain nombre des caractéristiques des cellules endothéliales cérébrales.

15 A. Phénotype endothélial différencié :

a) Besoins en FGFb et en gélatine des cellules SV-BEC immortalisées :

. Lorsque les cellules sont ensemencées à faible densité ( $5 \cdot 10^3$  cellules/cm<sup>2</sup>) dans des boîtes de culture de tissus et cultivées sur un milieu supplémenté en sérum, [DMEM supplémenté en sérum bovin fétal (10 %) et glutamine (2 mM)], les cellules endothéliales cérébrales bovines (CECB) prolifèrent à faible taux, tandis que les SV-BEC arrêtent de proliférer après 3-4 jours en culture.

Les figures 1A et 1B, qui comportent en abscisse le nombre de jours et en ordonnées le nombre de cellules/cm<sup>2</sup> ( $\times 10^{-3}$ ), illustrent l'effet du FGFb sur la prolifération des cellules SV-BEC (figure 1A) et des cellules CECB (figure 1B). L'addition de FGFb (1 ng/ml) (figure 1A, courbe -■- et figure 1B, courbe -▲-), améliore de manière importante le taux de croissance des deux types cellulaires.

La confluence est atteinte après 5 jours, après addition de FGFb chaque jour.

. La densité cellulaire maximale obtenue avec

les cellules SV-BEC, dans ces conditions, est seulement de 65 à 70 % de la densité obtenue avec les cellules CECB. Les taux de croissance des deux types cellulaires sont similaires, avec un temps de doublement de la population d'environ 12 heures, pendant la phase logarithmique.

Les figures 2A et 2B, qui comportent en abscisses les concentrations en FGFb et en ordonnées le nombre de cellules/cm<sup>2</sup> ( $\times 10^{-3}$ ) illustrent l'effet de quantités croissantes de FGFb sur les cellules SV-BEC (figure 2A) et sur les cellules CECB (figure 2B) en présence ou en l'absence de gélatine. La concentration de FGFb nécessaire pour une prolifération cellulaire optimale, est de 0,25 ng/ml pour les cellules SV-BEC (figure 2A : boîtes de culture recouvertes de gélatine : courbe ■ ; boîtes sans gélatine : courbe □) et de 0,5 ng/ml pour les cellules CECB (figure 2B : boîtes de culture recouvertes de gélatine : courbe ▲ ; boîtes sans gélatine : courbe □). Dans l'essai illustré aux figures 2A et 2B, le FGFb est ajouté au jour 0 et au jour 3.

Les réponses prolifératives des deux types cellulaires sont significativement améliorées lorsque les cellules sont ensemencées sur des boîtes de culture recouvertes de gélatine. A confluence, les cellules SV-BEC forment une monocouche de cellules, inhibées par contact.

#### b) Immunochimie :

Par analyse immunocytochimique, il apparaît que les cellules SV-BEC expriment un antigène apparenté au facteur VIII ainsi que l'enzyme de conversion de l'angiotensine, deux marqueurs spécifiques des cellules endothéliales.

De plus, ces cellules sont colorées par l'agglutinine *Griffonia simplicifolia* (Sigma) fluorescente, qui est également un marqueur spécifique des cellules endothéliales cérébrales.

Pour ces trois tests, les cellules ont été

cultivées sur des lamelles de couverture recouvertes de gélatine. Elles sont fixées avec un mélange méthanol : éthanol (1:1) à 22°C pendant 20 min, ces cellules sont d'abord incubées avec des anticorps dirigés contre  
5 l'antigène apparenté au facteur VIII ou l'enzyme de conversion de l'angiotensine, puis avec des anticorps biotynilés et finalement elles sont colorées à la streptavidine fluorescente. Ces résultats sont observés à l'aide d'un microscope standard (Nikon) équipé avec une  
10 illumination en épifluorescence.

L'agglutinine *Griffonia simplicifolia*, marquée à la fluorescéine est utilisée au 1/400 dans un tampon PBS.

Toutes les incubations sont de 60 minutes à  
15 température ambiante.

Les cellules SV-BEC sont donc de vraies cellules endothéliales différenciées, comme le montrent la présence d'antigène apparenté au facteur VIII (figure 3B), d'enzyme de conversion de l'angiotensine (figure 3A)  
20 et l'immunocoloration avec l'agglutinine *Griffonia simplicifolia* (figure 3C).

c) Sécrétion de substances vasoactives :

Les cellules SV-BEC sont également testées pour la synthèse et la sécrétion de substances vaso-actives, en comparaison avec les cellules CECB. En utilisant un radioimmunoessai, on détecte une immunoréactivité apparentée à celle de l'endothéline-1 dans un milieu conditionné (figure 4). Les courbes de dilution générées par ces milieux conditionnés sont parallèles à la courbe  
25 standard obtenue avec l'endothéline-1 (ET-1). De plus, la sécrétion observée est linéaire en fonction du temps et atteint un plateau au bout de 24 heures.  
30

Le protocole du RIA est le suivant :

un antisérum de lapin spécifique de l'endothéline (dilution finale de 1/300) est incubé dans du DMEM supplémenté en sérum bovin fétal (10 %), en présence  
5 de différentes concentrations d'endothéline non marquée synthétique ou de milieu conditionné, pendant 2 heures à 37°C (volume final : 80 µl).

De 1' [125I]ET-1 (10 000 cpm dans 40 µl) est alors ajoutée et l'incubation est de 16 heures à 4°C.  
10 L' [125I]ET-1 libre et liée sont séparées par addition de Protéine A-Sépharose®.

Après 1 heure à température ambiante, les tubes sont centrifugés, les culots lavés avec un tampon et la radioactivité liée est comptée.

15 La figure 4 illustre les résultats d'un tel essai et comporte en abscisse la concentration en endothéline-1 (log fmol/tube) et en ordonnées le rapport lié/libre (%). Les milieux conditionnés obtenus à partir de SV-BEC (courbe -■-) et à partir de CEBC (courbe -▲-) sont comparées avec la courbe standard (courbe -O-).  
20

#### B. Absence de tumorigénicité :

Les cellules SV-BEC ne sont pas transformées : en effet, comme précisé ci-dessus, elles présentent une inhibition de contact et leur prolifération est dépendante du FGFb exogène.  
25

#### C. Expression des marqueurs de la barrière hémato-encéphalique :

- Le protocole utilisé est le suivant :

Les cellules sont rincées avec un tampon PBS  
30 froid, pH 7,4, puis fixées dans du glutaraldéhyde 2 % (v/v) dans un tampon cacodylate 0,1 M, pendant 60 min à 4°C. Après un rinçage rapide dans le même tampon, les cellules sont à nouveau fixées, soit dans du ferro-osmium [OsO4 1%, K4Fe(CN)6 0,8 %] dans un tampon cacodylate pendant 30 min, soit dans de l'OsO4 aqueux 1 % et de l'acétate d'uranyle 1 % dans de l'éthanol 50 %.  
35

Ces cellules sont ensuite déshydratées dans de l'éthanol puis retirées des boîtes de culture à l'aide d'un traitement court avec du butyl-2-3-époxy-propyl-éther.

5 Les monocouches sont soigneusement récupérées et transférées sur de petites capsules de polyéthylène et incluses dans un mélange EPON<sup>®</sup>, en utilisant de l'époxy-1-2-propane comme solvant intermédiaire.

De fines sections sont colorées de manière conventionnelle avec du citrate de plomb et de l'acétate d'uranyle et observées dans un appareil Philipps CM12 à 10 80 kv.

- Résultats :

La morphologie ultrastructurale des cellules SV-BEC est observée au microscope électronique. 15

La figure 5 illustre une coupe verticale d'une monocouche confluyente ; de nombreuses jonctions serrées intercellulaires sont visibles (voir les flèches), caractéristiques de la barrière hémato-encéphalique.

20 De plus, une activité  $\gamma$ -glutamyl transférase significative est mesurée dans les cellules confluentes SV-BEC ( $11,2 \text{ nmol.mg prot}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ), également spécifique de la barrière hémato-encéphalique, selon le protocole de mesure de l'activité  $\gamma$ -glutamyl transpeptidase décrit dans 25 ORLOWSKI et MEISTER (Proc. Natl. Acad. Sci., 1970, 67, 1248-1255).

D. Coexpression des récepteurs  $\beta_1$  et  $\beta_2$  adrénergiques :

\* Liaison aux récepteurs.

- Protocole :

30 . Pour la mesure de la liaison des ligands  $\beta$ -adrénergiques, les cellules sont détachées après un court traitement à la trypsine-EDTA, lavées et remises en suspension (environ  $10^7$  cellules/ml) dans une solution salée de Hank supplémentée avec de l'HEPES 20 mM, pH 7,4 et de 35 la sérumalbumine bovine (1 mg/ml).

Les cellules ( $10^6$ ) sont incubées dans le tam-

pon avec des quantités croissantes de [<sup>3</sup>H] CGP 12177, dans un volume final de 300 µl à 37°C pendant 60 min.

La liaison non spécifique est mesurée en présence de (±) alprénolol 3.10<sup>-5</sup> M. La réaction est arrêtée par addition d'1 ml de tampon froid, et les échantillons sont immédiatement filtrés sur des filtres en fibre de verre GF/C (Whatman). Après lavages, la radioactivité retenue sur les filtres est comptée par scintillation liquide.

10                   - Résultats :

La liaison du [<sup>3</sup>H] CGP 12177, un antagoniste β-adrénergique hydrophile, est utilisée pour évaluer le nombre de sites de liaison β-adrénergiques présents à la surface des cellules SV-BEC. Une analyse Scatchard des données de liaison à saturation indiquent 3819 ± 229 sites/cellule et une constante de dissociation (K<sub>D</sub>) de 899 ± 113 pM (figure 6).

La figure 6 comporte en abscisse la concentration en [<sup>3</sup>H] CGP 12177, en nM et en ordonnée la quantité liée en fpmol/10<sup>6</sup> cellules.

\* Couplage des récepteurs à l'activité adénylate cyclase : accumulation d'AMPC cellulaire.

- Protocole :

Des aliquots de 10<sup>6</sup> cellules sont incubés dans un tampon (solution salée de Hank, HEPES 20 mM, pH 7,4, IBMX (3-isobutyl-1-méthyl-xanthine) 0,5 mM) avec des quantités croissantes de (-)isoprotérénol dans un volume final de 200 µl à 37°C pendant 10 min.

L'inhibition de l'accumulation d'AMPC cellulaire est testée avec de l'(-)isoprotérénol 3.10<sup>-8</sup>, en présence de différentes concentrations de ligand CGP 2071A adrénergique β1-sélectif. Le contenu en AMPC est mesuré comme décrit dans CHAPOT et al. (Hybridoma, 1989, 8, 535-543), en utilisant le kit Amersham [<sup>3</sup>H] cAMP.

- Résultats :

La figure 7A montre que l'(-)isoprotérénol induit une augmentation du taux d'AMPC d'un facteur 6.

Ces données indiquent une valeur de l'EC<sub>50</sub> de 5 nM pour l'(-)isoprotérénol. Une inhibition biphasique de l'effet de l'(-)isoprotérénol est observée en présence de CGP 20712A, suggérant l'existence de deux populations de récepteurs  $\beta$ -adrénergiques comme dans les cellules endothéliales d'origine (figure 7B).

10 Une analyse informatique de ces données révèle que 36 % des récepteurs ont une affinité importante pour le CGP 20712A (IC<sub>50</sub>  $\approx$  29 pM) et que 65 % ont une faible affinité (IC<sub>50</sub>  $\approx$  1 nM). Ces valeurs sont en accord avec les affinités connues du CGP 20712A pour les récepteurs 15  $\beta$ 1 et  $\beta$ 2 adrénergiques (MARULLO et al., Bio/Technology, 1989, 7, 923-927).

La figure 7A, qui comporte en abscisse la concentration en (-)isoprotérénol (log M) et en ordonnées la quantité de pmol d'AMPC/10<sup>6</sup> cellules, illustre l'effet 20 de l'isoprotérénol sur la quantité d'AMPC dans les cellules SV-BEC et la figure 7B, qui comporte en abscisse la concentration en CGP 20712A (log M) et en ordonnée le pourcentage d'AMPC accumulé, illustre l'inhibition de cet effet par le CGP 20712A.

25 **EXEMPLE 3** : Préparation d'une lignée cellulaire conforme à l'invention : cellules endothéliales de microvaisseaux cérébraux de rat Lewis (lignée RBE-4).

- Des cellules endothéliales de microvaisseaux cérébraux de rat Lewis sont immortalisées par transfection 30 avec un plasmide contenant la région précoce E1A du génome de l'adénovirus 2 et le gène de résistance à la néomycine sous contrôle du promoteur SV40 (figure 8), selon la même technique que celle de l'exemple 1, après mise en culture de ces cellules dans des boîtes recouvertes de collagène, contenant un milieu  $\alpha$ -MEM/F10 (2/3 ; 35 1/3), supplémenté en sérum de veau foetal à 10 %, en FGFb

1 ng/ml, en glutamine et en pénicilline/streptomycine.

**EXEMPLE 4 : Caractéristiques de la lignée RBE-4.**

La lignée cellulaire obtenue à l'exemple 3 possède certaines des caractéristiques des cellules endothéliales cérébrales, étudiées selon les mêmes protocoles que ceux de l'exemple 2 ; elle possède notamment un phénotype non-transformé : inhibition de contact, prolifération dépendant des facteurs de croissance et d'adhérence, expression de marqueurs de différenciation endothéliale et non-tumorigénicité.

A. Phénotype endothélial différencié :

Les cellules RBE-4 expriment un antigène apparenté au facteur apparenté au facteur VIII (figure 9A) ; de plus, ces cellules sont colorées par la lectine *Bandeiraea simplicifolia* (figure 9B) ; le protocole utilisé est le même que celui de l'exemple 2 et les résultats montrent bien que les cellules RBE-4 sont des cellules endothéliales différenciées.

B. Expression de marqueurs de la barrière hémato-encéphalique :

Les activités de deux enzymes, qui sont considérées comme des marqueurs des cellules endothéliales différenciées des microvaisseaux cérébraux, la  $\gamma$ -glutamyl-transférase ( $\gamma$ -GT) et la phosphatase alcaline, sont mises en évidence dans les cellules RBE-4, à l'aide de méthodes histochimiques.

Des cellules RBE-4 sontensemencées dans des boîtes de culture de tissus et cultivées dans un milieu contenant du FGFb [ $\alpha$  Medium/Ham's F10 (1:1 Seromed, France), supplémenté avec de la glutamine 2 mM, du sérum de veau fétal inactivé par la chaleur à 10 % et du FGFb 1 ng/ml ; puis elles sont étalées à une densité de  $10^4$  cellules/cm<sup>2</sup> sur des boîtes recouvertes de collagène]. Les cultures confluentes développent, après plusieurs jours, des ramifications qui s'étendent au delà de la monocouche et forment un réseau de structures tubulaires,

rappelant des capillaires (figure 9C). Des activités  $\gamma$ -GT (figure 9C) et phosphatase alcaline peuvent être détectées dans quelques unes de ces structures tubulaires, mais ne sont pas observées dans les cellules de la monocouche environnante.

Les cellules RBE-4 sont cocultivées avec un milieu conditionné ou des membranes plasmatiques soit de cellules astrogliales primaires de rat (figure 9D), soit de cellules gliomales C6 (figure 9E). Dans des monocouches traitées avec des membranes plasmatiques des deux types précités, en présence ou non de FGFb, les structures tubulaires se développent rapidement et forment des agrégats informes importants ; une telle prolifération apparaît moins évidente en milieu conditionné. Les activités  $\gamma$ -GT (figure 9F) et phosphatase alcaline (figure 10A-F) se rencontrent dans de nombreuses cellules de ces structures tri-dimensionnelles, entraînant une augmentation globale de ces deux marqueurs de la BHE dans les cocultures. L'addition d'un analogue de l'AMPC, le 8-bromo-AMPC, réduit ce processus angiogénique et induit l'expression d'une activité phosphatase alcaline dans chacune des cellules formant les structures tubulaires résiduelles ou les agrégats et dans quelques cellules de la monocouche. Les effets de cette substance sur la  $\gamma$ -GT sont moins prononcés.

Les figures 9C à 9F montrent la localisation histochimique de  $\gamma$ -GT, en présence de FGFb (un trait correspond à 60  $\mu$ m) : 9C : cellules RBE-4 à confluence, avec une structure de type capillaire et la présence de quelques cellules  $\gamma$ -GT + ; 9D : cellules RBE-4 traitées pendant 6 jours avec des membranes plasmatiques d'astrocytes primaires ; 9E : cellules RBE-4 traitées pendant 6 jours avec des membranes plasmatiques de cellules gliomales C6 ; 9F : cellules RBE-4 traitées pendant 6 jours avec des membranes plasmatiques de cellules gliomales C6 et du 8-bromo-AMPC 0,1 mM : la plupart des cellules pré-

sentent une activité  $\gamma$ -GT.

Les figures 10A-F montrent la localisation histochemique de la phosphatase alcaline, en l'absence (figures 10A-B) ou en présence (figures 10C-F) de FGFb :  
5 figures 10A et C : cellules RBE-4 à confluence ; figures 10B et D : cellules RBE-4 traitées pendant 6 jours avec des membranes plasmiques de cellules gliomales C6 ; figure 10E : cellules RBE-4 traitées pendant 10 jours avec un milieu conditionné pour cellules gliomales C6 : figure  
10 10F : cellules en outre traitées avec du 8-bromo-AMPC 0,1 mM. Ces différentes figures montrent que l'expression de l'activité phosphatase alcaline présente la même évolution en coculture et en présence de 8-bromo-AMPC que la  
15  $\gamma$ -GT.

Ces différents résultats montrent que dans les monocouches de cellules endothéliales du clone RBE-4, comme dans les cultures primaires de cellules endothéliales microvasculaires, la formation de tubes capillaires peut se produire, en présence d'un mitogène angiogénique soluble ; de plus, la formation d'une telle  
20 structure tubulaire peut être stimulée par des facteurs astrogliaux (membranaires ou solubles).

#### C - Expression de récepteurs hormonaux.

. production d'AMPC :

25 Des aliquots de  $4 \cdot 10^6$  cellules sont incubées dans un tampon A [solution saline de Hank, Hepes 20 mM pH 7,4, IBMX 0,5 mM] en présence de quantités croissantes de (-)isoprotérénol, dans un volume final de 250  $\mu$ l, à 37°C et pendant 10 minutes ; l'AMPC est mesuré comme  
30 décrit dans DURIEU-TRAUTMANN O. et al. (J. Neurochem., 1991, 56, 775-781), en utilisant un kit AMPC Amersham [ $^3$ H].

Les cellules RBE-4 ont été testées pour leur capacité à produire l'AMPC sous l'influence d'un signal  
35 de régulation extracellulaire ; la figure 11, qui comporte en abscisse la concentration en isoprotérénol et en

ordonnée la concentration en AMPc (pmol/10<sup>5</sup> cellules), montre que l'isoprotérénol, un agoniste  $\beta$ -adrénergique, stimule l'accumulation d'AMPc dans les cellules RBE-4, cette stimulation étant bloquée par le propranolol.

5 . production de GMPC :

Des aliquots de 2.10<sup>5</sup> cellules sont incubées dans le même tampon A que précédemment, en présence de quantités croissantes de peptides natriurétiques (ANP) dans un volume final de 500  $\mu$ l à 37°C, pendant  
10 10 minutes.

Lorsqu'on teste l'activité guanylyl cyclase soluble, des aliquots de 10<sup>6</sup> cellules sont incubées dans le tampon A contenant du nitroprusside à 37°C, pendant 5 minutes.

15 La production de GMPC, à partir de GTP, est catalysée par différentes enzymes : la figure 12, qui comporte en abscisse la concentration en ANP et en ordonnée la concentration en GMPC (pmol/10<sup>5</sup> cellules), montre que le facteur atrial natriurétique (FAN ou ANP pour  
20 *atrial natriuretic peptide*) stimule l'accumulation de GMPC dans les cellules RBE-4.

Ceci montre que les cellules immortalisées conformes à l'invention, RBE-4 possèdent des récepteurs  $\beta$ -adrénergiques et des récepteurs FAN.

25 D - Sécrétion de substances vasoactives.

. sécrétion d'endothéline-1 (ET-1) :

Les cellules RBE-4 sont cultivées dans des boîtes contenant 24 puits, pendant 3 jours.

Le milieu est alors changé et remplacé par  
30 500  $\mu$ l de milieu dépourvu de sérum contenant de la SAB 0,15 % et différents effecteurs aux concentrations indiquées ci-après.

L'incubation dure de 30 min à 6 h. Les taux d'ET-1 dans les surnageants de culture sont déterminés  
35 par EIA, basé sur l'utilisation d'un tandem d'anticorps monoclonaux dirigés contre deux épitopes différents de

l'ET-1 (sensibilité de l'essai, de l'ordre du pg/ml) ; l'accumulation d'ET-1 dans le milieu extracellulaire est linéaire sur une période de 6-8 heures ( $110 \pm 4$  pg/ $10^6$  cellules/h, à confluence) (figure 13), puis atteint un plateau vers la 16ème heure. Cette sécrétion est stimulée par le sérum et la thrombine ; de plus, le 8-bromo-AMPC (0,5mM) induit un forte libération d'ET-1, tandis que le 8-bromo-GMPc (0,5mM) et le FAN (100 nM) inhibent cette sécrétion.

10 La figure 13 met en valeur ces résultats, obtenus dans les conditions précitées :

en présence de : 1 : rien ; 2 : 8-bromo-AMPC 0,5 mM ; 3 : IBMX 0,5 mM et 8-bromo-AMPC 0,5 mM ; 4 : isoprotérénol 100  $\mu$ M ; 5 : 8-bromo-GMPc 0,5 mM ; 6 : FAN 15 100 nM et 7 : IBMX 0,5 mM. Après ces traitements, on mesure l'immunoréactivité ET-1 dans les surnageants. Les résultats sont exprimés comme la moyenne  $\pm$  SEM de 8 à 16 déterminations ( $p < 0,01$  pour les colonnes 2 à 6).

. sécrétion de NO :

20 Le NO, identifié comme facteur relaxant de l'endothélium, est synthétisé à partir de L-arginine par au moins deux NO synthases différentes (la première : dépendante du calcium et de la calmoduline et exprimée, de manière constitutive, seulement dans un petit nombre 25 de types cellulaires, incluant quelques neurones ; la deuxième : inductible par les cytokines).

Des cellules RBE-4 sont cultivées dans des boîtes à 24 puits, pendant 3 jours.

Elles sont ensuite stimulées par l'addition de 30 100 U/ml d'IFN- $\gamma$  de rat et/ou de 50 U/ml de TFN $\alpha$  humain, en présence ou en l'absence des différents effecteurs mentionnés ci-après : N-méthylarginine (NMA), nitro-arginine (NOA), cycloheximide (CHX), 8-bromo-AMPC (BrAMPC) ou isoprotérénol (ISO).

35 Le tableau I ci-après montre la régulation de l'activité NO synthase inductible dans les cellules RBE-

4.

	Traitement	Accumulation de nitrite ( $\mu\text{M}$ )
	Aucun	<0,5
	IFN	3,1 $\pm$ 0,1
5	TFN	<0,5
	ISO (100 $\mu\text{M}$ )	<0,5
	TFN+IFN	10,0 $\pm$ 0,1
	TFN+IFN+NMA (100 $\mu\text{M}$ )	1,7 $\pm$ 0,1
	TFN+IFN+NOA (100 $\mu\text{M}$ )	7,6 $\pm$ 0,4
10	TNF+IFN+CHX (0,5 $\mu\text{g/ml}$ )	1,2 $\pm$ 0,2
	IFN+Br-AMPC (500 $\mu\text{M}$ )	3,8 $\pm$ 0,1
	TNF+IFN+Br-AMPC (500 $\mu\text{M}$ )	15,0 $\pm$ 0,4
	IFN+ISO (10 $\mu\text{M}$ )	3,9 $\pm$ 0,1
	IFN+ISO (100 $\mu\text{M}$ )	4,2 $\pm$ 0,1
15	TNF+IFN+ISO (100 $\mu\text{M}$ )	14,8 $\pm$ 0,7

La libération de NO par les cellules RBE-4 est détectée par détermination colorimétrique des nitrites accumulées, après 48 h, en ajoutant 500  $\mu\text{l}$  de surnageant cellulaire à 500  $\mu\text{l}$  de réactif de Greiss (sulfanilamide 20 0,5 % et dihydrochlorure de naphtyléthylènediamine 0,05 %, dans de l'acide phosphorique 5 %), puis en incubant 10 min à température ambiante. La  $\text{DO}_{540}$  est mesurée avec un spectrophotomètre. Comme le montre le tableau I, seule la NO synthase inductible est détectable dans les 25 cellules RBE-4. La production de nitrites par les cellules RBE-4 est induite par un traitement avec l'IFN- $\gamma$  et le TNF $\alpha$  potentialise cet effet. Cette activité est bloquée par la N-méthyl-arginine et d'une moindre manière par la nitro-arginine. Ceci montre l'absence d'expression 30 de la NO synthase constitutive par ces cellules, ce qui constituerait une caractéristique particulière des cellules endothéliales de la barrière hémato-encéphalique.

Le tableau I montre également que le BrAMPc, quoique n'ayant aucun effet seul, potentialise l'effet 35 inducteur des cytokines.

L'isoprotérénol stimule l'effet inducteur de l'IFN- $\gamma$  et du TNF $\alpha$ , bien que sans effet seul.

L'activité de l'isoprotérénol est dépendante de la dose et simule celle du 8-Br-AMPC.

5 L'activation de la synthèse de NO est précédée d'une lag-phase de 7-8 h.

. sécrétion de prostaglandines :

10 Les cellules RBE-4 sécrètent de manière constitutive des quantités importantes de PGE<sub>2</sub> (> 1000 pg/ml), mais pratiquement pas de 6-céto-PGF<sub>1 $\alpha$</sub> , le dérivé stable de la PGI<sub>2</sub> (< 50 pg/ml).

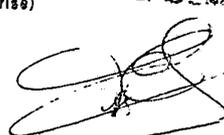
E - Expression de molécules du complexe majeur d'histocompatibilité.

15 L'expression de molécules de classe I et de classe II, dans les cellules RBE-4, a été étudiée.

Par analyse en cytométrie de flux dans des conditions standard, les cellules RBE-4 expriment de manière constitutive, des molécules de classe I uniquement. Une analyse après un traitement avec de l'IFN- $\gamma$ , révèle  
20 que l'expression des molécules de classe I est augmentée ; elle révèle également une induction importante de l'expression des molécules de classe II (figure 14 : intensité de fluorescence en abscisse, nombre de  
25 cellules, en ordonnée) : l'expression maximale des molécules de classe I est observée après 16 heures et reste stable pendant plusieurs heures, tandis que 24 heures de traitement sont nécessaires pour obtenir une expression optimale des molécules de classe II.

30 Ainsi que cela ressort de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes de mise en oeuvre, de réalisation et d'application qui viennent d'être décrits de façon plus explicite ; elle en embrasse au contraire toutes les variantes qui peuvent venir à l'esprit du technicien en la matière, sans s'écar-  
35 ter du cadre, ni de la portée de la présente invention.

No de la demande internationale: PCT/

<b>MICRO-ORGANISMES</b>		
Feuille facultative relative au micro-organisme mentionné en page 3 ligne 12 de la description 1		
<b>A. IDENTIFICATION DU DÉPÔT :</b>		
D'autres dépôts sont identifiés sur une feuille supplémentaire <input checked="" type="checkbox"/>		
Nom de l'institution de dépôt *		
Collection Nationale de Cultures de Microorganismes		
Adresse de l'institution de dépôt (y compris le code postal et le pays) *		
28 rue du Docteur Roux, 75724 PARIS CEDEX 15		
Date du dépôt *	N° d'ordre *	
19 septembre 1991	I-1143	
<b>B. INDICATIONS SUPPLÉMENTAIRES</b> * (à ne remplir que si nécessaire). Une feuille séparée est jointe pour la suite de ces renseignements <input type="checkbox"/>		
<p>"En ce qui concerne les désignations dans lesquelles un brevet européen est demandé, un échantillon du micro-organisme déposé ne sera accessible, jusqu'à la publication de la mention de la délivrance du brevet européen ou jusqu'à la date à laquelle la demande sera rejetée, retirée ou réputée retirée, que par la remise d'un échantillon à un expert désigné par le requérant. (règle 28.4) de la CBE)".</p>		
<b>C. ÉTATS DESIGNÉS POUR LESQUELS LES INDICATIONS SONT DONNÉES</b> * (si les indications ne sont pas données pour tous les États désignés)		
EUROPE CANADA JAPON ETATS-UNIS D'AMERIQUE		
<b>D. INDICATIONS FOURNIES SÉPARÉMENT</b> * (à ne remplir que si nécessaire)		
Les indications énumérées ci-après seront soumises ultérieurement au Bureau international * (spécifier la nature générale des indications p. ex., «No d'ordre du dépôt»)		
<input type="checkbox"/> La présente feuille a été reçue avec la demande internationale lorsque celle-ci a été déposée (à vérifier par l'office récepteur)		
(Fonctionnaire autorisé)		<b>E. DEMARCO</b>
<input type="checkbox"/> Date de réception (en provenance du déposant) par le Bureau international **		 22 SEP. 1991
(Fonctionnaire autorisé)		

No de la demande internationale: PCT/

/

**MICRO-ORGANISMES**

Feuille facultative relative au micro-organisme mentionné en page 3, ligne 24 de la description \*

**A. IDENTIFICATION DU DÉPÔT \***D'autres dépôts sont identifiés sur une feuille supplémentaire ? 

Nom de l'institution de dépôt \*

Collection Nationale de Cultures de Microorganismes

Adresse de l'institution de dépôt (y compris le code postal et le pays) \*

28 rue du Docteur Roux, 75724 PARIS CEDEX 15

Date du dépôt \*

19 septembre 1991

N° d'ordre \*

I-1142

**B. INDICATIONS SUPPLÉMENTAIRES \*** (à ne remplir que si nécessaire). Une feuille séparée est jointe pour la suite de ces renseignements. 

"En ce qui concerne les désignations dans lesquelles un brevet européen est demandé, un échantillon du micro-organisme déposé ne sera accessible, jusqu'à la publication de la mention de la délivrance du brevet européen ou jusqu'à la date à laquelle la demande sera rejetée, retirée ou réputée retirée, que par la remise d'un échantillon à un expert désigné par le requérant. (règle 28.4) de la CBE)".

**C. ÉTATS DESIGNÉS POUR LESQUELS LES INDICATIONS SONT DONNÉES \*** (si les indications ne sont pas données pour tous les États désignés)

EUROPE  
CANADA  
JAPON  
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

**D. INDICATIONS FOURNIES SÉPARÉMENT \*** (à ne remplir que si nécessaire)

Les indications énumérées ci-après seront soumises ultérieurement au Bureau international ? (spécifier la nature générale des indications p. ex., «No d'ordre du dépôt»)

E.  La présente feuille a été reçue avec la demande internationale lorsque celle-ci a été déposée (à vérifier par l'office receveur)

(Fonctionnaire autorisé) E. DEMARCO

 Date de réception (en provenance du déposant) par le Bureau international: \*\*

22 SEP 1992

(Fonctionnaire autorisé)

REVENDICATIONS

1') Lignées de cellules endothéliales cérébrales de mammifère, caractérisées :

en ce qu'elles sont immortalisées et présentent au moins l'une des caractéristiques suivantes des cellules endothéliales cérébrales différenciées, de manière stable :

- l'expression de marqueurs endothéliaux,
- la sécrétion de substances vasoactives,
- 10 - l'expression de molécules du complexe majeur d'histocompatibilité (CMH),
- l'expression de récepteurs hormonaux, et
- l'existence de jonctions serrées et

en ce qu'elles sont susceptibles d'être obtenues par 15 transfection de cellules endothéliales cérébrales par un fragment d'acide nucléique comprenant au moins un fragment immortalisant d'un oncogène viral ou cellulaire, éventuellement associé à au moins un gène marqueur.

2') Lignée cellulaire selon la revendication 20 1, caractérisée en ce qu'elle est susceptible d'être obtenue par transfection de cellules endothéliales de capillaires cérébraux bovins par le plasmide pSV3 néo contenant le gène néo de la résistance à la néomycine et un fragment de l'oncogène T de SV40.

25 3') Lignée cellulaire selon la revendication 2, caractérisée en ce qu'elle a été déposée sous le n° I-1143 en date du 19 septembre 1991 auprès de la Collection Nationale de Cultures de Microorganismes tenue par l'Institut Pasteur.

30 4') Lignée cellulaire selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle est susceptible d'être obtenue par transfection de cellules endothéliales de capillaires cérébraux de rat par un plasmide contenant la région précoce E1A du génome de l'adénovirus 2 et le gène 35 de résistance à la néomycine.

5') Lignée cellulaire selon la revendication

4, caractérisée en ce qu'elle a été déposée sous le n° I-1142 en date du 19 septembre 1991 auprès de la Collection Nationale de Cultures de Microorganismes tenue par l'Institut Pasteur.

5 6') Procédé d'obtention d'une lignée cellulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, par une méthode de transfection, lequel procédé est caractérisé en ce que :

10 . on cultive des cellules endothéliales de microvaisseaux cérébraux dans un milieu de culture convenable, supplémenté en sérum et en facteur de croissance,

15 . on les transfecte entre le 2ème et le 6ème passage avec un fragment d'acide nucléique comprenant au moins un fragment immortalisant d'un oncogène viral ou cellulaire et éventuellement au moins un gène marqueur, notamment un gène codant pour la résistance à un antibiotique et

20 . on sélectionne les cellules transfectées sur un milieu de sélection adapté audit gène marqueur, si nécessaire.

7') Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit fragment nucléique comprend un gène codant pour la résistance à la néomycine et un fragment d'un oncogène viral ou cellulaire.

25 8') Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le fragment d'oncogène viral est choisi dans le groupe qui comprend des fragments d'oncogène T de SV40 et des fragments contenant la région précoce E1A du génome de l'adénovirus 2.

30 9') Modèle d'étude et d'identification des systèmes biochimiques et cellulaires de la barrière hémato-encéphalique, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une lignée cellulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 5.

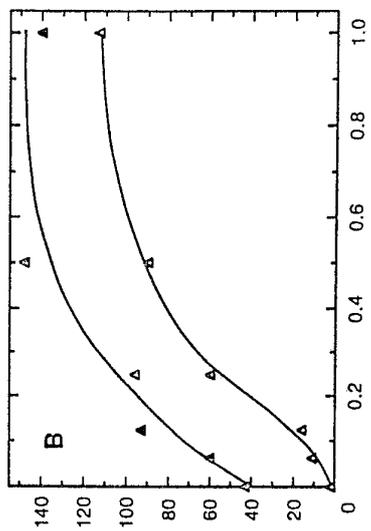
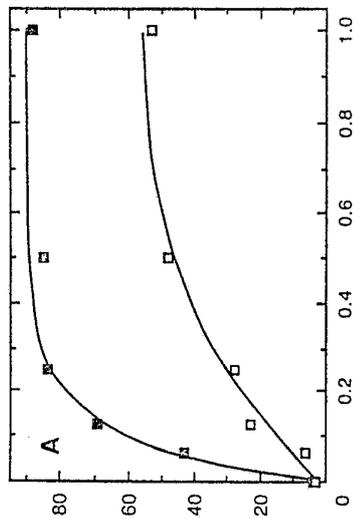


FIGURE 2

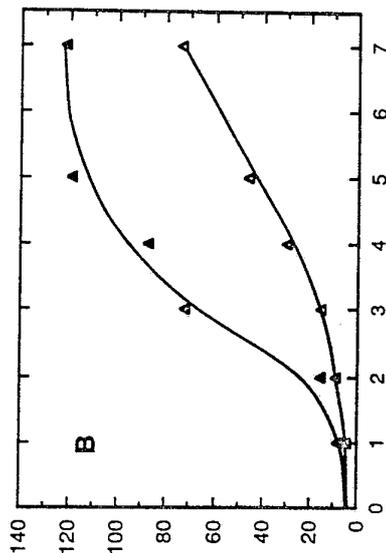
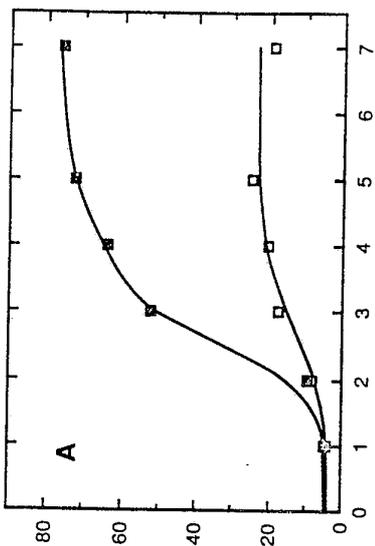


FIGURE 1

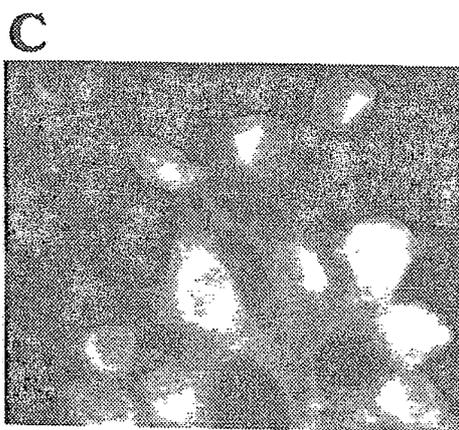


FIGURE 3

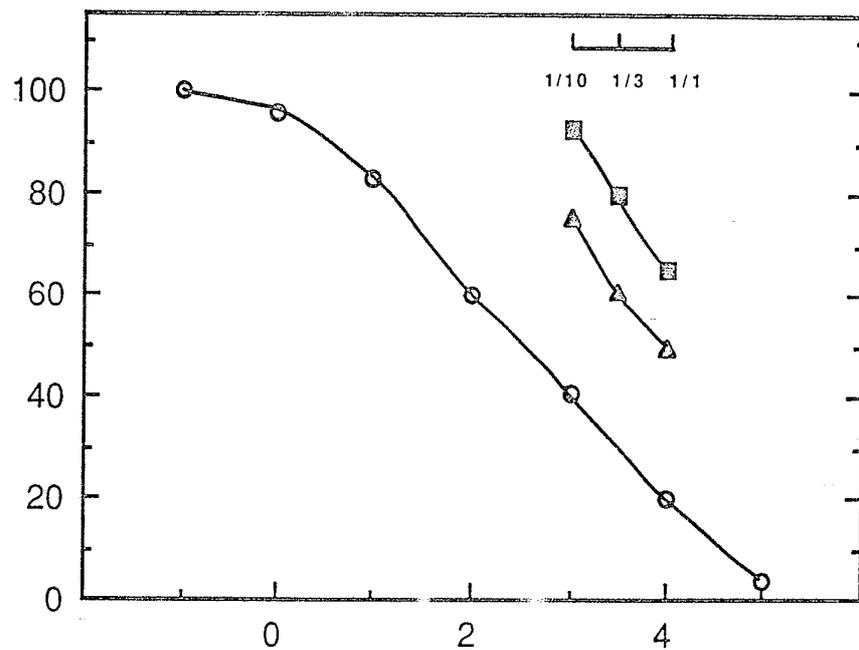


FIGURE 4

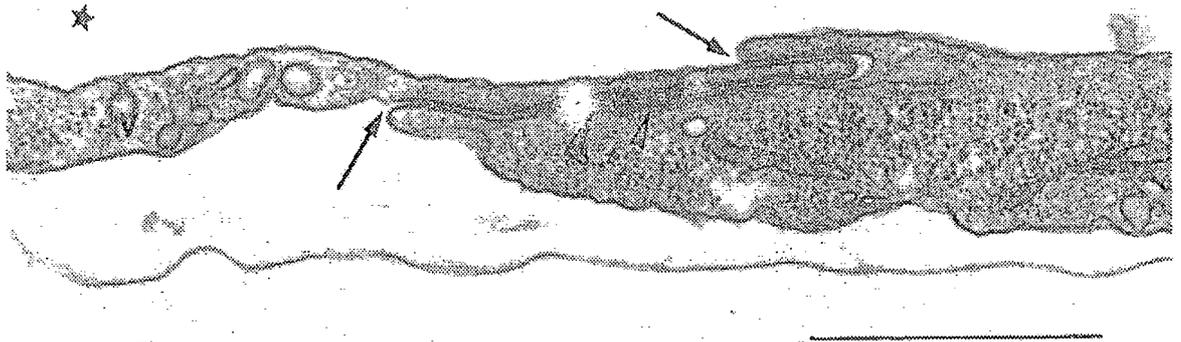
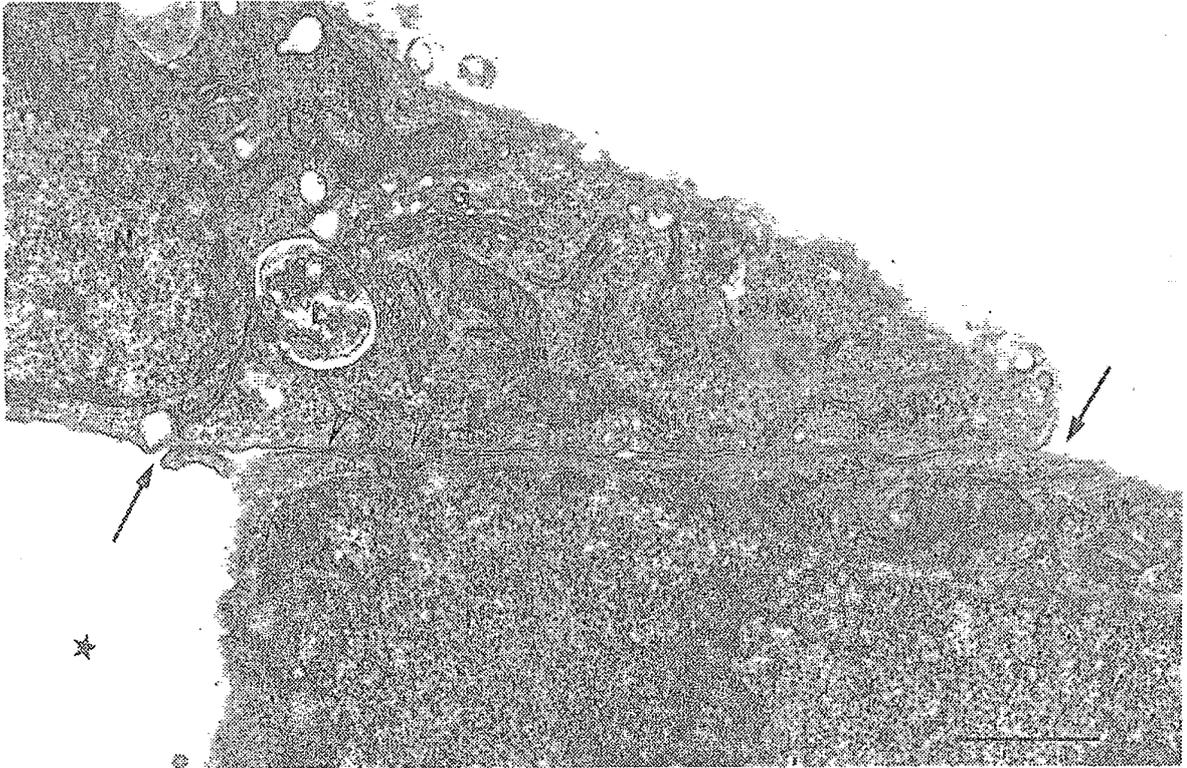


FIGURE 5

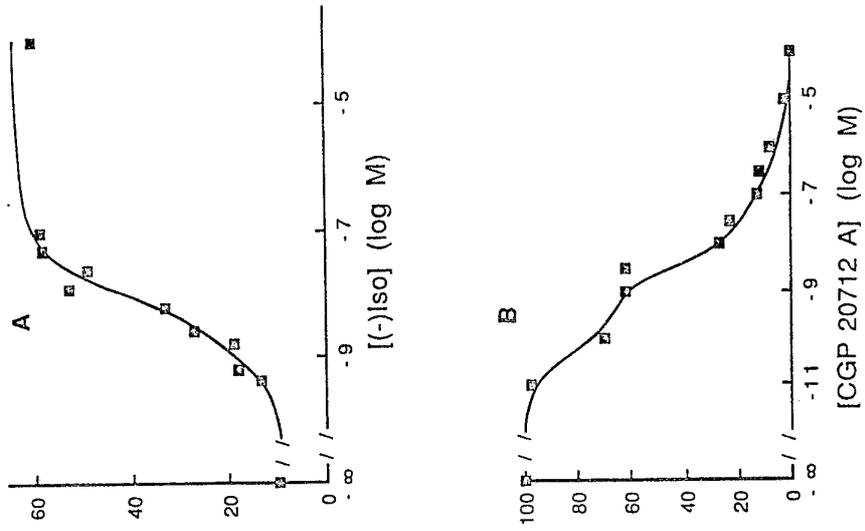


FIGURE 7

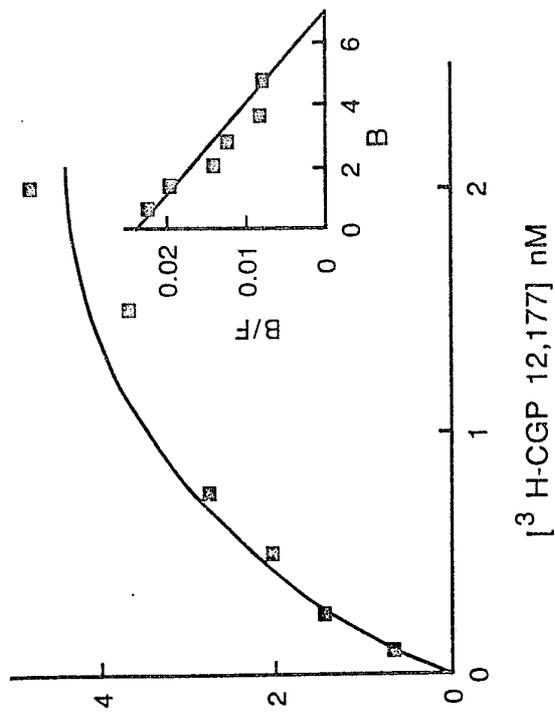


FIGURE 6

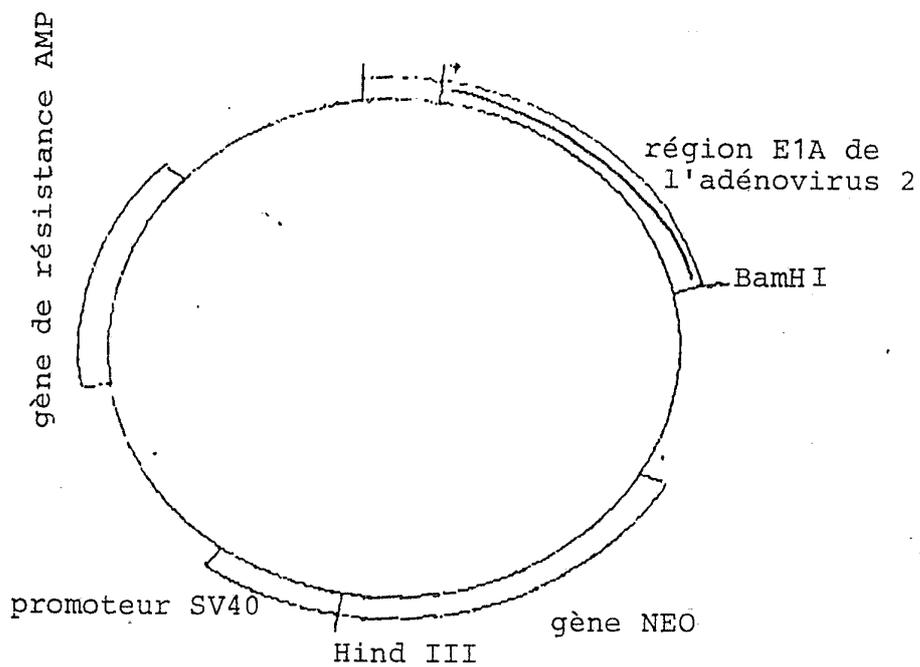


FIGURE 8

7/14

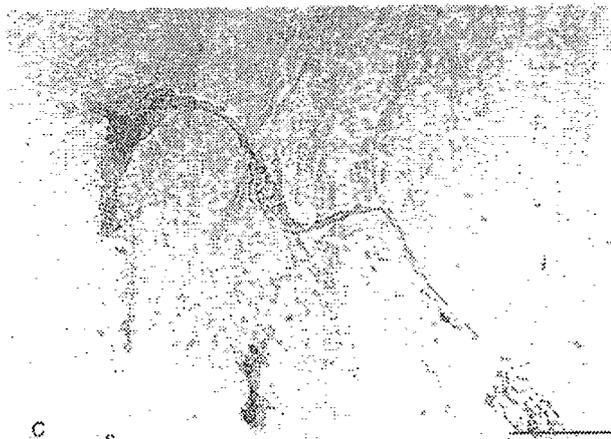
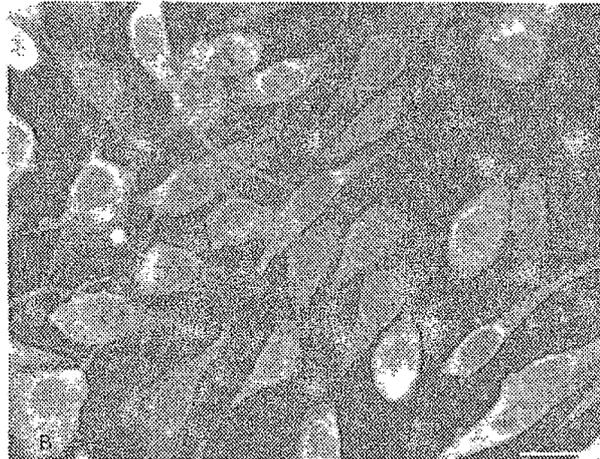
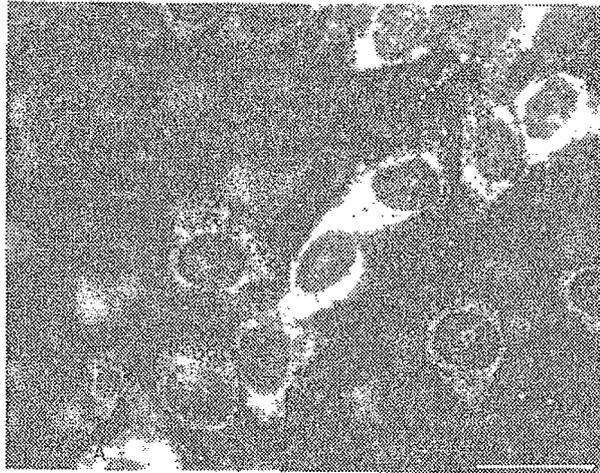


FIGURE 9 A-C

8/14



FIGURE 9 D-F

9/14

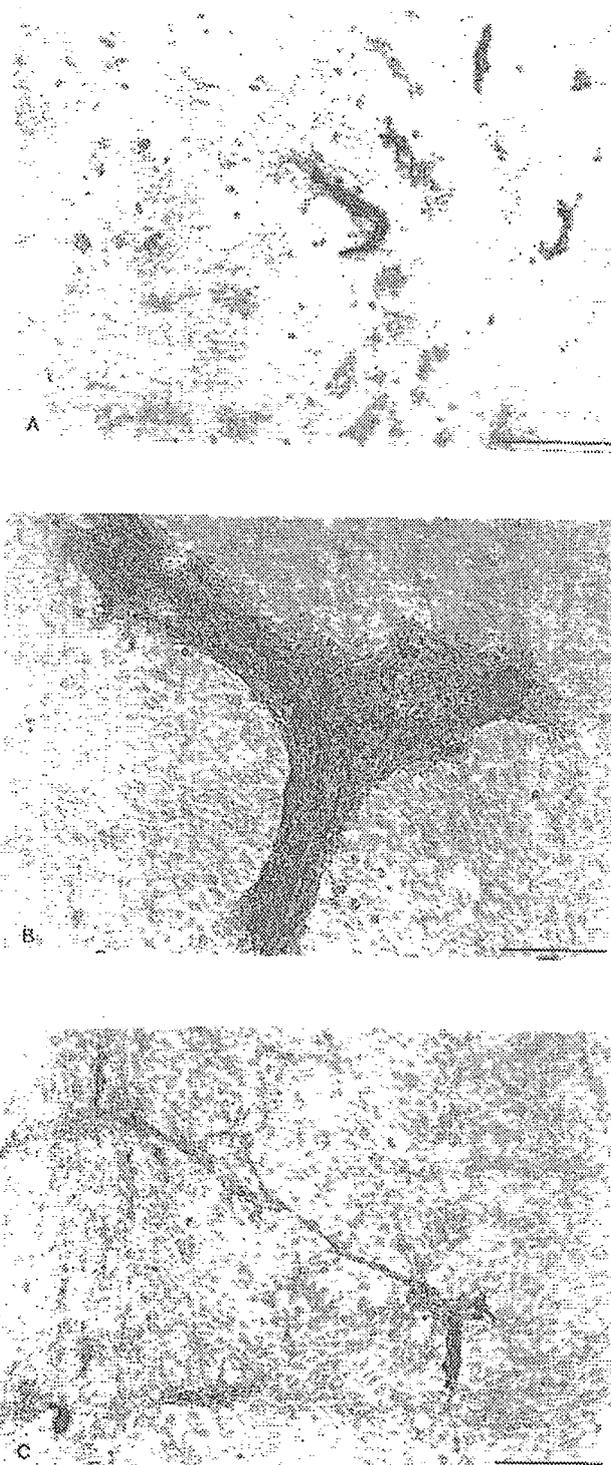


FIGURE 10 A-C

10/14

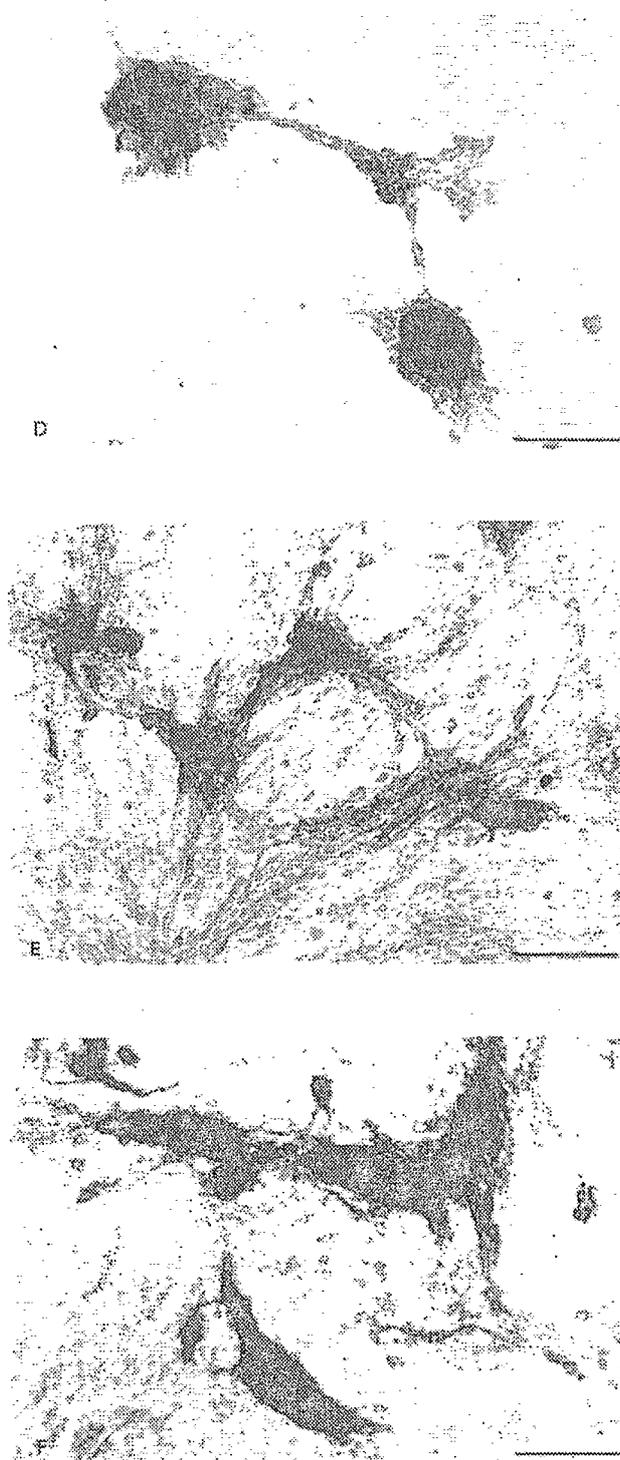


FIGURE 10 D-F

11/14

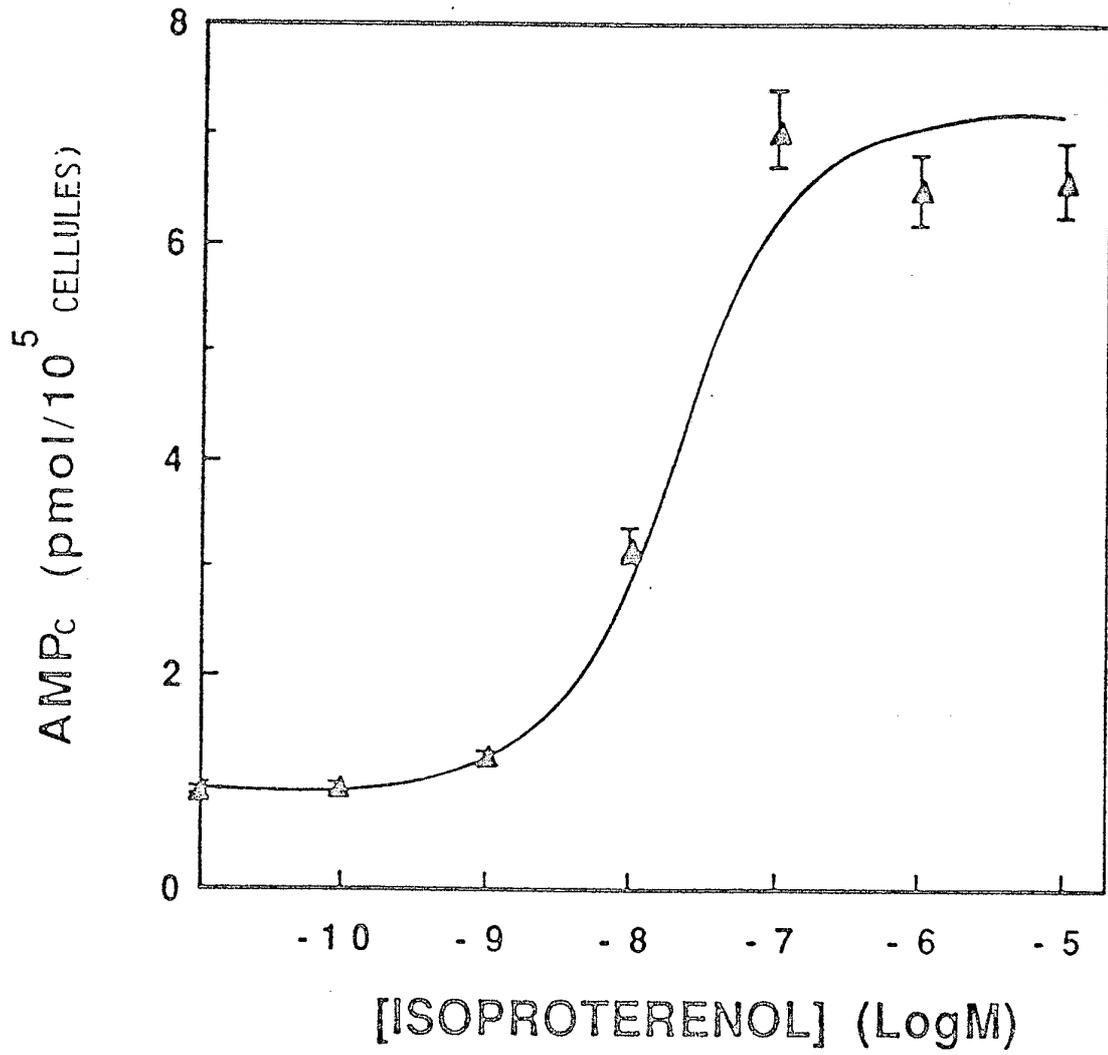


FIGURE 11

12/14

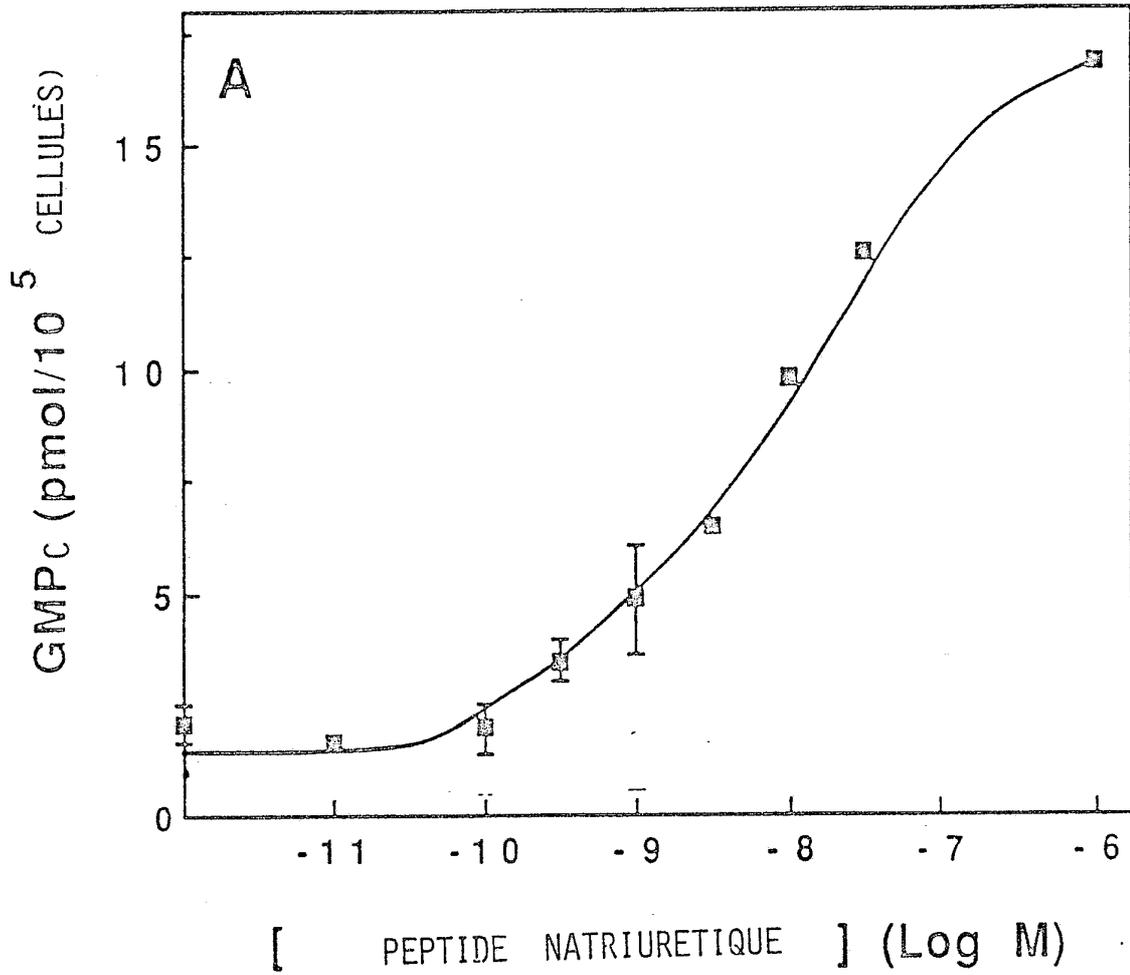


FIGURE 12

13/14

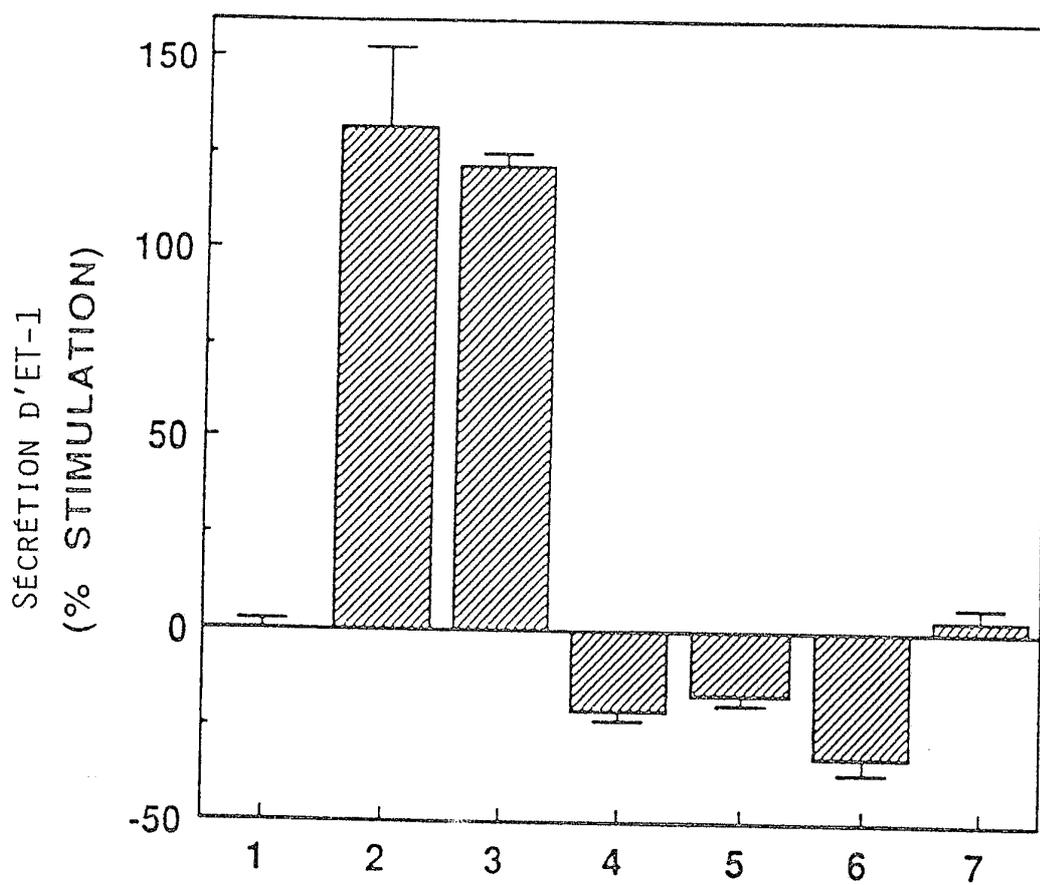


FIGURE 13

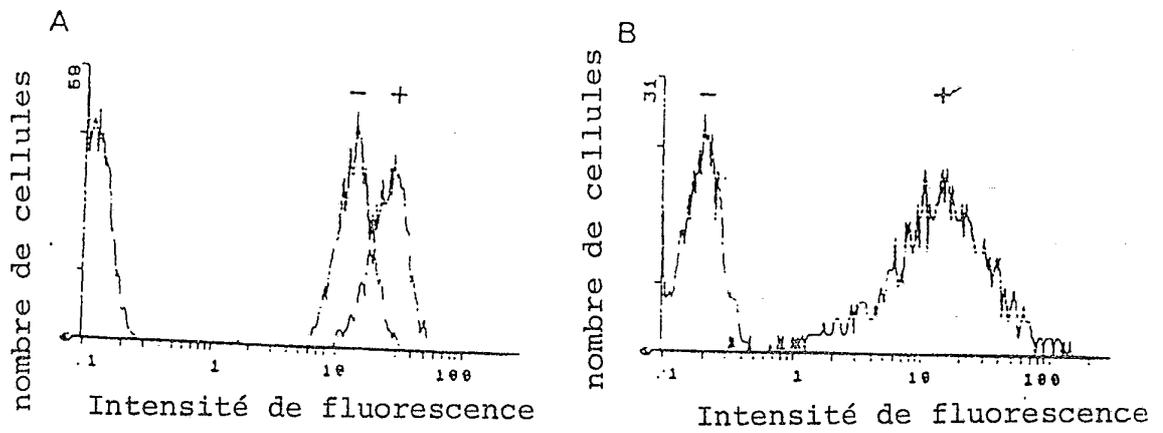


FIGURE 14

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR 92/00879

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
Int.Cl.5 C12N15/85; C12N5/10; C12N15/37; C12N15/34		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
Int.Cl.5 C12N; C07K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	IN VITRO CELLULAR & DEVELOPMENTAL BIOLOGY Vol. 27A, No. 10, October 1991, pages 771- 778 DURIEU-TRAUTMANN, O. ET AL. 'Immortalization of brain capillary endothelial cells with maintenance of structural characteristics of the blood-brain barrier endothelium' see the whole document	1,2,6-9
P,X	WO, A, 9 210 563 (UNIVERSITE PARIS VII) 25 June 1992 see page 4, line 18 - line 22 see page 6, line 19; claims 1,2,5,12,14,15,17,20	1,2,6-9
Y	FR, A, 2 634 784 (INSERM) 2 February 1990 see the whole document	1,2,4, 6-8
-/--		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 January 1993 (22.01.93)		Date of mailing of the international search report 12 February 1993 (12.02.93)
Name and mailing address of the ISA/ EUROPEAN PATENT OFFICE		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR 92/00879

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US-Published-Patent-Application-7-679674 (ADES, E.W., LAWLEY, T.J. & CANDAL, F.J.) (Publié dans NTIS GAZETTE le 1 Septembre 1991) see the whole document	1,6,7,8
Y	WO, A, 8 905 345 (WHITEHEAD INSTITUTE FOR BIOMEDICAL RESEARCH) 15 June 1989 see the whole document	1,2,4, 6-8
Y	MOLECULAR AND CELLULAR ENDOCRINOLOGY Vol. 52, No. 3, August 1987, IRLANDE pages 279 -284 WHITLEY, G.S. ET AL. 'sgh1-34, a thyrotrophin-responsive immortalised human thyroid cell line generated by transfection' cited in the application see the whole document	1,2,6,7, 8
Y	JOURNAL OF NEUROCHEMISTRY Vol. 56, No. 3, 1991 pages 775-781 DURIEU-TRAUTMANN, O. ET AL. 'Coexpression of beta 1 and beta 2-adrenergic receptors on bovine brain capillary endothelial cells in culture' cited in the application see the whole document	1,2,6-8
L	CHEMICAL ABSTRACTS, VOL. 115, NO. 21, 25 November 1991, Columbus, Ohio, US; abstract No. 227832q "Immortalization of human endothelial cells and characterization of the immortalized cells" page 522; column 1; (publié trop tard; correspond à la publication dans NTIS gazette; cité pour prouver la date de mise à disposition du public) see abstract	1,6-8
L	WO, A, 9 217 569 (THE UNITED STATES OF AMERICA) 15 October 1992 (publié trop tard mais correspond à la publication dans NTIS gazette de l'US- Published- Patent-Application-679674) see the whole document	1,6-8

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

FR 9200879  
SA 65328

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.  
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on  
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 22/01/93

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A-9210563	25-06-92	FR-A- 2670215	12-06-92
FR-A-2634784	02-02-90	None	
WO-A-8905345	15-06-89	EP-A- 0391960 JP-T- 3505036	17-10-90 07-11-91
WO-A-9217569	15-10-92	None	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

PCT/FR 92/00879

Demande Internationale No

<b>I. CLASSEMENT DE L'INVENTION</b> (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) <sup>7</sup>		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
CIB 5	C12N15/85;	C12N5/10;
		C12N15/37;
		C12N15/34
<b>II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b>		
Documentation minimale consultée <sup>8</sup>		
Système de classification	Symboles de classification	
CIB 5	C12N ; C07K	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté <sup>9</sup>		
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b> <sup>10</sup>		
Catégorie <sup>o</sup>	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, <sup>12</sup> des passages pertinents <sup>13</sup>	No. des revendications visées <sup>14</sup>
P, X	IN VITRO CELLULAR & DEVELOPMENTAL BIOLOGY vol. 27A, no. 10, Octobre 1991, pages 771 - 778 DURIEU-TRAUTMANN, O. ET AL. 'Immortalization of brain capillary endothelial cells with maintenance of structural characteristics of the blood-brain barrier endothelium' voir le document en entier -----	1, 2, 6-9
P, X	WO, A, 9 210 563 (UNIVERSITÉ PARIS VII) 25 Juin 1992 voir page 4, ligne 18 - ligne 22 voir page 6, ligne 19; revendications 1, 2, 5, 12, 14, 15, 17, 20 -----	1, 2, 6-9
Y	FR, A, 2 634 784 (INSERM) 2 Février 1990 voir le document en entier -----	1, 2, 4, 6-8
	-/-	
<p><sup>o</sup> Catégories spéciales de documents cités:<sup>11</sup></p> <p>"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> <p>"T" document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive</p> <p>"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.</p> <p>"&amp;" document qui fait partie de la même famille de brevets</p>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
22 JANVIER 1993	12.02.93	
Administration chargée de la recherche internationale	Signature du fonctionnaire autorisé	
OFFICE EUROPEEN DES BREVETS	CHAM BONNET F. J.	

III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS <sup>14</sup>		(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUES SUR LA DEUXIEME FEUILLE)
Catégorie °	Identification des documents cités, <sup>16</sup> avec indication, si nécessaire des passages pertinents <sup>17</sup>	No. des revendications visées <sup>18</sup>
Y	US-Published-Patent-Application-7-679674 (ADES, E.W., LAWLEY, T.J. & CANDAL, F.J.) (Publié dans NTIS GAZETTE le 1 Septembre 1991) voir le document en entier ----	1,6,7,8
Y	WO,A,8 905 345 (WHITEHEAD INSTITUTE FOR BIOMEDICAL RESEARCH) 15 Juin 1989 voir le document en entier ----	1,2,4,6-8
Y	MOLECULAR AND CELLULAR ENDOCRINOLOGY vol. 52, no. 3, Août 1987, IRLANDE pages 279 - 284 WHITLEY, G.S. ET AL. 'sghtl-34, a thyrotrophin-responsive immortalised human thyroid cell line generated by transfection' cité dans la demande voir le document en entier ----	1,2,6,7,8
Y	JOURNAL OF NEUROCHEMISTRY vol. 56, no. 3, 1991, pages 775 - 781 DURIEU-TRAUTMANN, O. ET AL. 'Coexpression of beta 1 and beta 2-adrenergic receptors on bovine brain capillary endothelial cells in culture' cité dans la demande voir le document en entier ----	1,2,6-8
L	CHEMICAL ABSTRACTS, VOL. 115, NO. 21, 25 Novembre 1991, Columbus, Ohio, US; abstract no. 227832q, "Immortalization of human endothelial cells and characterization of the immortalized cells" page 522 ; colonne 1 ; (publié trop tard; correspond à la publication dans NTIS gazette ; cité pour prouver la date de mise à disposition du public) voir abrégé ----	1,6-8
L	WO,A,9 217 569 (THE UNITED STATES OF AMERICA) 15 Octobre 1992 (publié trop tard mais correspond à la publication dans NTIS gazette de l'US-Published-Patent-Application-679674) voir le document en entier -----	1,6-8

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE  
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.

FR 9200879  
SA 65328

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

22/01/93

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO-A-9210563	25-06-92	FR-A- 2670215	12-06-92
FR-A-2634784	02-02-90	Aucun	
WO-A-8905345	15-06-89	EP-A- 0391960 JP-T- 3505036	17-10-90 07-11-91
WO-A-9217569	15-10-92	Aucun	

EPO FORM P0472