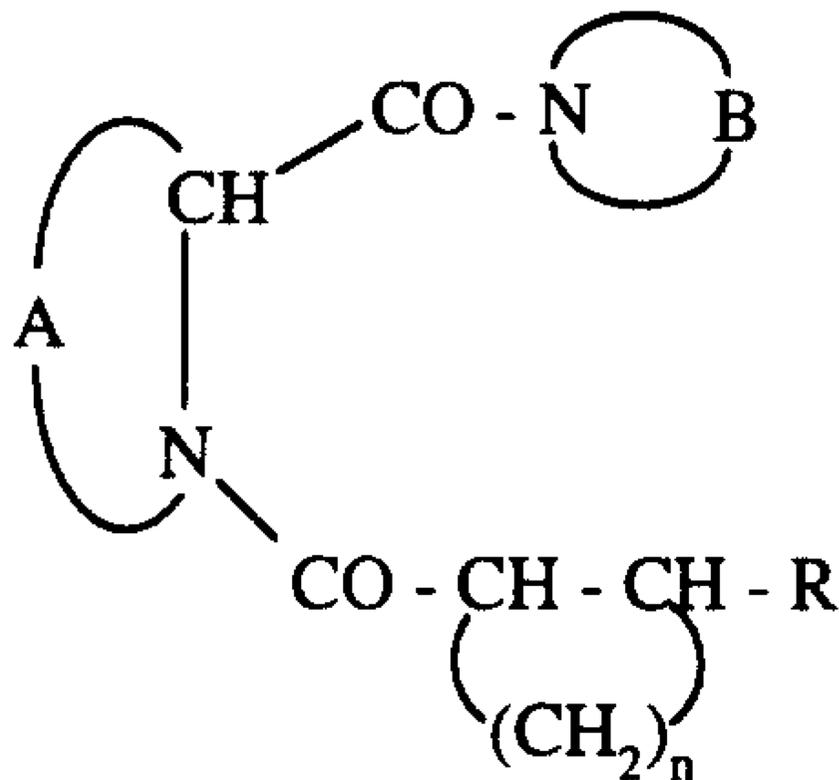




(22) Date de dépôt/Filing Date: 1994/03/23  
(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 1994/09/25  
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2001/10/09  
(30) Priorité/Priority: 1993/03/24 (93.03363) FR

(51) Cl.Int.<sup>5</sup>/Int.Cl.<sup>5</sup> C07D 453/06, A61K 31/435, A61K 31/41, A61K 31/40, C07D 409/14, C07D 471/08, C07D 417/06, C07D 401/00, C07D 413/06, C07D 403/06  
(72) Inventeurs/Inventors:  
Heidet, Véronique, FR;  
Lepagnol, Jean, FR;  
de Nanteuil, Guillaume, FR;  
Remond, Georges, FR;  
Portevin, Bernard, FR  
(73) Propriétaire/Owner:  
ADIR ET COMPAGNIE, FR  
(74) Agent: SWABEY OGILVY RENAULT

(54) Titre : NOUVEAUX DERIVES BICYCLIQUES AZOTES, LEUR PROCEDE DE PREPARATION ET LES COMPOSITIONS PHARMACEUTIQUES QUI LES CONTIENNENT  
(54) Title: NEW NITROGEN BICYCLIC DERIVATIVES, THEIR PREPARATION PROCESS AND PHARMACEUTICAL COMPOSITIONS CONTAINING THEM



**(I)**

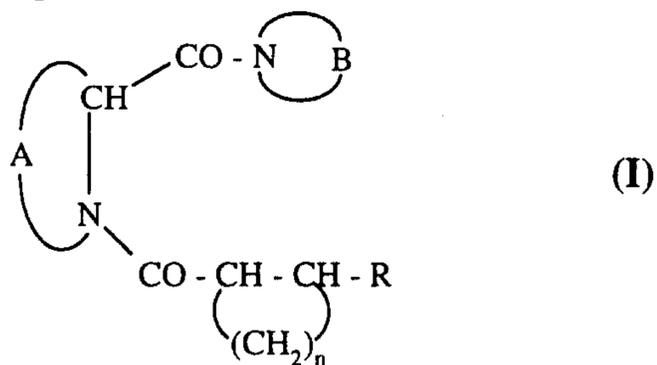
(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne les composés de formule (I) (voir formule I) dans laquelle : A représente avec les atomes de carbone et d'azote auquel il est attaché un hétérocycle, B représente avec l'atome d'azote auquel il est attaché un hétérocycle, n est égal à 1, 2, 3 ou 4, R représente un groupement phényle substitué par au moins un atome d'halogène ou un groupement alkyle, hydroxy, alkoxy, trifluorométhyle, nitro, amino, cyano, carboxy, alkoxy-carbonyl, un groupement benzyle, un groupement thiényle ou un groupement pyridyle.

2119662

## ABREGE

L'invention concerne les composés de formule (I) :



dans laquelle :

- A représente avec les atomes de carbone et d'azote auquel il est attaché un hétérocycle,
- B représente avec l'atome d'azote auquel il est attaché un hétérocycle,
- n est égal à 1, 2, 3 ou 4,
- R représente un groupement phényle substitué par au moins un atome d'halogène ou un groupement alkyle, hydroxy, alkoxy, trifluorométhyle, nitro, amino, cyano, carboxy, alkoxy-carbonyl, un groupement benzyle, un groupement thiényle ou un groupement pyridyle.

La présente invention concerne de nouveaux dérivés bicycliques azotés, leur procédé de préparation et les compositions pharmaceutiques qui les contiennent.

Le vieillissement de la population par allongement de la durée de vie rend de plus en plus important le problème du vieillissement cérébral et des démences séniles liées à l'âge. C'est pourquoi, la recherche de nouveaux composés thérapeutiques pouvant s'opposer aux déficits de la mémoire et aux troubles neuropsychocomportementaux de la sénescence est devenue prioritaire.

A côté des neurotransmetteurs classiques (acétylcholine, norepinephrine) impliqués dans les fonctions de mémoire, il y a des neuropeptides tels que la vasopressine (AVP) ou la thyrotropin releasing hormone (TRH) qui exercent également des effets facilitateurs mnésiques en jouant un rôle de neuromodulation en plus de leur rôle périphérique ou endocrinien (Science, 211, 601, 1981).

Récemment, des études ont montré que les taux cérébraux de ces peptides diminuent significativement chez les patients atteints de démence sénile (Neurobiology, 36, 1133, 1986).

Encore plus récemment, il a été observé que l'activité de la prolyl-endorpeptidase, enzyme-clé du catabolisme de ces peptides, augmente considérablement (+ 100 %) dans le cerveau des malades d'Alzheimer (Experientia, 46, 94, 1990). C'est pourquoi, il a été suggéré et démontré que des inhibiteurs de la prolyl-endorpeptidase peuvent s'opposer aux déficits de la mémoire en favorisant l'effet mnésique de certains neuropeptides et notamment de la vasopressine. Ces résultats ont été observés notamment lors d'amnésie expérimentale à la scopolamine. Pour les composés inhibiteurs étudiés, une excellente corrélation entre l'effet inhibiteur de la prolyl-endorpeptidase et l'effet facilitateur de l'apprentissage a été rapportée (EP 321 956).

Il était donc particulièrement intéressant de synthétiser de nouveaux composés possédant une activité inhibitrice de la prolylendorpeptidase (ou post-prolyl cleaving enzyme : PPCE).

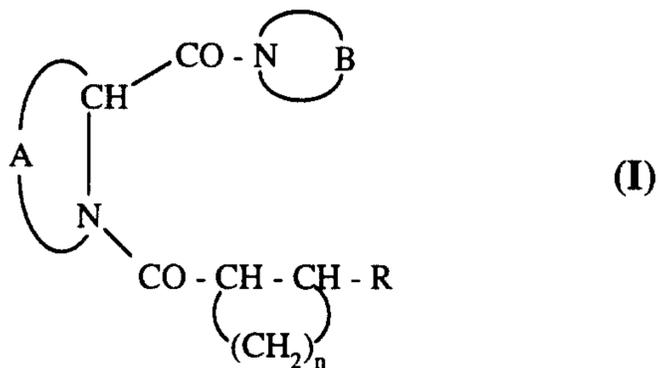
Les composés de la présente invention, outre le fait qu'ils soient nouveaux, se sont montrés particulièrement intéressants par l'intensité et la durée de leurs propriétés à inhiber la prolyl-endorpeptidase donc à éviter la dégradation des neuropeptides naturels impliqués dans les fonctions mnésiques. Leur activité est supérieure tant in vitro qu'in vivo à celle de composés décrits dans l'art antérieur comme par exemple les composés décrits dans les brevets EP 321 956 et EP 345 428 en tant qu'inhibiteurs de PPCE. Elle est également

2119662

nettement supérieure à celle de nootropes de référence connus également pour inhiber l'activité de la PPCE comme par exemple les composés décrits dans le brevet EP 288 685.

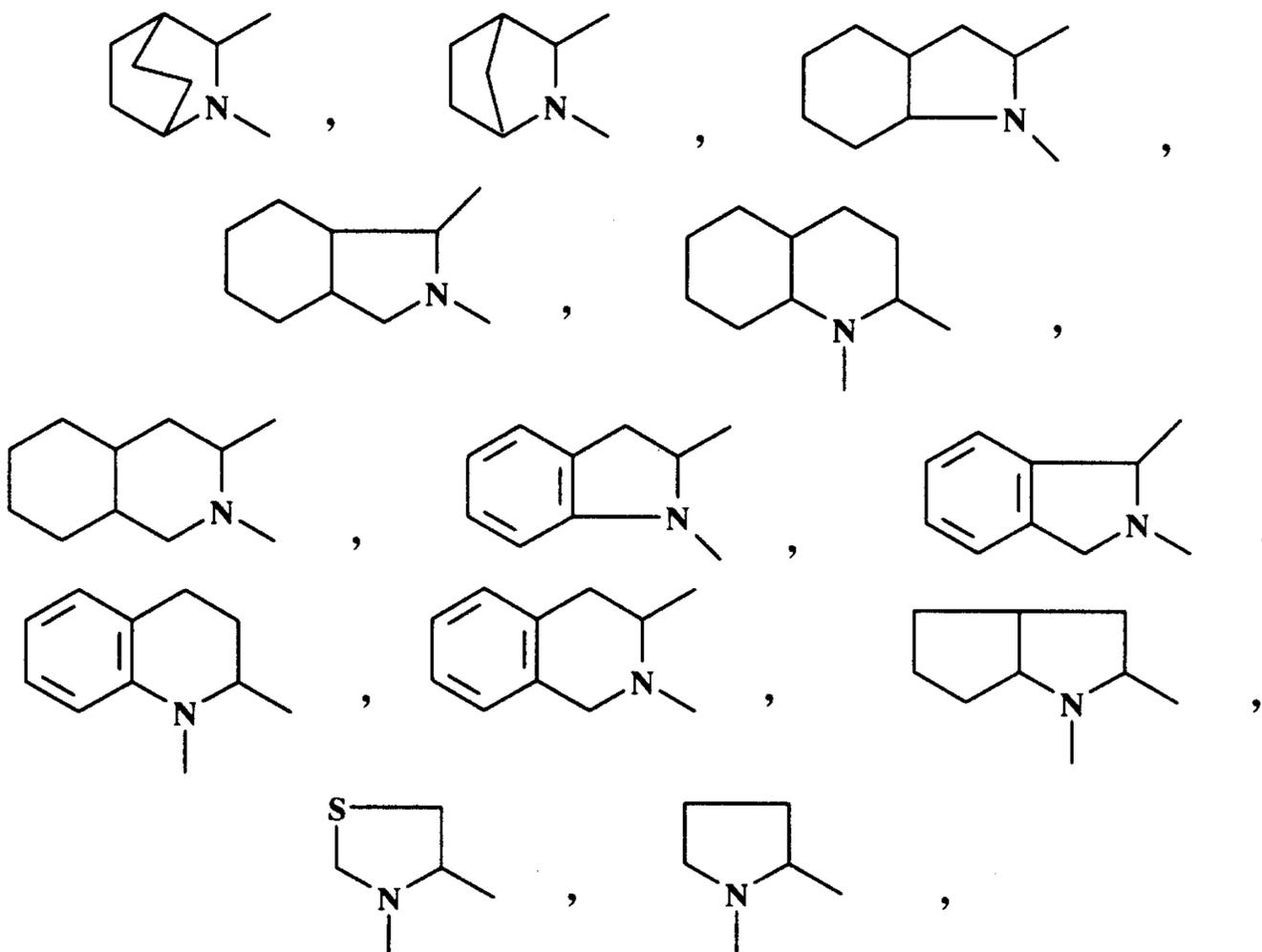
5 Les composés de l'invention sont donc utiles pour la prévention et le traitement d'une part des troubles comportementaux, notamment de la mémoire, associés au vieillissement et aux maladies dégénératives neuronales aiguës ou chroniques et d'autre part des troubles psychiques associés à l'anxiété et la dépression.

L'invention concerne plus particulièrement les composés de formule générale (I) :



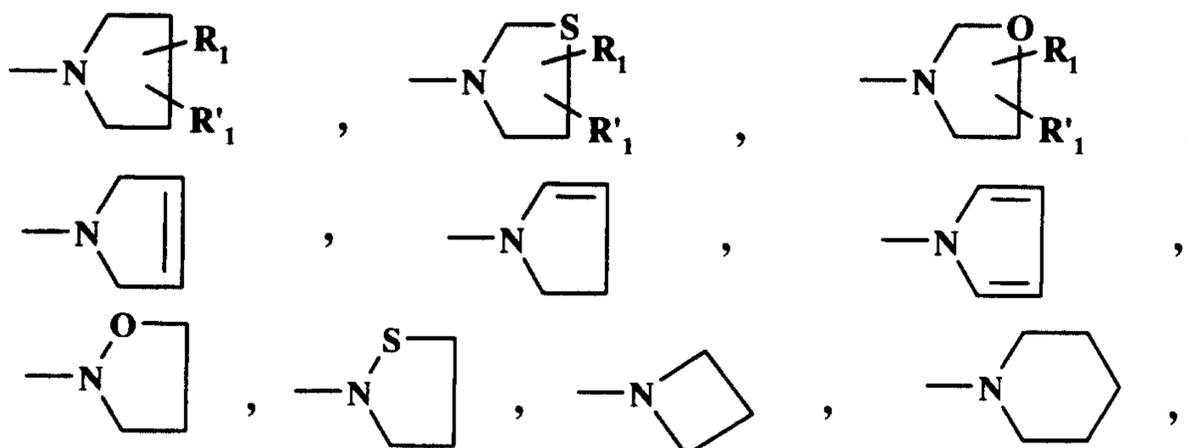
dans laquelle :

10 A représente avec les atomes de carbone et d'azote auquel il est attaché l'un quelconque des hétérocycles suivants :



15

B représente avec l'atome d'azote auquel il est attaché l'un quelconque des hétérocycles suivants :



5

dans lesquels R<sub>1</sub> ou R'<sub>1</sub>, identiques ou différents, représentent un atome d'hydrogène, un groupement alkyle (C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>) linéaire ou ramifié, hydroxy ou forment ensemble un groupement oxo,

n est égal à 1, 2, 3 ou 4,

R représente :

10

- un groupement phényle substitué par au moins un atome d'halogène ou un groupement alkyle (C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>) linéaire ou ramifié, hydroxy, alkoxy (C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>) linéaire ou ramifié, trifluorométhyle, nitro, amino, cyano, carboxy, alkoxy-carbonyl (C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>) linéaire ou ramifié,
- un groupement benzyle,
- un groupement thiényle,
- ou, un groupement pyridyle,

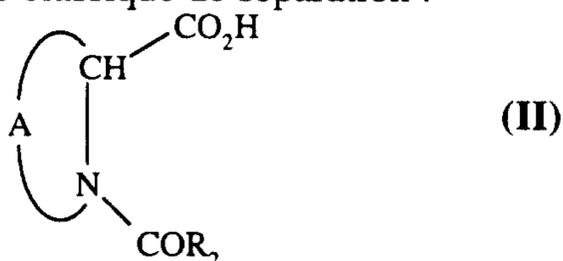
15

leurs énantiomères, diastéréoisomères et épimères ainsi que leurs sels d'addition à un acide pharmaceutiquement acceptable.

20

Parmi les acides pharmaceutiquement acceptables, on peut citer à titre non limitatif les acides chlorhydrique, sulfurique, tartrique, maléique, fumarique, méthane sulfonique, camphorique, etc...

L'invention s'étend également au procédé de préparation des composés de formule (I) caractérisé en ce que l'on fait réagir un acide de formule (II), dont on a éventuellement séparé les isomères par une technique classique de séparation :



dans laquelle A a la même signification que dans la formule (I) et R<sub>2</sub> représente un groupement alkoxy (C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>) linéaire ou ramifié ou benzyloxy,

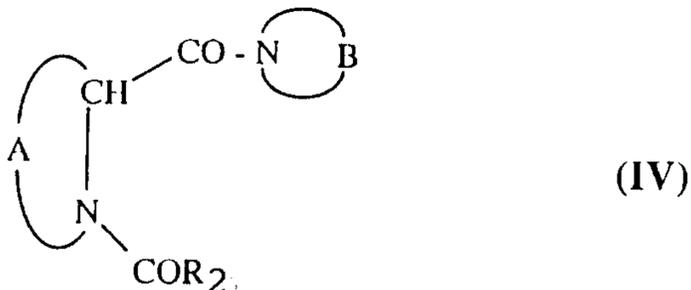
sur une amine de formule (III) (dont on a éventuellement séparé les isomères par une technique classique de séparation) selon une technique de couplage peptidique comme celle décrite par W. KONIG et R. GEIGER (Ber, 103, 788, 1970) :

5



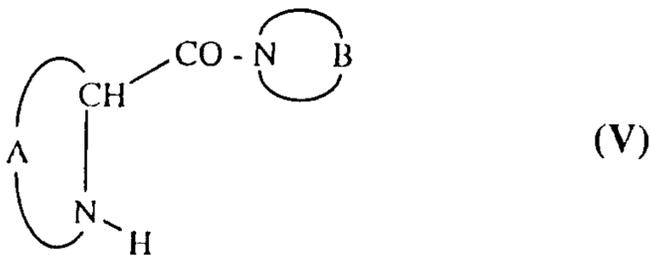
dans laquelle B a la même signification que dans la formule (I),

pour conduire au composé de formule (IV) :



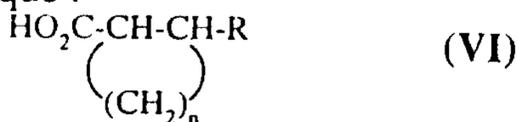
10 dans laquelle A, B et R<sub>2</sub> ont la même signification que précédemment,

que l'on déprotège par une technique classique de déprotection, pour conduire à l'amine de formule (V) :



dans laquelle A et B ont la même signification que dans la formule (I),

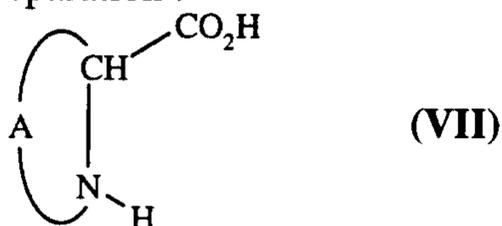
15 que l'on fait réagir avec un acide de formule (VI), dont on a éventuellement séparé les isomères selon une technique classique de séparation, en présence d'un agent de couplage classique de la synthèse peptidique :



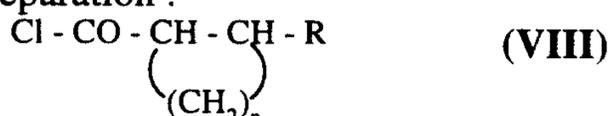
dans laquelle R et n ont la même signification que dans la formule (I),

20 pour conduire au composé de formule (I) que l'on purifie, le cas échéant, par une technique classique de purification, dont on sépare, si on le souhaite, les isomères par une technique classique de séparation et que l'on transforme, si nécessaire, en ses sels d'addition à un acide pharmaceutiquement acceptable.

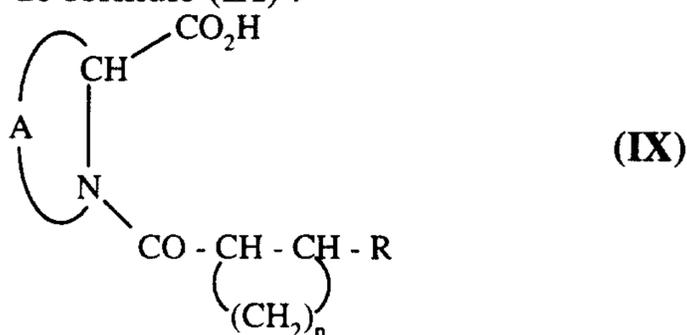
Les composés de formule (I) peuvent également être obtenus selon le procédé caractérisé en ce que l'on fait réagir un acide de formule (VII), dont on a éventuellement séparé les isomères par une technique classique de séparation :



5 dans laquelle A a la même signification que dans la formule (I), sur un chlorure d'acide de formule (VIII), dont on a éventuellement séparé les isomères selon une technique classique de séparation :



10 dans laquelle R et n ont la même signification que dans la formule (I), pour conduire au composé de formule (IX) :



15 dans laquelle A, R et n ont la même signification que dans la formule (I), que l'on fait réagir sur une amine de formule (III) (dont on a éventuellement séparé les isomères par une technique classique de séparation) selon une technique de couplage peptidique comme celle décrite par W. KONIG et R. GEIGER (Ber., 103, 788, 1970) :



20 dans laquelle B a la même signification que dans la formule (I), pour conduire au composé de formule (I), que l'on purifie, le cas échéant, par une technique classique de purification, dont on sépare, si on le souhaite, les isomères par une technique classique de séparation et que l'on transforme, si nécessaire, en ses sels d'addition à un acide pharmaceutiquement acceptable.

La séparation des isomères des composés de formule (VI) ou (VIII) peut être réalisée selon la technique décrite dans "Optical resolution for Chemical compounds" (vol. 2, part I/Optical Resolution information center, Manhattan College, Riverdale - N.Y. 10471, USA).

25 Les composés de formule (VI) ou (VIII), pour lesquels n = 1, sont obtenus sous forme d'énantiomères purs, par synthèse stéréosélective, selon la technique décrite par J. Vallgård et Coll. (Tet. Lett., 32 (40), 5625-5628, 1991).

La configuration préférée des composés de formule (VI) ou (VIII) est (R,R).

Les composés de l'invention possèdent des propriétés pharmacologiques très intéressantes. Ils inhibent fortement l'activité de la prolyl-endorpeptidase ce qui les rend utiles pour le traitement des désordres mnésiques et cognitifs et des troubles neurocomportementaux associés au vieillissement et aux maladies dégénératives du système nerveux, aiguës ou chroniques comme la maladie d'Alzheimer, de Pick, de Korsakoff, l'accident vasculaire cérébral, le traumatisme spinal ou la sclérose amyotrophique latérale. Ils sont de la même manière utiles dans le traitement des désordres psychiques associés à l'anxiété et à la dépression.

La présente invention a également pour objet les compositions pharmaceutiques renfermant comme principe actif au moins un composé de formule générale (I) ou un de ses sels d'addition à un acide pharmacologiquement acceptable, seul ou en combinaison avec un ou plusieurs excipients ou véhicules inertes, non toxiques.

Parmi les compositions pharmaceutiques selon l'invention, on pourra citer plus particulièrement celles qui conviennent pour l'administration orale, parentérale, nasale, les comprimés simples ou dragéifiés, les comprimés sublinguaux, les sachets, les paquets, les gélules, les glossettes, les tablettes, les suppositoires, les crèmes, pommades, gels dermiques, etc...

La posologie varie selon l'âge et le poids du patient, la nature et la sévérité de l'affection ainsi que la voie d'administration.

Celle-ci peut être orale, nasale, rectale ou parentérale. D'une manière générale, la posologie unitaire s'échelonne entre 0,5 et 100 mg pour un traitement en 1 à 3 prises par 24 heures.

Les exemples suivants illustrent l'invention et ne la limitent en aucune façon.

Les préparations A à F ne conduisent pas aux composés de l'invention mais à des produits de départ utiles dans la préparation des dérivés de formule (I).

Les composés des préparations A à E ont été synthétisés selon la technique décrite par J. VALLGÅRDA et coll. (Tet. Lett., 32 (40), 5625-5628, 1991).

**Préparation A : Acide (1R,2R)-2-(4-fluorophényl)cyclopropanecarboxylique**

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{21} = -292,5^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Microanalyse élémentaire :

	C %	H %
calculé	66,66	5,03
trouvé	66,57	5,02

5 **Préparation B : Acide (1R,2R)-2-(2-thiényl)cyclopropanecarboxylique****Préparation C : Acide (1R,2R)-2-(3-trifluorométhylphényl)cyclopropane  
carboxylique**Microanalyse élémentaire :

	C %	H %
calculé	57,40	3,94
trouvé	57,21	4,49

**Préparation D : Acide (1R,2R)-2-(4-méthylphényl)cyclopropanecarboxylique****Préparation E : Acide (1R,2R)-2-(4-méthoxyphényl)cyclopropanecarboxylique**15 **Préparation F : Acide (cis)-(2-benzyl)cyclopropanecarboxylique et  
acide (trans)-(2-benzyl)cyclopropanecarboxylique**

Les isomères cis et trans de l'acide (2-benzyl)cyclopropanecarboxylique ont été préparés par séparation chromatographique sur colonne de silice en utilisant comme éluant un mélange toluène/cyclohexane (90/10), du (2-benzyl)cyclopropanecarboxylate d'éthyle. Cette séparation est suivie d'une saponification par de la soude en milieu éthanolique.

20 **Exemple 1 : (2S,3aS,7aS)-1-[(1R,2R)-[2-(4-Fluorophényl)cycloprop-1-yl]  
carbonyl]-2-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]perhydroindole****Stade A : (2S,3aS,7aS)-1-tert-Butyloxycarbonyl-2-[(pyrrolidin-1-yl)  
carbonyl]perhydroindole**

25 En utilisant la technique de couplage peptidique (dicyclohexyl-carbodiimide/hydroxybenzotriazole-DCC/HOBT) décrite par W. KONIG et R. GEIGER (Ber., 103, 788, 1970) et le diméthylformamide comme solvant, on prépare à partir de pyrrolidine et d'acide (2S,3aS,7aS)-1-tertbutyloxycarbonylperhydroindole-2-carboxylique, le produit attendu qui est purifié par cristallisation dans l'acétate d'éthyle.

2119662

Point de fusion : 149 °C

Stade B : (2S,3aS,7aS)-2-[(Pyrrolidin-1-yl)carbonyl]perhydroindole

5 30 mmoles du composé décrit au stade A sont dissoutes dans 100 ml d'acétate d'éthyle. En maintenant la température à 20°C, on fait passer un courant d'acide chlorhydrique et l'agitation est maintenue 18 heures à température ambiante. Le solvant est évaporé et le résidu repris par 100 ml d'eau. L'insoluble est filtré et le filtrat, après alcalinisation par addition de bicarbonate de sodium, est amené à sec. Le résidu est enfin repris successivement par 100 ml d'éthanol, 100 ml de dichlorométhane puis 100 ml d'éther éthylique. Le produit attendu est obtenu après filtration des sels et évaporation.

10 Point de fusion : 83 °C

Stade C : (2S,3aS,7aS)-1-{(1R,2R)-[2-(4-Fluorophényl)cycloprop-1-yl]carbonyl}-2-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]perhydroindole

Le produit attendu est obtenu selon le même procédé que celui décrit au stade A en utilisant le composé décrit au stade B et l'acide décrit dans la préparation A.

15 Il est purifié par chromatographie sur colonne de silice en utilisant comme éluant un mélange dichlorométhane/méthanol (97/3).

Point de fusion : 154°C

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{22} = -127,5^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Microanalyse élémentaire :

20	C %	H %	N %
calculé	71,85	7,60	7,29
trouvé	71,58	7,82	7,47

Les exemples 2 à 8 ont été synthétisés selon le procédé décrit dans l'exemple 1 en utilisant les produits de départ correspondants.

25 Exemple 2 : (3S)-2-{(1R,2R)-[2-(4-Fluorophényl)cycloprop-1-yl]carbonyl}-3-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]-2-azabicyclo[2.2.2]octane

Point de fusion : 195°C

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{22} = -132,5^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %
calculé	71,33	7,35	7,56
trouvé	70,45	7,31	7,75

5 **Exemple 3 : (2S,3aS,7aS)-1-[(1R,2R)-[2-(2-Thiényl)cycloprop-1-yl]carbonyl]-2-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]perhydroindole**

Point de fusion : 157 °C

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{23} = -125,3^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %	S %
calculé	67,71	7,58	7,52	8,61
trouvé	67,26	7,61	7,72	8,47

10 **Exemple 4 : (3S)-2-[(1R,2R)-[2-(2-Thiényl)cycloprop-1-yl]carbonyl]-3-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]-2-azabicyclo[2.2.2]octane**

15 Point de fusion : 158 °C

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{22} = -130,5^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %	S %
calculé	67,01	7,31	7,81	8,94
trouvé	66,34	7,39	7,85	8,70

20 **Exemple 5 : (2S,3aS,7aS)-1-[(1R,2R)-[2-(3-Trifluorométhylphényl)cycloprop-1-yl]carbonyl]-2-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]perhydroindole**

Point de fusion : 208 °C

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{22} = -130,6^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

25 Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %
calculé	66,34	6,73	6,45
trouvé	66,37	6,85	6,83

30 **Exemple 6 : (3S)-2-[(1R,2R)-[2-(3-Trifluorométhylphényl)cycloprop-1-yl]carbonyl]-3-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]-2-azabicyclo[2.2.2]octane**

Point de fusion : 154°C

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{22} = -129,5^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %
5 calculé	65,70	6,47	6,66
trouvé	65,52	6,25	6,74

**Exemple 7** : (2S,3aS,7aS)-1-{(1R,2R)-[2-(4-Méthylphényl)cycloprop-1-yl]carbonyl}-2-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]perhydroindole

Point de fusion : 142°C

10 Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %
calculé	75,75	8,48	7,36
trouvé	74,42	8,62	7,36

15 **Exemple 8** : (3S)-2-{(1R,2R)-[2-(4-Méthoxyphényl)cycloprop-1-yl]carbonyl}-3-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]-2-azabicyclo[2.2.2]octane

Point de fusion : 212°C

Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %
calculé	72,22	7,91	7,32
20 trouvé	71,60	7,90	7,21

**Exemple 9** : (3S)-2-[trans-(2-Benzylcycloprop-1-yl)carbonyl]-3-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]-2-azabicyclo[2.2.2]octane, isomère  $\alpha$   
et

25 **Exemple 10** : (3S)-2-[trans-(2-Benzylcycloprop-1-yl)carbonyl]-3-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]-2-azabicyclo[2.2.2]octane, isomère  $\beta$

Les isomères  $\alpha$  et  $\beta$  ont été séparés par chromatographie sur colonne de silice en utilisant comme éluant un mélange dichlorométhane/acétate d'éthyle (50/50).

Exemple 9 :

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{22} = +27,9^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %
calculé	75,38	8,25	7,64
5 trouvé	75,45	8,61	7,31

Exemple 10 :

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{22} = -28,2^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %
calculé	75,38	8,25	7,64
10 trouvé	75,41	8,44	7,52

**Exemple 11 : (2S,3aS,7aS)-1-[cis-(2-Benzylcycloprop-1-yl)carbonyl]-2-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]perhydroindole, isomère  $\alpha$**

et

15 **Exemple 12 : (2S,3aS,7aS)-1-[cis-(2-Benzylcycloprop-1-yl)carbonyl]-2-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]perhydroindole, isomère  $\beta$**

Les isomères  $\alpha$  et  $\beta$  ont été séparés par chromatographie sur colonne de silice en utilisant comme éluant un mélange dichlorométhane/acétate d'éthyle (95/5).

Exemple 11 :

20 Point de fusion : 145°C

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{22} = -47,3^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %
calculé	75,75	8,48	7,36
25 trouvé	75,95	8,24	6,98

Exemple 12 :

Huile

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{22} = -21,6^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %
calculé	75,75	8,48	7,36
trouvé	75,14	8,18	7,20

5 **Exemple 13 :** (2S,3aS,7aS)-1-[trans(2-Benzylcycloprop-1-yl)carbonyl]-2-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]perhydroindole, isomère  $\alpha$

et

**Exemple 14 :** (2S,3aS,7aS)-1-[trans(2-Benzylcycloprop-1-yl)carbonyl]-2-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]perhydroindole, isomère  $\beta$

10 Les isomères  $\alpha$  et  $\beta$  ont été séparés par chromatographie sur colonne de silice en utilisant comme éluant un mélange dichlorométhane/acétate d'éthyle (50/50).

Exemple 13 :

Huile

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{22} = +37,5^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

15 Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %
calculé	75,75	8,48	7,36
trouvé	75,37	8,94	6,93

Exemple 14 :

20 Huile

Pouvoir rotatoire :  $[\alpha]_D^{22} = -14,2^\circ$  (C = 1 %, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>)

Microanalyse élémentaire :

	C %	H %	N %
calculé	75,75	8,48	7,36
25 trouvé	75,28	8,46	7,34

**Etude pharmacologique**  
**des dérivés de l'invention**

**Exemple 15 : Mesure de l'activité anti-prolyl-endorpeptidase**

La méthode de YOSHIMOTO et TSURU (Agr. Biol. Chem., 42, 2417, 1978) a été utilisée. La prolyl-endorpeptidase est isolée de *Flavobacterium meningosepticum*. Le substrat enzymatique est la Z-Gly-Pro-pNitroaniline.

Un mélange de tampon phosphate 0,1 M (pH 7 : 0,99 ml), de substrat 2 M (0,25 ml) et d'une solution du composé inhibiteur à tester (0,01 ml) est incubé à 37° C durant 5 minutes. Puis 0,1 ml d'une solution de prolyl-endorpeptidase (0,5 U/ml) est ajouté et le mélange est laissé 10 minutes à 37° C. La réaction enzymatique est stoppée par addition de 2 ml d'une solution de Triton\* X-100-Tampon acétate 1 M (pH 4). Après repos à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 410 nm.

Une mesure témoin est réalisée en remplaçant la solution du composé à tester par le même volume de tampon phosphate. Le pourcentage d'inhibition de l'enzyme est calculé à partir de cette mesure témoin. Pour chaque composé testé, la concentration inhibant de 50 % la prolyl-endorpeptidase (IC<sub>50</sub>) est déterminée.

Les composés de l'invention ont été comparés aux deux composés de référence connus pour leur forte activité inhibitrice de la prolyl-endorpeptidase et décrits initialement dans ce but : (S)-1-[N-4-chlorobenzylsuccinamoyl]pyrrolidine-2-carbaldéhyde (EP 345 428) appelé ci-dessous ONO et N-(4-phénylbutanoyl)-L-thiaprolylpyrrolidineimide (exemple 3 : EP 321 956) appelé ci-dessous ZERIA).

Les dérivés de l'invention exercent une forte activité inhibitrice de la prolyl-endorpeptidase, supérieure aux composés de référence comme l'indique le tableau des IC<sub>50</sub> :

ZERIA	5,4.10 <sup>-7</sup> M
30 ONO	5,7.10 <sup>-7</sup> M
Exemple 1	1,4.10 <sup>-8</sup> M
Exemple 2	4.10 <sup>-8</sup> M
Exemple 3	1,4.10 <sup>-8</sup> M
Exemple 6	3,0.10 <sup>-9</sup> M

35

**Exemple 16 : Inhibition de la prolyl-endorpeptidase**

\*Marque de commerce

C

2119662

La mesure de l'inhibition de la prolyl-endorpeptidase a été réalisée *in vitro* et *in vivo* dans le cortex cérébral du Rat, grâce à un substrat proche d'un peptide naturellement clivé par la prolyl-endorpeptidase, la Thyrotropin-Releasing Hormone (TRH).

5 Un extrait de cortex cérébral est préparé en broyant le tissu dans un tampon phosphate ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  25 mM ; DTT 2 mM ; EDTA-2K 0,5 mM) à raison de 5 ml/g.

Après centrifugation, 200  $\mu\text{l}$  de surnageant sont incubés 15 minutes à 37°C dans un volume final de 2,1 ml auquel sont ajoutés 250  $\mu\text{l}$  de substrat (TRH-pNitroaniline) pour une nouvelle incubation de 20 minutes suivie d'une lecture immédiate d'absorbance à 410 nm.

10 Le produit testé est soit ajouté à l'extrait de cortex avant la première incubation (détermination de l'IC<sub>50</sub> *in vitro*) soit administré par voie IP 30 minutes avant la préparation de l'extrait tissulaire.

Dans les conditions du test, les composés de l'invention inhibent fortement la prolyl-endorpeptidase du cortex cérébral de Rat tant *in vitro* qu'après administration *in vivo*. Cette activité est là encore très supérieure à celle des composés de référence.

	IC <sub>50</sub> <i>in vitro</i>	Inhibition <i>in vivo</i>	
		dose (mg/kg)	%
15			
	ZERIA	5,4.10 <sup>-8</sup> M	30 47
			10 16
	ONO	5,7.10 <sup>-8</sup> M	30 19
			10 5
20	Exemple 1	1,1.10 <sup>-9</sup> M	1 54
	Exemple 2	4.10 <sup>-9</sup> M	1 42
	Exemple 3	1,4.10 <sup>-9</sup> M	1 59
	Exemple 4	4,8.10 <sup>-9</sup> M	3 23
	Exemple 5	1.10 <sup>-9</sup> M	1 58
25	Exemple 6	3,2.10 <sup>-9</sup> M	1 49
	Exemple 14	2,5.10 <sup>-9</sup> M	1 41

### **Exemple 17 : Durée d'action**

La durée d'action des composés vis-à-vis de l'inhibition *in vivo* de la prolyl-endorpeptidase dans le cortex cérébral du Rat a été estimée selon la même méthodologie que dans l'exemple

16, en administrant par voie IP les composés étudiés à divers temps avant la préparation de l'extrait tissulaire. Le temps pour lequel l'effet inhibiteur est égal à 50 % de l'effet maximum (mesuré à 30 minutes) a été calculé ( $t_{1/2}$ ).

5 De même, la biodisponibilité orale des composés de l'invention a été estimée en les administrant par voie IP ou orale 30 minutes ou 60 minutes avant la mesure de l'effet inhibiteur. L'index de biodisponibilité orale (IBO) a été déterminé en divisant l'effet inhibiteur (%) mesuré après administration orale par celui mesuré après administration IP. Les composés les plus actifs de l'invention exercent leurs effet selon une durée d'action cérébrale bien plus longue que celle des composés de référence et avec une biodisponibilité orale bien plus importante, ce qui leur confère un intérêt thérapeutique prépondérant.

	dose (mg/kg)	$t_{1/2}$	IBO
ZERIA	30	1 heure	0,30
ONO	30	1 heure	<0,30
Exemple 1	1	7 heures	0,90
15 Exemple 2	1	7 heures	0,78
Exemple 6	1	3 heures	0,43

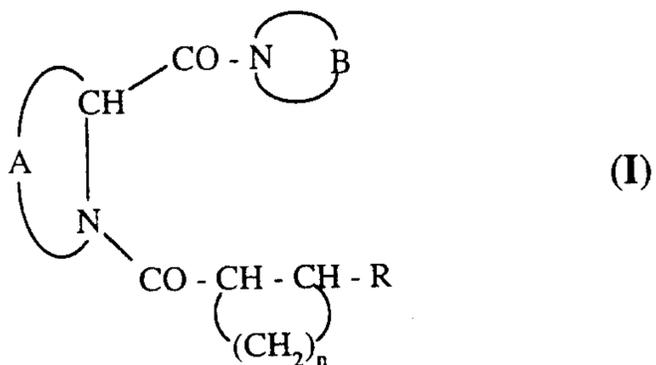
### Composition pharmaceutique

#### **Exemple 18 : Comprimé : Formule de préparation pour 1000 comprimés dosés à 10 mg**

20	Composé de l'exemple 1 .....	10 g
	Hydroxypropyl cellulose.....	2 g
	Amidon de blé .....	10 g
	Lactose.....	100 g
	Stéarate de magnésium.....	3 g
25	Talc .....	3 g

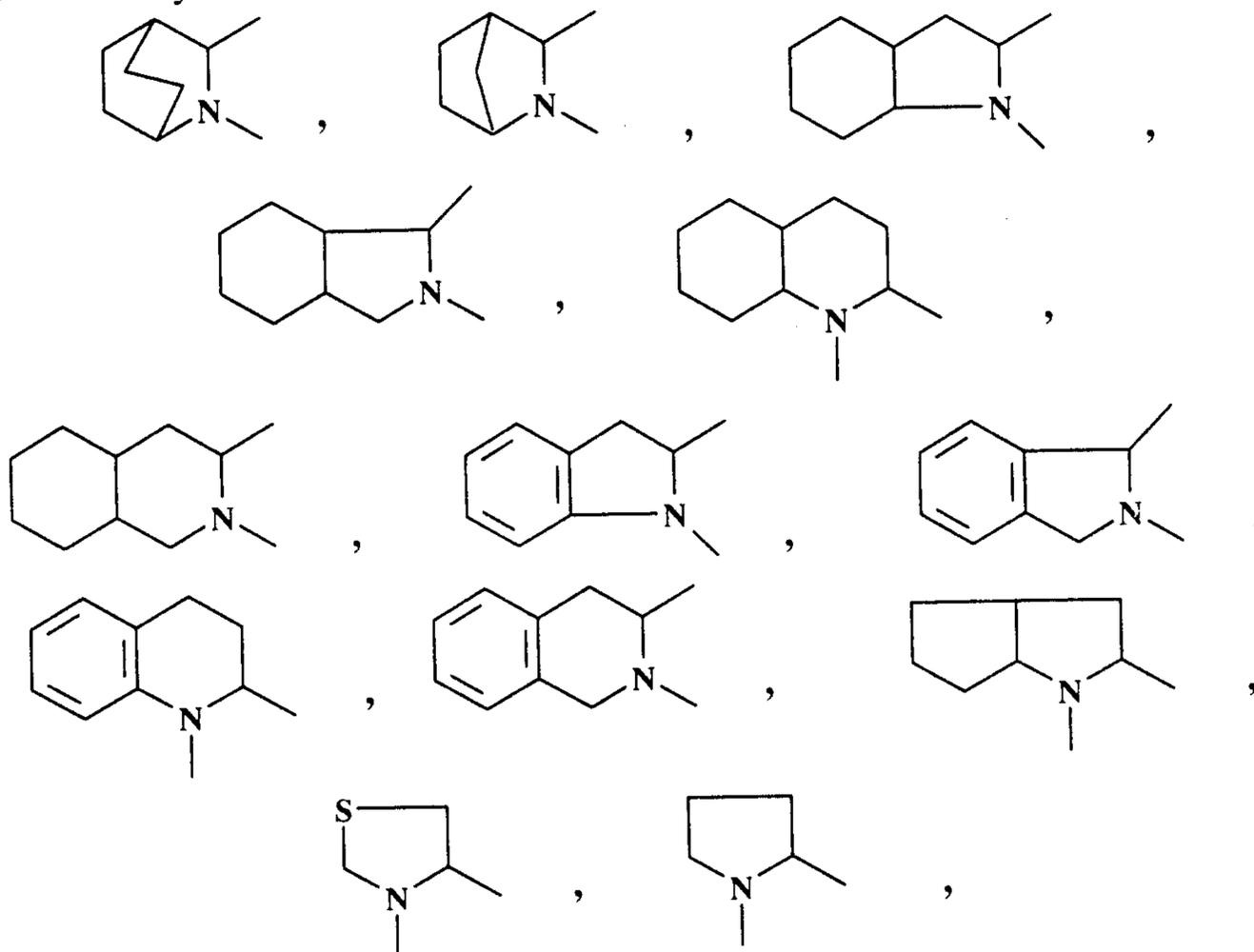
Les réalisations de l'invention au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué sont définies comme il suit:

1/ Composés de formule (I) :



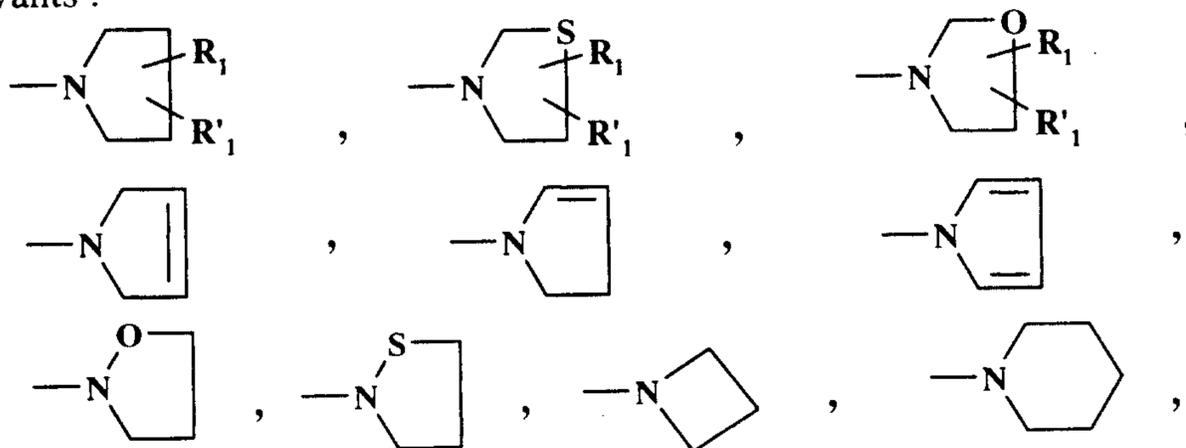
dans laquelle :

5 A représente avec les atomes de carbone et d'azote auquel il est attaché l'un quelconque des hétérocycles suivants :



10

B représente avec l'atome d'azote auquel il est attaché l'un quelconque des hétérocycles suivants :



15

dans lesquels  $R_1$  ou  $R'_1$ , identiques ou différents, représentent un atome d'hydrogène, un groupement alkyle ( $C_1-C_6$ ) linéaire ou ramifié, hydroxy ou forment ensemble un groupement oxo,

n est égal à 1, 2, 3 ou 4,

5 R représente :

- un groupement phényle substitué par un ou plusieurs substituants identiques ou différents, choisis parmi un atome d'halogène ou un groupement alkyle ( $C_1-C_6$ ) linéaire ou ramifié, hydroxy, alkoxy ( $C_1-C_6$ ) linéaire ou ramifié, trifluorométhyle, nitro, amino, cyano, carboxy, alkoxy-carbonyl ( $C_1-C_6$ )  
10 linéaire ou ramifié,
- un groupement benzyle,
- un groupement thiényl,
- ou, un groupement pyridyle,

leurs énantiomères, diastéréoisomères et épimères ainsi que leurs sels d'addition à un acide  
15 pharmaceutiquement acceptable.

2/ Composés de formule (I) selon la revendication 1 tels que A représente avec les atomes de carbone et d'azote auxquels il est attaché un cycle 2-azabicyclo[2.2.2]octane, leurs énantiomères, diastéréoisomères et épimères ainsi que leurs sels d'addition à un acide pharmaceutiquement acceptable.

20 3/ Composés de formule (I) selon la revendication 1 tels que A représente avec les atomes de carbone et d'azote auquel il est attaché un cycle perhydroindole, leurs énantiomères, diastéréoisomères et épimères ainsi que leurs sels d'addition à un acide pharmaceutiquement acceptable.

25 4/ Composés de formule (I) selon la revendication 1 tels que B représente avec l'atome d'azote auquel il est attaché un cycle pyrrolidine, leurs énantiomères, diastéréoisomères et épimères ainsi que leurs sels d'addition à un acide pharmaceutiquement acceptable.

5/ Composés de formule (I) selon la revendication 1 tels que R représente un groupement phényl substitué par un ou plusieurs substituants identiques ou différents, choisis parmi un atome d'halogène ou un groupement alkyle ( $C_1-C_6$ ) linéaire ou ramifié, hydroxy, alkoxy ( $C_1-C_6$ ) linéaire ou ramifié, trifluorométhyle, nitro, amino, cyano, carboxy, alkoxy-carbonyl ( $C_1-C_6$ ) linéaire ou ramifié, leurs énantiomères, diastéréoisomères et épimères ainsi que leurs sels  
30 d'addition à un acide pharmaceutiquement acceptable.

6/ Composés de formule (I) selon la revendication 1 tels que R représente un groupement benzyle, leurs énantiomères, diastéréoisomères et épimères ainsi que leurs sels d'addition à un acide pharmaceutiquement acceptable.

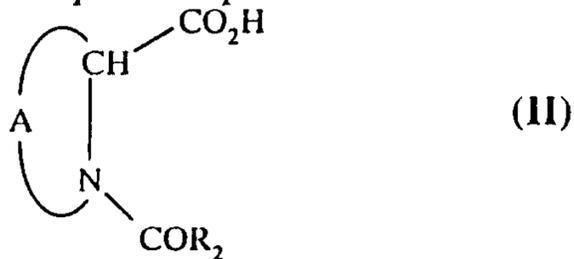
7/ Composés de formule (I) selon la revendication 1 tels que R représente un groupement thiényle, leurs énantiomères, diastéréoisomères et épimères ainsi que leurs sels d'addition à un acide pharmaceutiquement acceptable.

8/ Composé de formule (I) selon la revendication 1 qui est le (2S,3aS,7aS)-1-((1R,2R)-[2-(4-fluorophényl)cycloprop-1-yl]carbonyl)-2-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]perhydroindole.

9/ Composé de formule (I) selon la revendication 1 qui est le (3S)-2-((1R,2R)-[2-(4-fluorophényl)cycloprop-1-yl]carbonyl)-3-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]-2-azabicyclo[2.2.2]octane.

10/ Composé de formule (I) selon la revendication 1 qui est le (3S)-2-((1R,2R)-[2-(3-Trifluorométhylphényl)cycloprop-1-yl]carbonyl)-3-[(pyrrolidin-1-yl)carbonyl]-2-azabicyclo[2.2.2]octane.

11/ Procédé de préparation des composés de formule (I) selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'on fait réagir un acide de formule (II), dont on a éventuellement séparé les isomères par une technique classique de séparation :



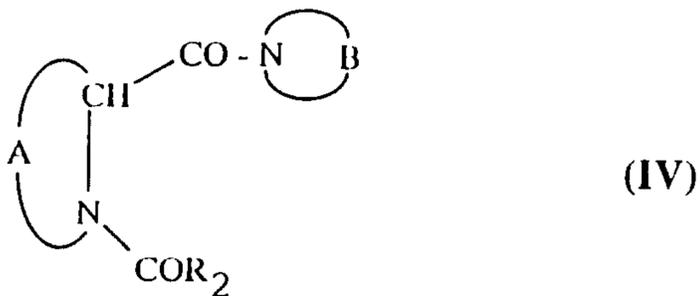
dans laquelle A a la même signification que dans la formule (I) et R<sub>2</sub> représente un groupement alkoxy (C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>) linéaire ou ramifié ou benzyloxy,

sur une amine de formule (III) (dont on a éventuellement séparé les isomères par une technique classique de séparation) selon une technique de couplage peptidique :



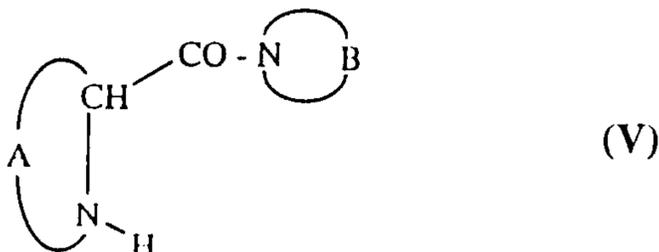
dans laquelle B a la même signification que dans la formule (I),

pour conduire au composé de formule (IV) :

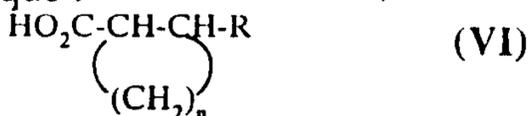


dans laquelle A, B et R<sub>2</sub> ont la même signification que précédemment,

que l'on déprotège par une technique classique de déprotection, pour conduire à l'amine de formule (V) :



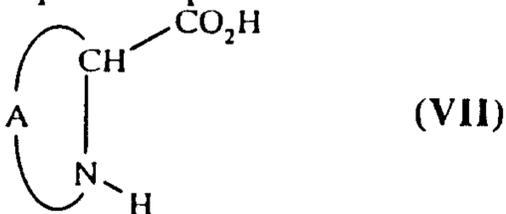
dans laquelle A et B ont la même signification que dans la formule (I), que l'on fait réagir avec un acide de formule (VI), dont on a éventuellement séparé les isomères selon une technique classique de séparation, en présence d'un agent de couplage classique de la synthèse peptidique :



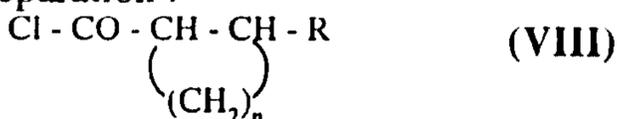
dans laquelle R et n ont la même signification que dans la formule (I),

pour conduire au composé de formule (I) que l'on purifie par une technique classique de purification, dont on sépare les isomères par une technique classique de séparation et que l'on transforme en ses sels d'addition à un acide pharmaceutiquement acceptable.

12/ Procédé de préparation des composés de formule (I) selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'on fait réagir un acide de formule (VII), dont on a éventuellement séparé les isomères par une technique classique de séparation :

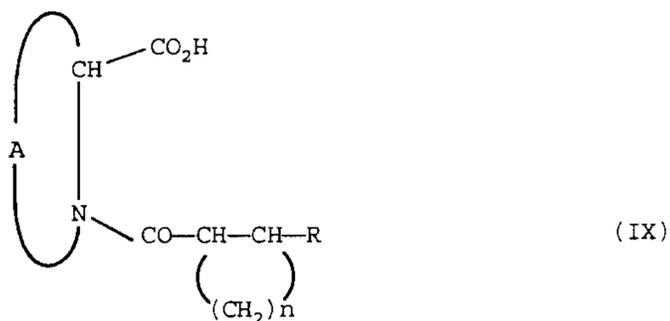


dans laquelle A a la même signification que dans la formule (I), sur un chlorure d'acide de formule (VIII), dont on a éventuellement séparé les isomères selon une technique classique de séparation :



dans laquelle R et n ont la même signification que dans la formule (I),

pour conduire au composé de formule (IX) :



5 dans laquelle A, R et n ont la même signification que dans la formule (I) , que l'on fait réagir sur une amine de formule (III) (dont on a éventuellement séparé les isomères par une technique classique de séparation) selon une technique de couplage peptidique :



dans laquelle B a la même signification que dans la formule (I), pour conduire au composé de formule (I), que l'on purifie par une technique classique de purification, dont on sépare les isomères par une technique classique de séparation et que l'on transforme en ses sels d'addition à un acide pharmaceutiquement acceptable.

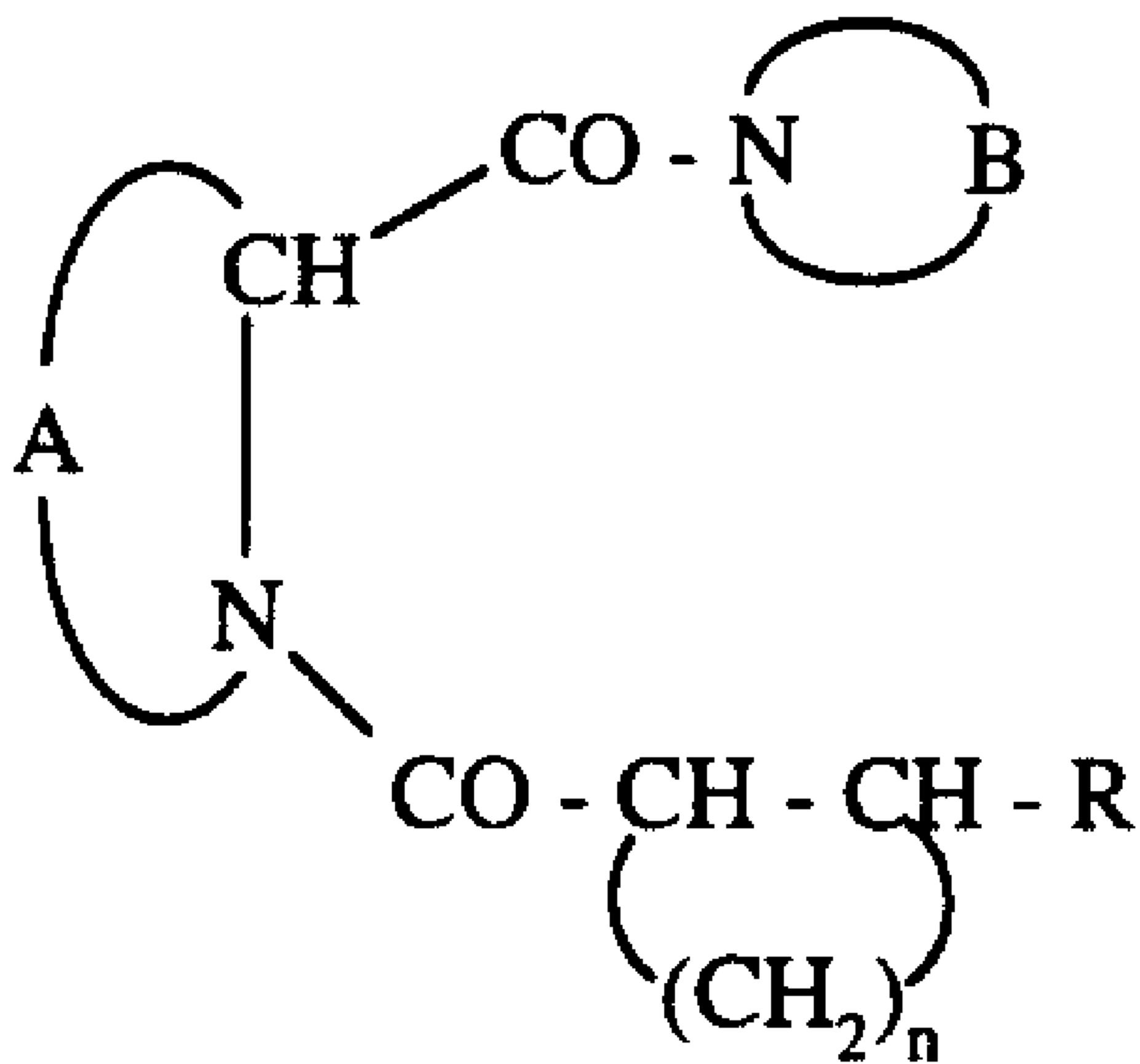
15

13. Composition pharmaceutique contenant un composé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, en combinaison avec un ou plusieurs excipients ou véhicules inertes, non toxiques, pharmaceutiquement acceptables.

20

14. Composition pharmaceutique selon la revendication 13 utile en tant qu'inhibiteurs de prolyl-endorpeptidase pour le traitement des désordres mnésiques et cognitifs et des troubles neurocomportementaux associés à la dépression, à l'anxiété, au vieillissement et aux maladies dégénératives du système nerveux, aiguës ou chroniques.

25



(I)