

BE 81 00003

FACULTES UNIVERSITAIRES  
NOTRE-DAME DE LA PAIX  
NAMUR



# Resultats de la fluoration topique in vitro et in vivo de l'email dentaire

Rapport L. A. R. N. 776

J. Baijot - Strobants  
G. Deconninck  
J. Vreven

L. A. R. N. Rue Muzet 22 - B-5000 Namur (Belgique)  
Téléphone : (081) 71 36 98 Télex : 59.222 Fac Nam-B (réf. 2950)

L

A

R

N

ABSTRACT.

Fluorine in human dental enamel has been analysed by proton bombardment and detection of prompt  $\gamma$ -rays. Proton beam is used at atmospheric pressure; two different sets of experiments are reported : the first one consists in studying fluoridation effects on extracted teeth and the second one in making in vivo Fluorine determinations before and after topical applications. Several commercial gels and solutions have been tested with regard to their efficiency for Fluorine fixation : in vitro and in vivo results are in good agreement.

RESUME.

La détermination du Fluor dans l'émail dentaire humain est réalisée par bombardement protonique et détection des rayons  $\gamma$  prompts. Le faisceau de protons est utilisé à la pression atmosphérique ; 2 ensembles de mesures ont été effectuées : le premier consiste à étudier les effets de la fluoration sur des dents extraites et le second concerne des déterminations de Fluor in vivo, avant et après application locale. Plusieurs solutions et gels commerciaux ont été testés quant à leur efficacité de fixation du Fluor : les résultats in vivo et in vitro sont en bon accord.

## I. INTRODUCTION.

L'analyse par activation par particules chargées avec détection des rayons  $\gamma$  prompts a été utilisée pour la détermination du Fluor dans l'émail dentaire humain; la technique est adaptée à la mesure à l'air des échantillons et permet de suivre les effets de la fluoration, d'une part sur des dents extraites (mesures in vitro), et d'autre part immédiatement dans la bouche du patient (mesures in vivo). Cette méthode a le grand avantage d'être non-destructive contrairement aux méthodes chimiques nécessitant l'abrasion chimique ou mécanique de couches successives d'émail.

## II. METHODE EXPERIMENTALE.

La méthode expérimentale, décrite dans un précédent rapport (L.A.R.N. 773) (Fig. 1), consiste à bombarder l'échantillon au moyen de protons de 3 MeV. Une feuille de Tantale ( $4.15 \text{ mg.cm}^{-2}$ ) maintient le vide dans le tube d'accélération.

Les protons de 3 MeV perdent une énergie de 163 keV dans cette feuille de Tantale. La dispersion en énergie est une gaussienne de FWHM donnée par la formule de Bohr :

$$\Gamma = 0.93 \quad \times \quad \frac{Z}{A}$$

dans laquelle  $x$  est l'épaisseur de la feuille de Tantale en  $\text{g.cm}^{-2}$ . Le calcul donne une dispersion de 38 keV dans la feuille. Avant d'atteindre la surface de la dent, les protons parcourent une distance de 8 mm dans l'air et perdent une énergie supplémentaire de 110 keV à laquelle correspond un étalement de 20 keV; la dispersion totale en énergie étant ainsi de 40 keV, et l'énergie au niveau de la surface de l'échantillon de 2,725 MeV.

La détermination du Fluor se fait par détection des rayons  $\gamma$  de 110 et 197 keV émis par la réaction  $^{19}\text{F}(p,p'\gamma)^{19}\text{F}$ ; lors de la traversée de la fenêtre de Tantale, il y a émission de  $\gamma$  de 136 keV par la réaction nucléaire  $\text{Ta}(p,p'\gamma)\text{Ta}$ ; l'intensité

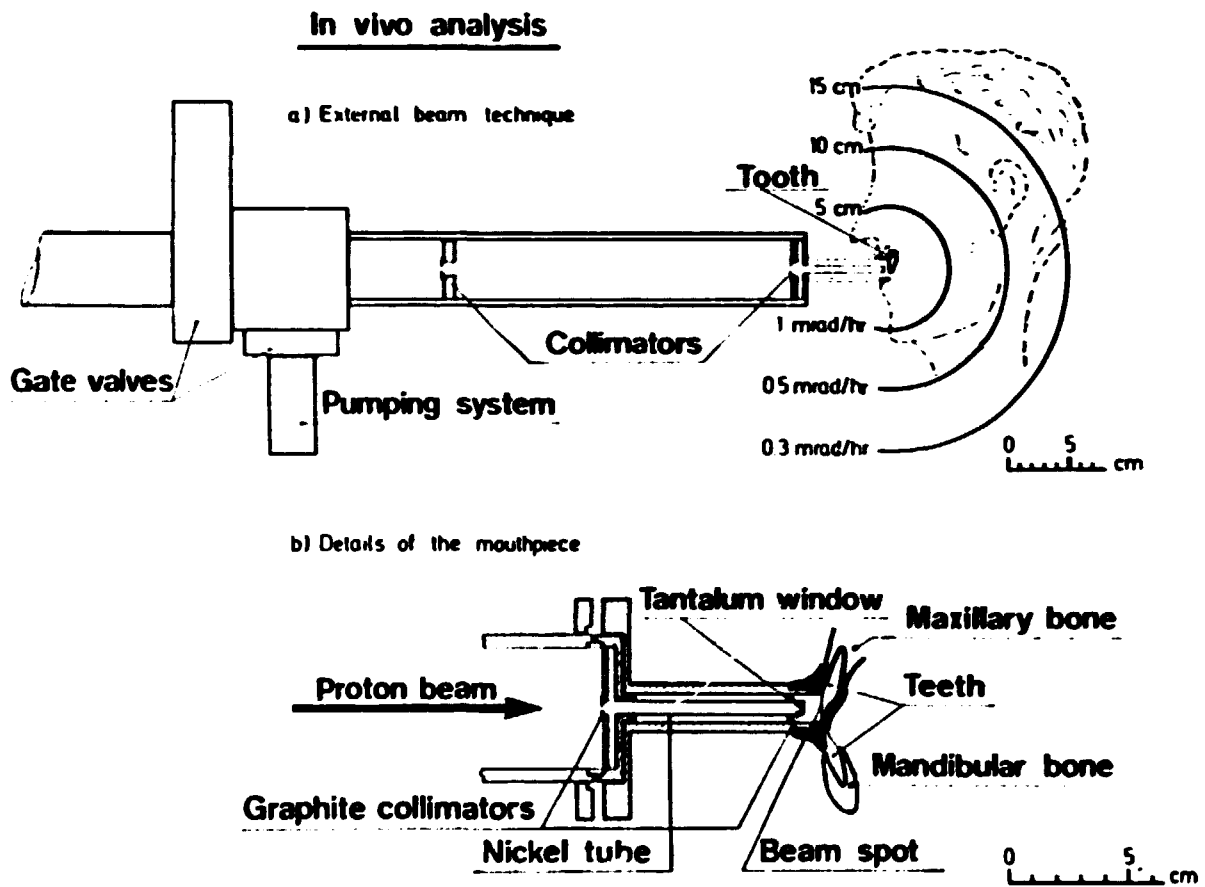


FIGURE 1

Dispositif expérimental pour l'analyse in vivo du Fluor dans l'émail dentaire.

de cette émission servira de moniteur de mesure. (fig.2).

La valeur absolue en Fluor est obtenue par comparaison du rendement  $\gamma$  de l'échantillon et d'un standard constitué d'un verre contenant 970 ppm de Fluor, 50% d'oxyde de Silicium, 25% d'oxyde de Potassium et 24% d'oxyde de Calcium. La concentration en Fluor de ce verre est très proche de celle que l'on rencontre dans l'émail dentaire et les pouvoirs d'arrêt du standard et de l'échantillon ne sont pas très différents. La concentration en Fluor de ce verre a été déterminée par rapport à un standard composé d'un mélange de  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  et  $\text{Ca F}_2$  en poudre, correspondant à une concentration en Fluor de 1000 ppm. Le standard verre a l'avantage par rapport au mélange d'être plus homogène en composition; de plus, pour réduire encore les erreurs dues aux inhomogénéités, l'échantillon est monté en cible tournante.

La formule permettant de calculer la concentration absolue en Fluor de l'émail est la suivante :

$$Y_{\text{éch}} = Y_{\text{st}} \frac{R_{\text{éch}}}{R_{\text{st}}} \times \frac{S_{\text{éch}}}{S_{\text{st}}}$$

dans laquelle :

$Y_{\text{éch}}$  = concentration en Fluor de l'échantillon (ppm)

$Y_{\text{st}}$  = concentration en Fluor du standard (970 ppm).

$R_{\text{éch}}$  et  $R_{\text{st}}$  = rapport du nombre de  $\gamma$  de 197 keV émis par l'échantillon (et le standard), et du nombre de  $\gamma$  de 136 keV émis par le Tantale.

$S_{\text{éch}}$  et  $S_{\text{st}}$  = pouvoirs d'arrêt de l'échantillon et du standard ( $\text{MeV.cm}^2.\text{g}^{-1}$ )

Chaque détermination de Fluor nécessite un temps de mesure de 60 secondes environ sous un courant de 20 nA. La profondeur analysée est de 20  $\mu\text{m}$ , ce qui limite la mesure à la couche superficielle d'émail.

Le rapport I.A.R.N. 773 présente une étude de l'interaction des protons avec l'émail : aucune destruction ni désorganisation des cristallites n'est observable au microscope électronique à balayage, même après une heure de bombardement;

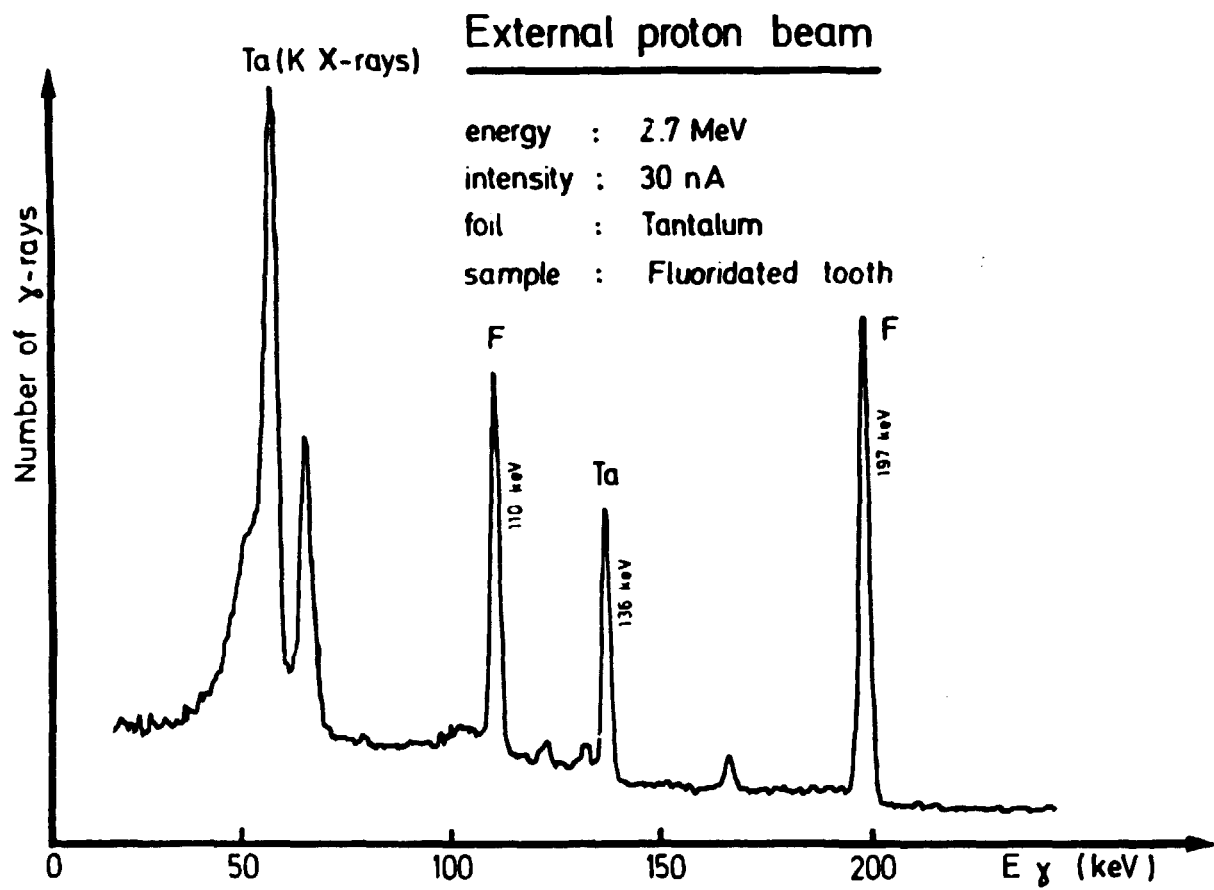


FIGURE 2

Analyse in vivo de l'émail dentaire: spectre des rayons  $\gamma$  de 110 et 197 keV émis par le Fluor et de 136 keV émis par le Tantale lors de la traversée de la feuille par le faisceau de protons.

de plus, durant le bombardement le taux de radiation émise est très faible et après bombardement, aucune radioactivité résiduelle n'est observable. La technique est donc applicable in vivo, sans aucun risque pour le patient.

### III. FLUORATION IN VITRO.

Cette première série d'expériences a été menée sur des dents extraites, exemptes de caries dans la plupart des cas : elle visait à étudier les facteurs influençant la prise de Fluor par l'émail dentaire :

1. type de composé fluoré le plus efficace.
2. temps de contact nécessaire pour assurer une fixation suffisante du Fluor par l'émail.
3. évolution de l'enrichissement en Fluor lorsque la dent est conservée dans différents milieux.

Ces expériences in vitro visaient à établir les conditions optimales à appliquer pour les mesures ultérieures menées in vivo sur les patients eux-mêmes et réduire ainsi le nombre d'expérimentations.

#### III.1. Préparation des échantillons.

Les dents utilisées sont généralement des incisives ou des canines : entre le moment de l'extraction et celui de l'utilisation, elles sont conservées dans une solution de thymol à 5‰; elles sont ensuite sectionnées au niveau de la jonction émail-cément. Le problème principal lors du positionnement de la dent dans le faisceau de protons est de reproduire avec le maximum de précision l'endroit de bombardement : on observe en effet, d'importantes variations locales de concentration pouvant atteindre 50% d'un endroit à un autre de l'émail. La dent est donc encastrée dans une résine autopolymérisante, la face externe émergeant de ce moule; celui-ci est un cylindre de 16 mm de diamètre et 10 mm de longueur, et s'adapte exactement et de manière reproductible à la sortie du

faisceau grâce à un adaptateur (fig.3);celui-ci permet de replacer aisément le moule entre chaque mesure lorsqu'il est nécessaire d'utiliser l'échantillon plusieurs fois; c'est le cas par exemple, des mesures de cinétique de fixation du Fluor. De plus, il est muni d'une ouverture latérale permettant la détection à 135° des rayons  $\gamma$  émis par l'échantillon. La distance entre la feuille de Tantale et la surface de la dent est de 13 mm et entre l'entrée du détecteur et la dent de 80 mm. On s'est assuré préalablement que la résine servant à la fabrication du moule était bien exempte de Fluor.

### III.2. Types de composés fluorés utilisés.

Les gels et solutions servant aux fluorations topiques in vitro et in vivo sont repris à la table 1.

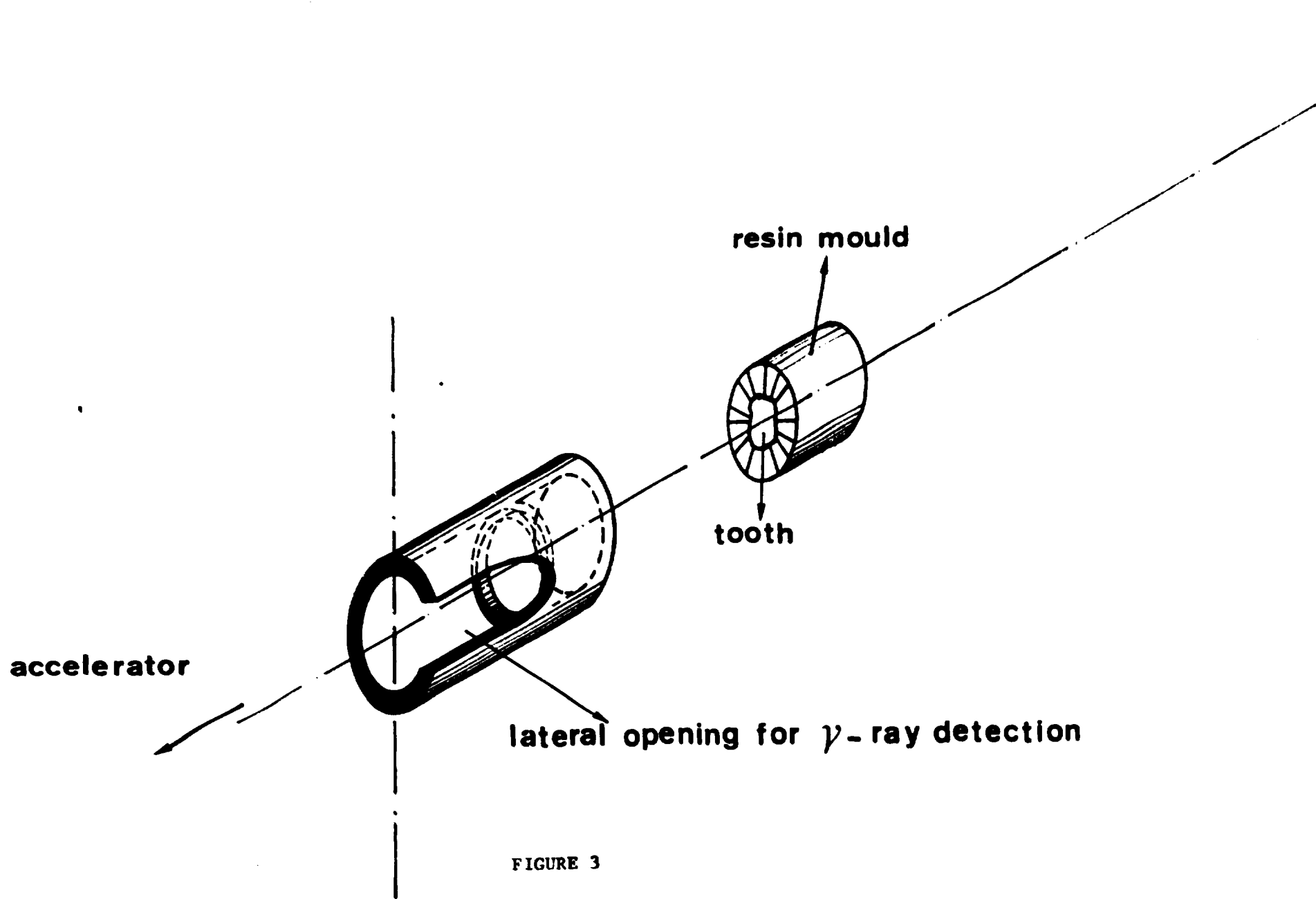
### III.3. Procédé de fluoration.

Avant de procéder à la fluoration, la concentration en fluor de l'émail est mesurée par détection des rayons  $\gamma$  de 110 et 197 keV du Fluor. Ensuite, on réalise la fluoration au moyen d'un des composés mentionnés ci-dessus appliqué pendant 4 minutes au moyen d'un applicateur en coton imprégné de ce produit. Après 4 minutes la dent est rincée sous l'eau courante pendant 30 secondes, puis séchée. Immédiatement après l'application on mesure à nouveau la concentration en Fluor. On réalise cette expérience sur un certain nombre de dents et en utilisant les différents produits de façon à comparer la prise de Fluor à partir de ces gels et solutions.

### III.4. Influence du temps de contact.

Arbitrairement, lors des applications cliniques, le temps de fluoration est de 4 minutes. Nous avons réalisé pour certains des produits cités plus haut, des études cinétiques de fixation du Fluor en faisant varier le temps de fluoration : une première application de 30 secondes suivie d'un rinçage de 30 secondes et d'une mesure de la concentration en Fluor fournit le premier point des courbes. On poursuit l'expérience en fluorant à nouveau 30 secondes, ce qui donne un temps





Type de composé.	Concentration en Fluor.	Composition.
Fluorure d'amine GEL AmF GEL	1%	Fluorure d'amine n°297 (0,019% F <sup>-</sup> ) + Na F (1% F <sup>-</sup> )
* A.P.F. GEL 1	1.23%	Na F (1.23% F <sup>-</sup> )
* A.P.F. GEL 2	1.23%	Na F (1.23% F <sup>-</sup> )
** M.F.P. GEL	2%	M.F.P. (1,82% F <sup>-</sup> ) + Na F (0,18% F <sup>-</sup> )
GEL X	1%	GEL EXPERIMENTAL
Fluorure d'amine Solution AmF Solution	1%	Fluorure d'amine n°297 (0,925% F <sup>-</sup> ) + Fluorure d'amine n°335 (0,075% F <sup>-</sup> )
* A.P.F. Solution	1.23%	NaF (1.23% F <sup>-</sup> )

TABLE 1 : SOLUTIONS ET GELS COMMERCIAUX UTILISES DANS LES APPLICATIONS TOPIQUES.

\* A.P.F. : gel ou solution contenant du NaF et 0.1 M H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> à pH 4 ± 0.05

\*\* M.F.P. : gel contenant du monofluorophosphate de Sodium (91.2%) et du NaF (8.8%)

à pH 6.5

total de contact de 1 minute et ainsi de suite pour les temps suivants.

	<u>Temps fluoration.</u>	<u>Temps total de contact.</u>
1 <sup>ère</sup> application	30"	30"
2 <sup>ème</sup> -	30"	1'
3 <sup>ème</sup> -	1'	2'
4 <sup>ème</sup> -	1'	3'
5 <sup>ème</sup> -	1'	4'
6 <sup>ème</sup> -	1'	5'
7 <sup>ème</sup> -	2'	7'
8 <sup>ème</sup> -	3'	10'
9 <sup>ème</sup> -	5'	15'
10 <sup>ème</sup> -	15'	30'

On obtient ainsi une courbe d'enrichissement en Fluor en fonction du temps de contact. On peut de cette façon comparer la prise de Fluor à partir des différents produits utilisés.

### III.5. Influence du milieu de conservation.

Après fluoration de l'émail pendant un temps déterminé (4'), on étudie l'évolution de cette concentration lorsque la dent séjourne dans l'eau ou à l'air libre pendant plusieurs jours.

### III.6. Résultats de la fluoration "in vitro".

#### III.6.1. Comparaison de l'efficacité de différents composés fluorés.

Les résultats de la fixation de Fluor après une application de 4 minutes sont présentés à la Table 2, laquelle mentionne outre le produit utilisé, le nombre des échantillons sur lequel porte l'étude, la concentration moyenne en Fluor avant et après fluoration (en ppm) suivie de l'erreur standard (en ppm) et l'enrichissement moyen (en ppm) suivi de l'erreur standard (en ppm).

Type de Composé	Nbre. Dents	Concentration Moyenne Fluor.		Enrichissement moyen
		Avant	Après	
APF GEL 1	20	999 ± 89	3160 ± 257	2161 ± 309
APF GEL 2	11	1042 ± 69	3333 ± 703	2291 ± 674
APF GELS 1 + 2	31	1014 ± 61	3221 ± 303	2207 ± 305
AmF SOLUTION	19	852 ± 77	11396 ± 1328	10545 ± 1339
MFP GEL	20	975 ± 119	1399 ± 224	423 ± 134
GEL X	10	640 ± 143	924 ± 221	289 ± 193

TABLE 2 : ENRICHISSEMENT EN FLUOR OBTENU APRES FLUORATION PENDANT 4 MINUTES.

L'analyse statistique des résultats a été réalisée par le professeur E. FEYTMANS, des Facultés Universitaires de Namur. Cette analyse<sup>(\*)</sup> exige le même nombre d'échantillons dans chaque groupe, ce qui implique la réduction de chaque groupe à 11 échantillons (le groupe "GEL X" n'a pas été inclus dans l'analyse statistique). Les conclusions obtenues grâce à ce traitement statistique sont les suivantes :

1. L'enrichissement en Fluor obtenu à partir des deux premiers traitements (APF gels 1 et 2) est significatif ( $P < 0.05$ ).

2. Le traitement avec la solution d'AmF donne un enrichissement hautement significatif ( $P < 0.01$ ).

3. L'enrichissement obtenu par le traitement au gel MFP n'est pas significatif. Par la même analyse de variance, les traitements ont été comparés entre eux : les résultats sont présentés à la table 3.

Les observations suivantes se dégagent de cette table :

1. Le traitement avec la solution de fluorure d'amine est hautement significativement différent du traitement avec les gels APF 1 et 2, et le gel MFP.

2. Les gels APF 1 et 2 ne donnent pas des enrichissements statistiquement différents.

3. La fixation de Fluor obtenue par le gel MFP n'est pas significativement différente de celle résultant des applications des gels APF 1 ou 2.

On peut dès lors classer les produits selon leur efficacité de la manière suivante :  
AmF Solution > APF Gels > Gels MFP et X.

### III.6.2. Cinétiques de fixation du Fluor.

Les courbes de cinétique fournissent, comme on l'a expliqué au paragraphe III.4., l'enrichissement en Fluor en fonction du temps de fluoration. Les produits utilisés sont les suivants : APF Gel 1 - APF Gel 2 - AmF Solution - MFP Gel.

Les résultats sont présentés aux figures 4 et 5, et à la table 4, laquelle donne les enrichissements moyens (ppm) suivis de l'erreur standard (ppm) en fonction du temps (minutes).

(\*) Cette analyse porte le nom d'analyse de variance à trois critères de classification (dont 1 est hiérarchisé) (temps, traitement, dents (critère hiérarchisé au traitement)).

	APF GEL 1	APF GEL 2	AmF Solution	MFP GEL
APF GEL 1	-	N	SS	N
APF GEL 2	N	-	SS	N
AmF Solution	SS	SS	-	SS
MFP GEL	N	N	SS	-

TABLE 3

Comparaison des différents traitements (application 4 minutes)  
obtenue par une analyse de variance.

SS = hautement significatif ( $P < 0.01$ )

S = significatif ( $P < 0.05$ )

N = non significatif.

AUX VALEURS THEORIQUES OBTENUES A PARTIR DU FIT PAR UNE FONCTION LOGARITHMIQUE :  $y = a + b \ln x$   
 STANDARD (ppm) POUR DIFFERENTS TEMPS DE CONTACT. LES VALEURS SOULIGNEES CORRESPONDENT

TABLE 4 : CINETIQUE DE FIXATION DU FLUOR : ENRICHISSEMENTS MOYENS (ppm) SUIVIS DE L'ERREUR

Type de produit	30'	10'	7'	5'	4'	3'	2'	1'	30"	1'	2'	3'	4'	5'	7'	10'	15'	30'								
APF GEL 1	1755 ± 3895	1616 ± 3253	1984 ± 1984	2138 ± 2138	593 ± 593	776 ± 776	2136 ± 2136	2510 ± 2510	2575 ± 2575	862 ± 862	2721 ± 2721	2568 ± 2568	509 ± 509	845 ± 845	2840 ± 2840	2840 ± 2840	3019 ± 3019	2953 ± 2953	3687 ± 3687	1031 ± 1031	3208 ± 3208	913 ± 913	3423 ± 3423	1330 ± 1330	3792 ± 3792	3895 ± 3895
APF GEL 2	1352 ± 5501	840 ± 4329	331 ± 1375	1679 ± 4383	1960 ± 1960	446 ± 446	1551 ± 1551	2679 ± 2679	2678 ± 2678	822 ± 822	2974 ± 2974	2679 ± 2679	728 ± 728	1007 ± 1007	3548 ± 3548	3548 ± 3548	3203 ± 3203	3270 ± 3270	3543 ± 3543	3770 ± 3770	1092 ± 1092	3914 ± 3914	4329 ± 4329	1738 ± 1738	5041 ± 5041	5501 ± 5501
APF GELS 1 + 2	1554 ± 4859	1196 ± 3823	329 ± 716	1909 ± 3728	2048 ± 2048	476 ± 476	1751 ± 1751	2353 ± 2353	2626 ± 2626	568 ± 568	3041 ± 3041	2632 ± 2632	557 ± 557	634 ± 634	3248 ± 3248	3248 ± 3248	3041 ± 3041	2547 ± 2547	3248 ± 3248	3728 ± 3728	716 ± 716	3597 ± 3597	3921 ± 3921	1091 ± 1091	4477 ± 4477	4859 ± 4859
AMF SOLUTION	3824 ± 12320	713 ± 2929	5492 ± 5492	867 ± 867	6566 ± 6566	1819 ± 1819	7541 ± 7541	8921 ± 8921	9564 ± 9564	1888 ± 1888	9030 ± 9030	8412 ± 8412	1484 ± 1484	2155 ± 2155	9249 ± 9249	9249 ± 9249	2155 ± 2155	9249 ± 9249	9249 ± 9249	11801 ± 11801	3037 ± 3037	10998 ± 10998	12010 ± 12010	2931 ± 2931	13358 ± 13358	2929 ± 2929
MFP GEL	125 ± 350	47 ± 58	64 ± 64	82 ± 82	130 ± 130	18 ± 18	131 ± 131	158 ± 158	178 ± 178	26 ± 26	193 ± 193	158 ± 158	18 ± 18	21 ± 21	184 ± 184	184 ± 184	26 ± 26	184 ± 184	184 ± 184	211 ± 211	24 ± 24	239 ± 239	319 ± 319	29 ± 29	313 ± 313	350 ± 350

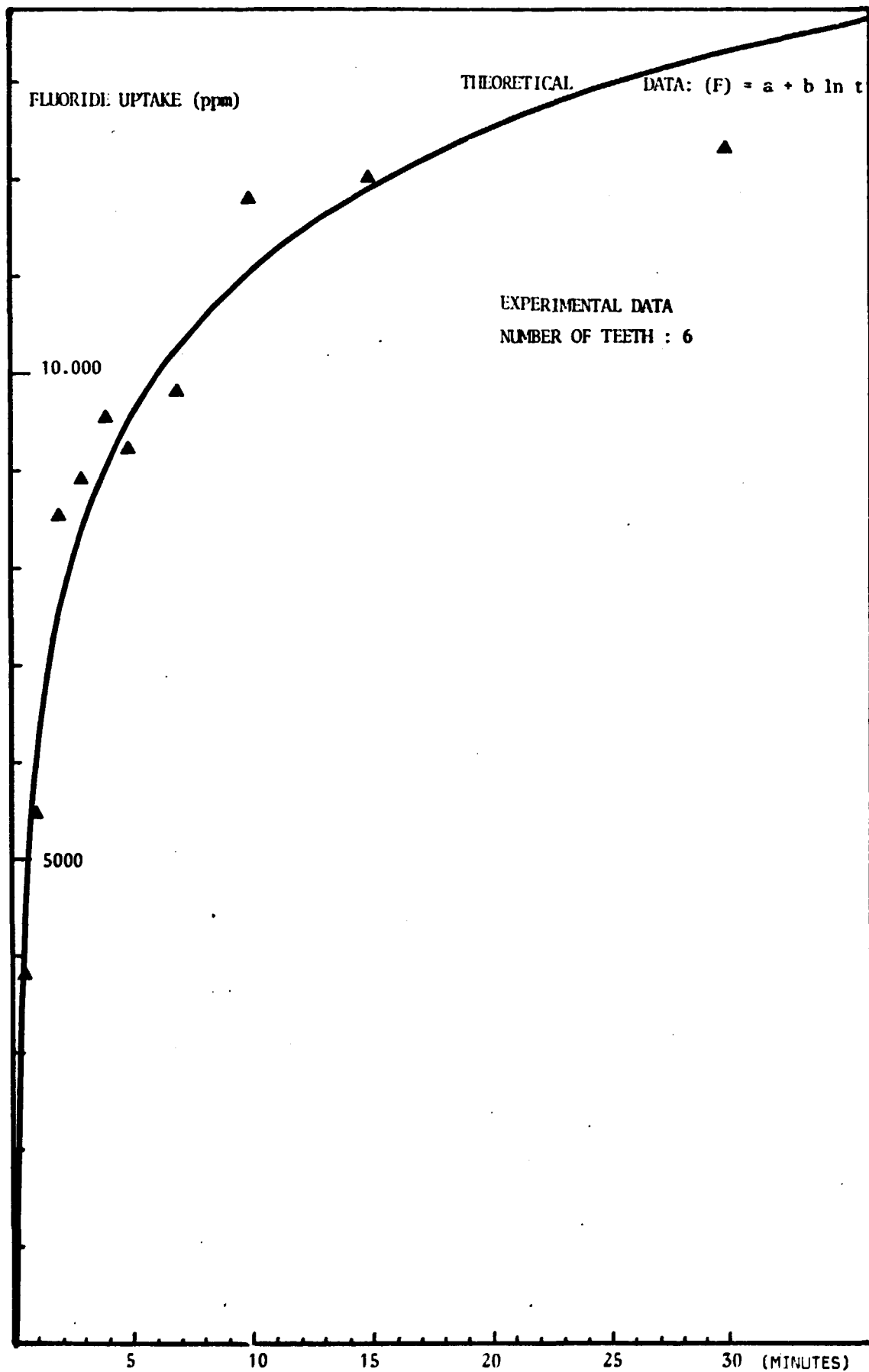


FIG. 4.  
CINETIQUE DE FIXATION DU FLUOR IN VITRO. TRAITEMENT AVEC LA SOLUTION AmF.



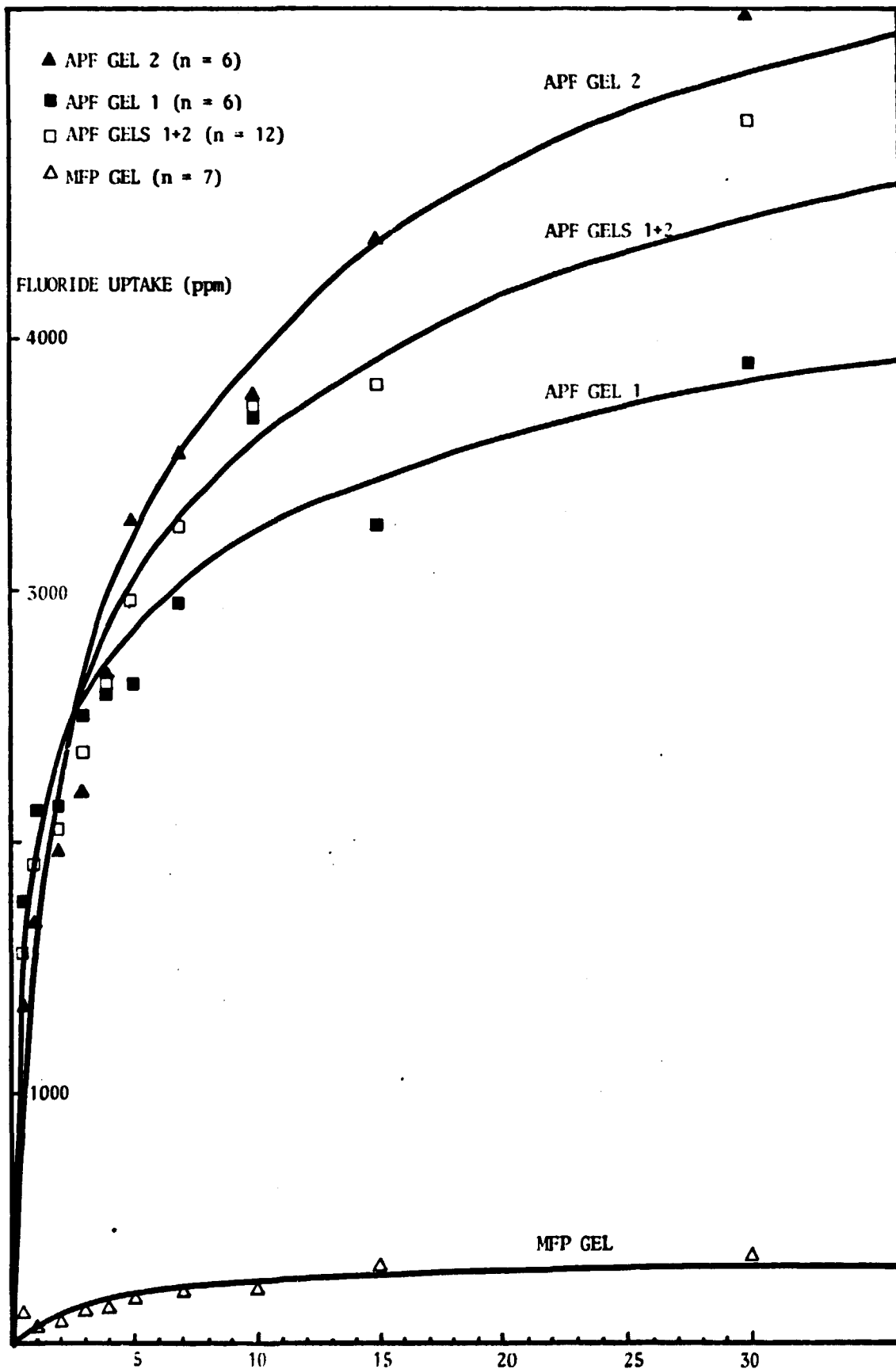


FIG. 5.

CINETIQUE DE FIXATION DU FLUOR IN VITRO. TRAITEMENT AVEC LES GELS APF ET MFP.

Les courbes moyennes de cinétique (fig.4 et 5) montrent que la prise de Fluor est très rapide dans les premières minutes suivant l'application. On peut difficilement dire si la saturation est atteinte après 30 minutes. Si l'on compare l'enrichissement en Fluor après 30 secondes, 4 minutes et 30 minutes, on gagne environ la même quantité de Fluor entre 4 minutes et 30 minutes qu'entre 30 secondes et 4 minutes, soit pour une différence de temps environ 7 fois plus grande. Il semble donc qu'il ne soit pas intéressant de prolonger l'application pendant 30 minutes lors des fluorations in vivo même si cela était réalisable pratiquement : le temps arbitrairement choisi de 4 minutes s'avère être valable et fournit un enrichissement suffisant.

Dans la table 4, les valeurs soulignées correspondent aux points théoriques calculés à partir d'une cinétique du type :

$$y = a + b \ln x$$

dans laquelle : y serait la concentration en Fluor exprimée en ppm,

et x le temps de contact exprimé en minutes.

Dans les figures 4 et 5, les courbes en trait plein correspondent à la fonction théorique.

Il semble donc que les cinétiques de prise de Fluor in vitro suivent une loi logarithmique : la Table 5 donne les valeurs des coefficients a et b du fit, le coefficient de corrélation r, le coefficient t de student, et la valeur de P. On constate que le fit par une courbe logarithmique est acceptable avec une probabilité meilleure que 1‰ pour les gels APF et la Solution AmF et une probabilité meilleure que 1% pour le gel MFP : la cinétique suivrait donc une courbe logarithmique, ce qui implique que l'on n'atteint pas réellement une saturation même après 30 minutes, et que la prise de Fluor est très importante au début de l'expérience.

### III.6.3. Perte de Fluor dans différents milieux.

L'étude suivante porte sur l'évolution de la concentration en Fluor lorsque la dent

Type de composé	a	b	$r \pm \sigma_r$	$t_{exp}$	P
APF GEL 1	1984	531	$0.900 \pm 0.160$	5.630	< 0.001
APF GEL 2	1551	1026	$0.940 \pm 0.120$	7.830	< 0.001
APF Gels	1751	801	$0.943 \pm 0.120$	7.858	< 0.001
AmF SOL.	6053	2148	$0.935 \pm 0.125$	7.480	< 0.001
MFP GEL	85	67	$0.783 \pm 0.220$	3.559	< 0.01

TABLE 5

Coefficients a et b du fit par une fonction logarithmique et coefficient de corrélation r.

est conservée à l'air ou dans l'eau pendant plusieurs jours. Les dents sont préalablement fluorées 4 minutes par un composé fluoré (gel ou solution), et après mesure de l'enrichissement les dents sont soit laissées à l'air libre ou plongées dans un récipient contenant de l'eau. La concentration en Fluor est mesurée après 1 h, 4 h (dans certains cas) et une semaine : la perte en Fluor est évaluée par rapport à la concentration maximum immédiatement après fluoration. La Table 6 présente les résultats obtenus pour un traitement par la solution AmF.

On observe que, après 1 h, la perte est plus importante dans l'eau (10%) que dans l'air (1%); après 1 semaine dans l'eau, la quasi totalité de l'enrichissement en Fluor (80%) est perdu, et on se trouve pratiquement au niveau de départ; dans l'air par contre, on a perdu environ 30% de Fluor par rapport à la concentration maximum après fluoration.

Il apparait, dès lors, que la perte de Fluor est 3.5 fois plus importante dans l'eau que dans l'air une semaine après fluoration par la solution AmF.

Cependant, le petit nombre de dents sur lequel portent les mesures ne permet pas de tirer des conclusions définitives, et il serait utile de poursuivre ce type d'expériences avec différents composés.

#### IV. FLUORATION IN VIVO.

Cette seconde série d'expériences comporte la mesure directe de la concentration en Fluor dans la bouche du patient. La non destructivité, la rapidité de la méthode, l'absence de radioactivité résiduelle permettent d'appliquer la technique aux déterminations in vivo du Fluor dans les dents, dans des conditions optimales puisque la dent analysée demeure dans son milieu naturel et ne subit aucune destruction. Les expériences suivantes ont été réalisées in vivo :

- 1°) Les différents composés fluorés (solutions et gels commerciaux) sont testés quant à leur efficacité de fixation du Fluor.

Type de composé	Nbre. dents	Milieu conserv.	Conc. Fluor avant	Conc. Fluor imméd. après	Perte de Fluor		
					1 h	4 h	1 sem.
AmF SOLUTION	5	air	785 ± 116	9937 ± 1373	114 ± 377	-	2828 ± 880
AmF SOLUTION	5	eau	754 ± 119	12386 ± 4138	1405 ± 455	2709 ± 1308	10053 ± 3830

TABLE 6

PERTE DE FLUOR (ppm) DANS DIFFERENTS MILIEUX PAR RAPPORT A LA CONCENTRATION MAXIMUM IMMEDIATEMENT APRES FLUORATION.

2°) L'évolution de cet enrichissement est suivi au cours des heures et des semaines suivant la fluoration (cinétique de perte du Fluor) : on peut ainsi étudier après combien de temps la fluoration cesse d'être significative.

#### IV.1. Conditionnement des dents.

Pour chaque patient, on sélectionne généralement 3 dents (incisives centrales ou latérales, supérieures ou inférieures), exemptes de caries. Sur la base d'une empreinte en Silicone, 3 moules sont réalisés en résine métacrylate s'adaptant exactement à chaque dent du patient.

Chacun de ces moules est percé d'un orifice, dont le diamètre est légèrement supérieur au diamètre du faisceau, au niveau de la dent sélectionnée, et un anneau en laiton est scellé dans cette résine. Cet anneau permet d'adapter de façon reproductible le moule à l'embout du faisceau. La distance entre la fenêtre de l'antale et la surface de la dent, ainsi que l'endroit de bombardement sont fixés de manière précise et reproductible. De plus, l'anneau de laiton est muni d'une ouverture latérale permettant la détection des rayons  $\gamma$  par le détecteur placé à  $135^\circ$ . La figure 6 est un exemple de moule.

#### IV.2. Types de composés fluorés utilisés.

La liste des produits (gels et solutions) utilisés pour la fluoration in vivo figure dans la Table 1.

#### IV. 3. Procédé de fluoration.

Une mesure préliminaire de la concentration en Fluor fixe le niveau de base, après quoi la fluoration est réalisée de la façon suivante après séchage des dents au moyen d'air comprimé,

a) pour les solutions (AmF - APF) , on badigeonne toutes les dents au moyen d'un applicateur en coton autant de fois que c'est nécessaire de manière à ce qu'une quantité suffisante de solution soit en permanence présente sur les dents. La fluoration dure 4 minutes, après quoi le patient élimine le surplus de solution sans toutefois se rincer la bouche.

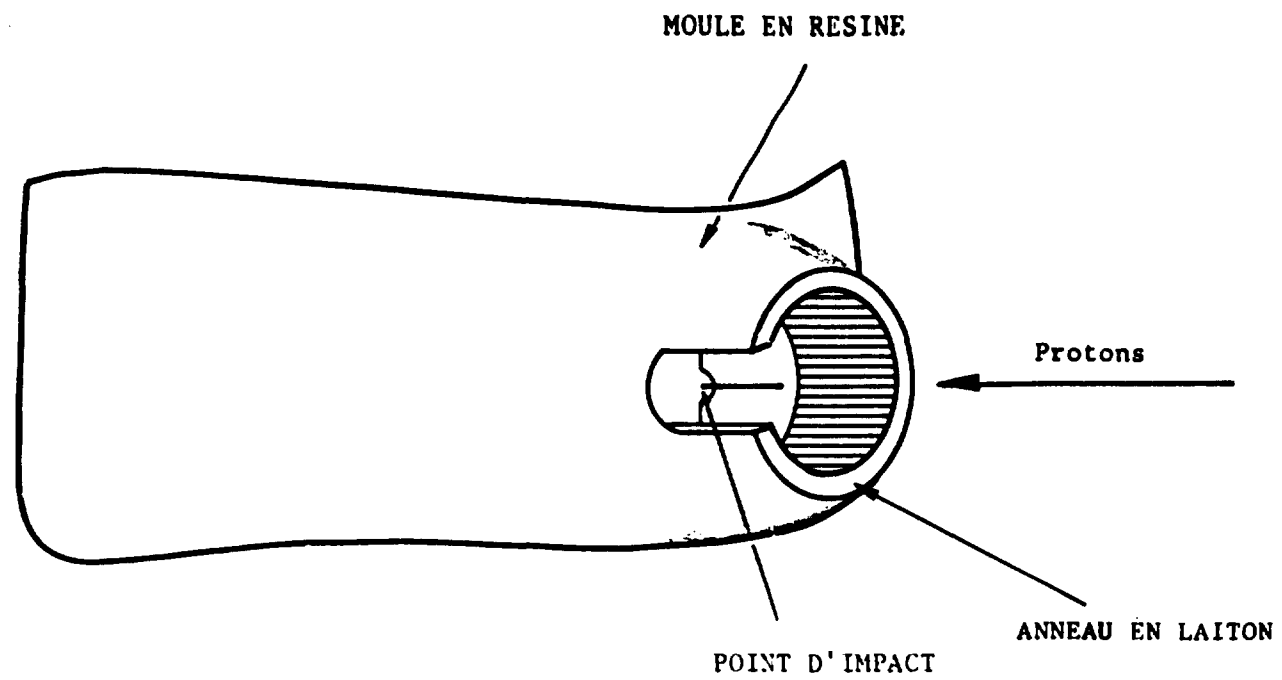


FIGURE 6

Exemple de moule en résine métacrylate dans lequel est scellé un anneau en laiton

b) Pour les gels on utilise 2 porte-empreintes en cire pour les dents supérieures et inférieures, dans lesquels on a préalablement placé une quantité suffisante de gel ( $\pm 2$  gr); aucun rinçage dans ce cas également.

La première mesure de la concentration en Fluor a lieu après 30 minutes pendant lesquelles le patient ne peut ni boire ni manger, puis à nouveau après 30 minutes (soit 1 heure après la fin de la fluoration), et puis d'heure en heure. Au total, 93 dents ont été fluorées, appartenant à 15 patients différents : dans certains cas, certains ont subi plusieurs fluorations lorsque la concentration en Fluor de leurs dents était revenue à sa valeur initiale.

Les déterminations de Fluor se font dans les mêmes conditions que pour les mesures in vitro en se référant au standard verre.

#### IV.4. Evolution de la concentration en Fluor au cours des heures et des semaines.

Les courbes dont on dispose par mesures successives de la concentration en Fluor après 4 minutes de fluoration donnent l'évolution de l'enrichissement en Fluor au cours de la journée (en général jusque 6 heures après la fin de la fluoration). Pour certains patients on a pu suivre également cette évolution au cours des semaines et même des mois. Tant que l'enrichissement demeure significatif, aucun autre produit fluoré n'est appliqué, l'usage du dentifrice fluoré est même interdit. Dès que le niveau initial est à nouveau atteint, on procède à une autre fluoration, avec le même composé ou avec un autre : dans un cas par exemple, un patient a reçu les composés suivants :

MFP Gel	semaine 0
APF Gel 1	semaine 2
AmF Solution	semaine 6
APF Solution	semaine 9.

Ce cas sera discuté ultérieurement.



#### IV.5. Résultats de la fluoration in vivo.

##### IV.5.1. Comparaison de l'efficacité de différents composés fluorés.

La table suivante (Table 7) présente les résultats de la fluoration obtenus 30 minutes après application du composé fluoré (1ère colonne). Dans cette table, la seconde colonne donne le nombre de dents fluorées dans chaque cas, la concentration moyenne en Fluor en ppm avant (3ème colonne) et après fluoration (4ème colonne), l'enrichissement en Fluor (5ème colonne).

L'analyse de variance du même type que celle utilisée pour les résultats in vitro et appliquée à 7 échantillons pour chaque groupe (le groupe AmF comportant le plus petit nombre d'échantillons) permet de constater que, 30 minutes après l'application :

1. La différence avant - après est hautement significative pour les gels APF 1 et 2 et la solution AmF.
2. Cette même différence est non significative pour les traitements aux gels AmF et MFP.

Les comparaisons entre traitements montrent (Table 8) :

1. La différence entre le traitement AmF Solution et le traitement APF gel 1 est hautement significative.
2. Les différences d'une part entre APF 1 et 2 et d'autre part entre APF gel 2 et AmF solution ne sont pas significatives.
3. Les différences entre le traitement APF gel 2 ou AmF solution, d'une part, et AmF gel ou MFP gel, d'autre part, sont toujours hautement significatives.

Type de composé	Nombre de dentures	Conc. Fluor AVANT (ppm)	Conc. Fluor APRES (ppm)	Enrichissement (ppm)
APF Gel 1	13	656 ± 104	2432 ± 447	1774 ± 465
APF Gel 2	17	661 ± 73	3938 ± 955	3277 ± 683
APF GELS 1 + 2	30	660 ± 80	3285 ± 450	2625 ± 452
MFP Gel	11	517 ± 131	622 ± 111	105 ± 32
GEL	3	413 ± 88	493 ± 76	60 ± 22
APF GEL	7	626 ± 138	854 ± 155	228 ± 50
A-F SOLUTION	23	606 ± 119	5066 ± 417	4460 ± 875
APF Solution	3	381 ± 16	846 ± 55	465 ± 41

TABLE 7

CONCENTRATION EN FLUOR AVANT FLUORATION, 30 MINUTES APRES FLUORATION ET ENRICHISSEMENT EN FLUOR (en ppm) SUIVIS DE L'ERREUR STANDARD (en ppm).

	APF Gel 1	APF Gel 2	AmF Solution	AmF Gel	MFP Gel
APF Gel 1	-	N	SS	N	N
APF Gel 2	N	-	N	SS	SS
AmF Solution	SS	N	-	SS	SS
AmF Gel	N	SS	SS	-	N
MFP Gel	N	SS	SS	N	-

TABLE 8.

Comparaison des différents traitements (30 minutes après une application de 4 minutes) obtenue par une analyse de variance.

SS = hautement significatif ( $P < 0.01$ )

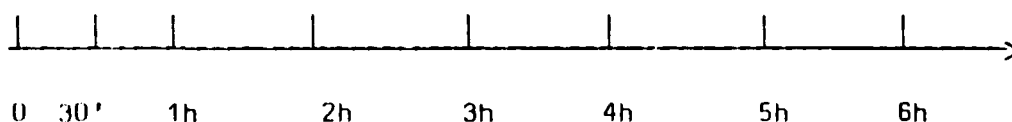
S = significatif ( $P < 0.05$ )

N = non significatif.

La différence non significative obtenue entre la solution  $AmF$  et le gel APF 2 provient sans doute de la très grande viscosité de ce dernier. L'excès de gel ne serait pas complètement éliminé après 30 minutes, ce qui expliquerait la très forte concentration obtenue après 30 minutes, et la chute importante dans les heures qui suivent la fluoruration.

#### IV.5.2. Perte de Fluor au cours des heures suivant la fluoruration.

La concentration en Fluor est déterminée à intervalles réguliers à partir du moment de la fluoruration (temps 0)



Les enrichissements moyens obtenus à ces différents moments et pour chacun des produits sont présentés à la Table 9, et à la figure 7.

On constate une perte relativement faible en Fluor au cours des heures suivant la fluoruration avec les composés les plus efficaces (APF Gels et  $AmF$  Solution). Par contre, à la fin de la journée, le niveau initial est pratiquement atteint pour les dents fluorées par les gels MFP, X,  $AmF$  et la solution APF.

En choisissant le temps 3 heures, on a comparé l'efficacité différente des gels APF et de la Solution  $AmF$  : la différence est non significative entre les 2 gels APF (tout comme pour le temps 30 minutes), par contre, elle est hautement significative ( $P < 0.001$ ) entre la Solution  $AmF$  et le gel APF 2, et APF 1 à fortiori; ceci confirmerait l'hypothèse que le gel APF 2 très visqueux n'est pas complètement éliminé après 30 minutes.

La Solution APF donne une fixation relativement faible par rapport aux composés précédents, cependant meilleure que les gels  $AmF$ , X et MFP. Un résultat assez surprenant par ailleurs : la Solution APF donne un enrichissement plus faible que le Gel correspondant, ayant la même concentration en Fluor (1.23%) et la même composition.

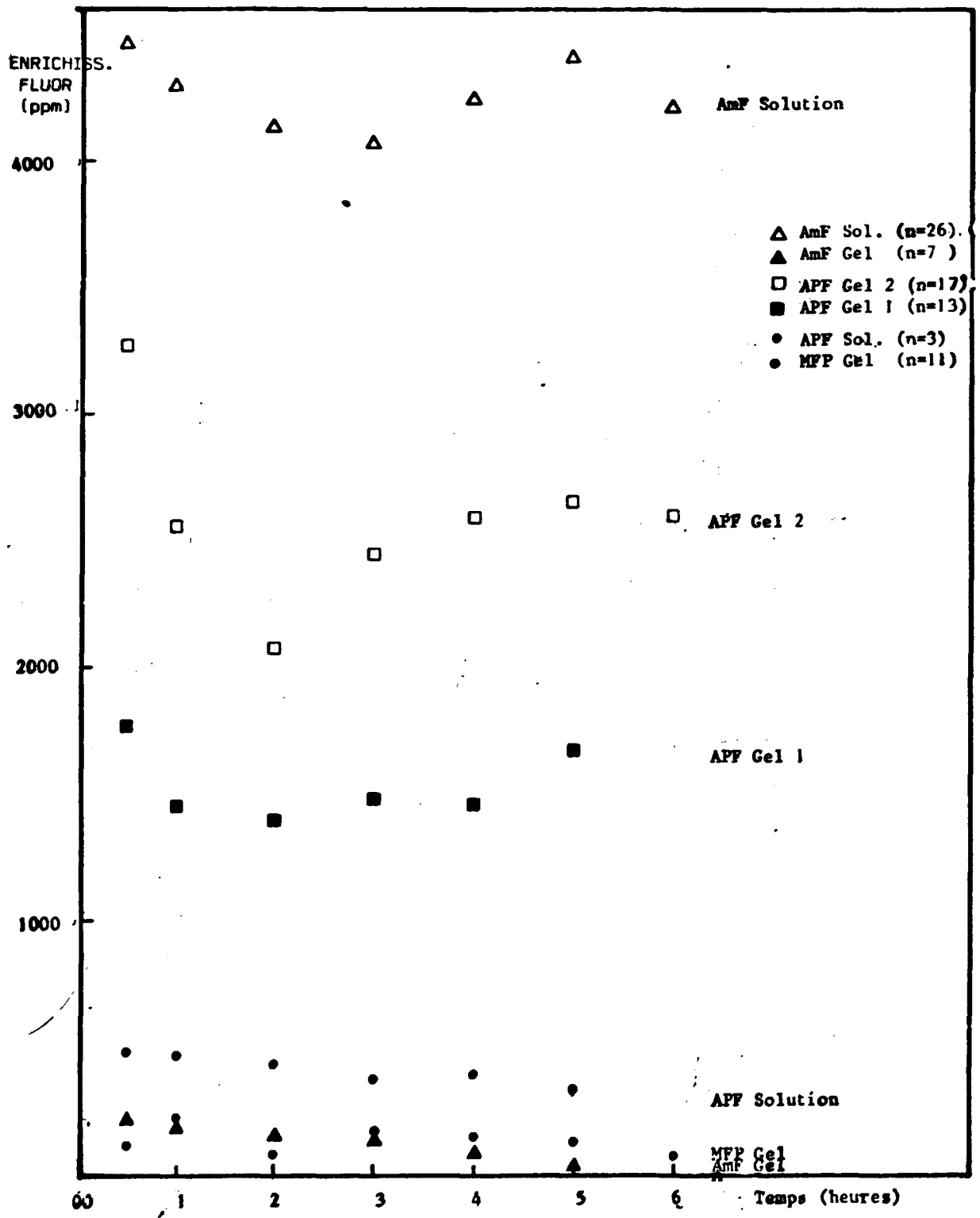


Figure 7

ENRICHISSEMENTS MOYENS (ppm) OBTENUS PAR DIFFERENTS TRAITEMENTS.

Type de composé	Nombre de dents	Enrichissements moyens en Fluor (ppm) suivis de l'erreur standard (ppm)						
		30'	1h	2h	3-	4h	5h	6h
APF GEL 1	17	3277 ± 683	2555 ± 569	2073 ± 505	2456 ± 603	2589 ± 536	2649 ± 548	2599 ± 512
APF GEL 2	13	1774 ± 465	1442 ± 359	1392 ± 342	1485 ± 340	1456 ± 404	1687 ± 433	-
AmF GEL	7	213 ± 48	185 ± 61	156 ± 46	133 ± 34	91 ± 40	28 ± 47	-
MFP GEL	11	105 ± 47	213 ± 86	74 ± 54	153 ± 52	142 ± 27	118 ± 26	58 ± 13
GEL X	9	79 ± 22	64 ± 25	51 ± 23	43 ± 13	33 ± 20	16 ± 18	-9 ± 23
AmF SOL.	26	4460 ± 417	4296 ± 419	4132 ± 411	4075 ± 435	4226 ± 417	4412 ± 443	4216 ± 459
APF SOL.	3	465 ± 40	444 ± 24	421 ± 74	365 ± 55	387 ± 80	327 ± 67	-

TABLE 9 : ENRICHISSEMENT MOYEN EN FLUOR AU COURS DES HEURES SUIVANT LA FLUORATION.

#### IV.5.3. Comparaison des résultats in vitro et in vivo.

Les dents analysées in vivo appartiennent toutes à des patients relativement jeunes (20-30 ans); la concentration naturelle en Fluor est comprise entre 400 et 600 ppm. Les dents analysées in vitro appartiennent à des patients généralement plus âgés; leur origine n'est pas toujours connue avec exactitude; la concentration en Fluor se situe entre 900 et 1000 ppm (augmentation avec l'âge). L'enrichissement en Fluor pour les mesures in vitro est déterminé immédiatement après fluoration et rinçage contrairement aux mesures in vivo, où la première mesure a lieu après 30 minutes. Aucun rinçage n'est effectué mais on peut estimer que pendant ces 30 minutes, l'élimination de l'excès de produit fluoré est quasi totale, sauf pour le gel APF 2 très visqueux. Ces conditions différentes expliquent la fixation différente in vitro et in vivo : 10.000 ppm in vitro, contre 4500 ppm in vivo pour la solution AmF ; 3200 ppm in vitro, contre 2000 ppm in vivo pour les gels APF. Cependant, l'efficacité relative des différents produits est la même in vivo et in vitro :

AmF Solution > APF Gels > APF Solution > MFB, X et AmF Gels

#### IV.5.4. Perte de Fluor au cours des semaines suivant la fluoration.

Pour certains patients on a pu suivre l'évolution de la concentration en Fluor au cours des jours et des semaines. Les résultats moyens sont présentés à la figure 8 pour les gels APF et la Solution AmF.

On constate que la chute est relativement rapide pour les 2 types de composés, et on peut estimer que 6 semaines après fluoration avec la Solution AmF et 4 semaines après fluoration par les gels APF, le niveau naturel en Fluor est à nouveau atteint.

Les résultats expérimentaux ont été fittés par une courbe exponentielle ; pour la fluoration par la solution AmF la courbe théorique semble bien reproduire les données expérimentales; le coefficient de corrélation vaut 0,96.

Pour la fluoration par les gels APF, l'accord est moins bon (coefficient de corrélation

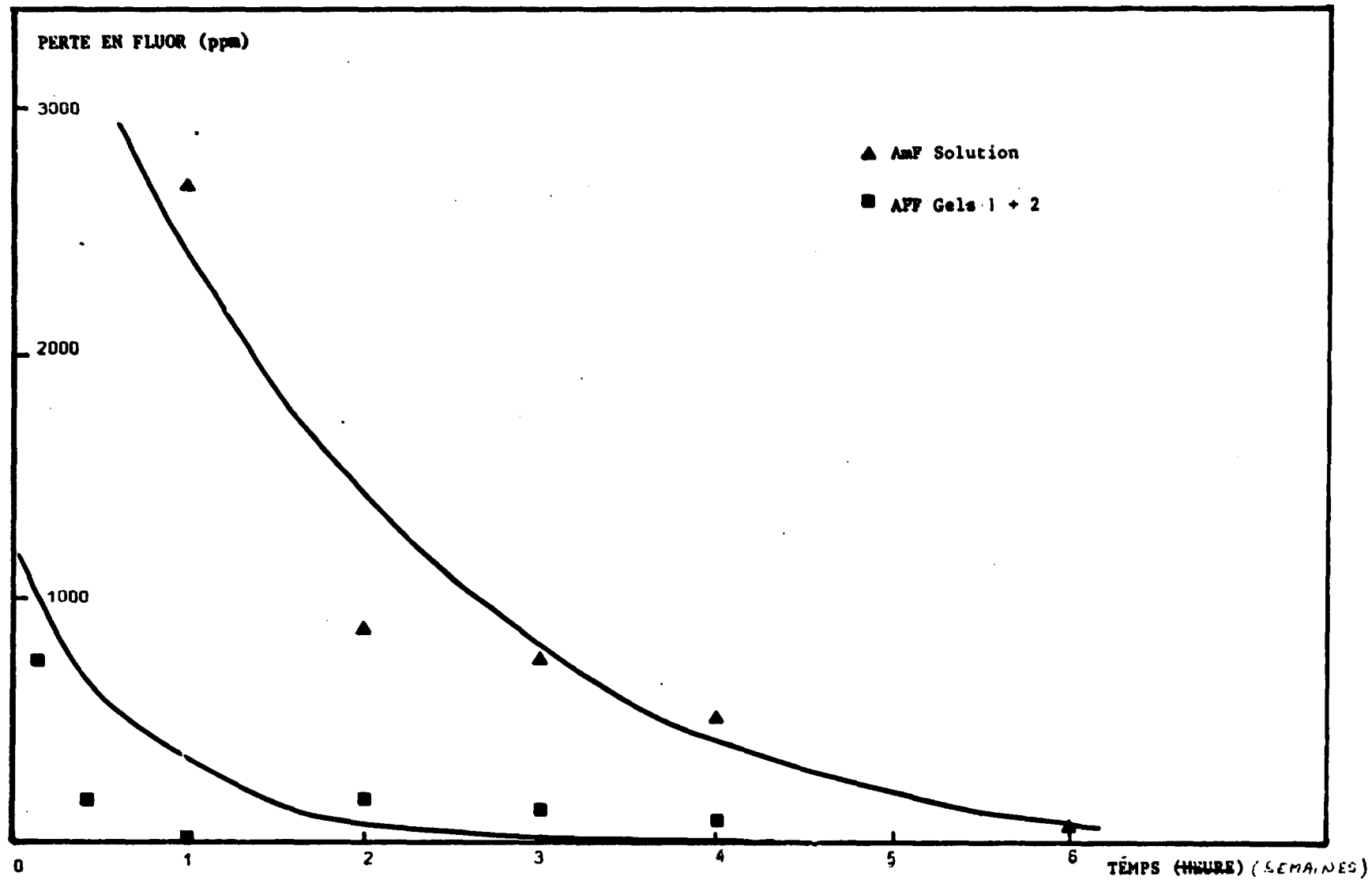


FIGURE 8  
 PERTE EN FLUOR AU COURS DES SEMAINES SUIVANT LA FLUORATION.



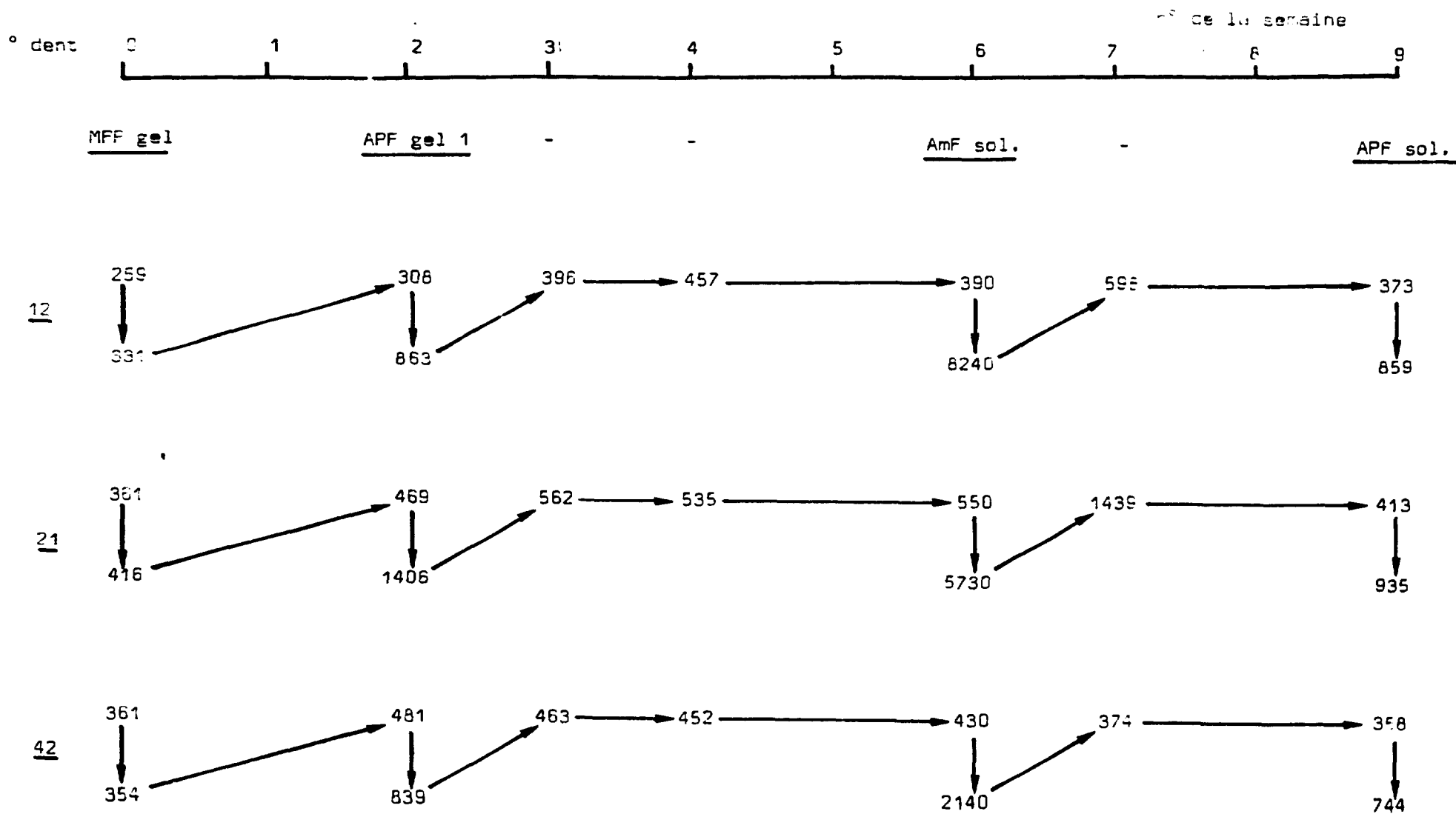
0.87) et peut être attribué au fait que les enrichissements sont peu importants et les écarts sur ces valeurs sont de l'ordre de 50%. Des mesures systématiques portant sur un nombre plus élevé de dents permettront d'établir avec plus d'exactitude la cinétique de perte de Fluor au cours des jours suivant la fluoration : le phénomène intéressant se situant immédiatement après l'application topique.

#### IV.5.5. Cas particuliers de fluorations successives.

4 fluorations successives ont été pratiquées sur le même patient pendant un laps de temps de 9 semaines. La Table 10 présente les résultats obtenus sur chacune des 3 dents : concentrations absolues (en ppm) avant et après fluoration (semaine 0 - 2 - 6 - 9).

Aux semaines 3 - 4 et 7, aucune fluoration n'a été pratiquée : on dispose d'une mesure de contrôle du niveau de Fluor.

La première fluoration (MFP Gel) a apporté une quantité négligeable de Fluor; la seconde, utilisant le gel APF 1, fournit un enrichissement moyen de 616 ppm. Une semaine après la seconde fluoration (semaine 3) on peut considérer que l'on a atteint pratiquement le niveau initial en Fluor. La troisième fluoration (AmF Solution) fournit un enrichissement très important pour les 2 incisives supérieures (7050 et 5180 ppm), moins important au niveau de l'incisive inférieure (1710 ppm). La semaine suivant la troisième fluoration (semaine 7), seule la dent 21 a conservé une partie de son enrichissement et à la semaine 9, chacune des 3 dents a retrouvé son niveau initial en Fluor. La dernière fluoration (APF Solution) apporte en moyenne 461 ppm de Fluor, c'est-à-dire, moins que le gel correspondant (MFP Gel 1). Les effets de cette dernière application n'ont pu être suivis au cours des semaines. Ces résultats individuels montrent que les fluorations successives ne semblent pas avoir un effet cumulatif sur la concentration naturelle en Fluor : le niveau initial n'augmente pas significativement grâce aux apports successifs de Fluor.



-TABLE 10-

Fluorations successives (4) sur 3 dents d' un même patient.

## V. CONCLUSION.

Les mesures in vitro ont permis de montrer l'influence de différents paramètres sur la prise de Fluor par l'émail : la nature du composé fluoré utilisé, le temps de contact et le milieu de conservation. Les études cinétiques permettent de conclure qu'un temps de fluoration de 4 minutes permet une fixation de Fluor suffisante.

Ces informations sont utilisées pour les mesures in vivo. Les mesures in vivo, ont mis en évidence, également l'efficacité différente des solutions et gels utilisés, ainsi que la perte importante de Fluor au cours des jours suivant la fluoration.