



**UE 19 Parasitologie et mycologie / Payan**

**DATE : 18/09/2024**

**GROUPE : Noémie Le Bot, Enora Le Saout, Ilona Tertrais**

**REMARQUES : Aucun changements**

## **Antiviraux et Vaccins**

### Table des matières

**Introduction**

.....  
 ..... 2

**Partie 1 : Les antiviraux**

I) Histoire des antiviraux..... 3  
 II) Mode d’action des antiviraux..... 4  
 III) Molécules antivirales..... 6  
 IV) Antiviraux et résistance..... 7  
 V) Désinfectants - Prévention..... 7

**Partie 2 : Les vaccins**

I) Vaccination et Immunothérapie..... 9  
 II) Vaccination..... 10  
 III) Immunothérapie..... 10  
 IV) Vaccins antiviraux..... 10  
 V) Vaccination - Résultats..... 12  
 VI) Vaccination - Stratégies..... 14  
 VII) Vaccination - Difficultés..... 14

**Conclusion**

.....  
 ..... 15

**Antiviraux et Vaccins**



**Introduction :**

Les vaccins et les antiviraux sont deux choses différentes qu'il ne faut pas confondre :

- les vaccins mènent leur action en amont de l'infection par un virus c'est à dire lorsque le patient n'est pas déjà infecté (pour prévenir l'infection)
- les antiviraux eux mènent une action en aval c'est-à dire qu'ils agissent pour empêcher le virus déjà présent dans l'organisme de continuer à se reproduire.

**Vaccins** -> action en amont

**Antiviraux** -> action en aval

=> deux approches différentes et complémentaires

## Partie 1 : Les antiviraux

Les antiviraux (ATV) ont pour première mission d'atteindre les cellules dans lesquelles les virus se multiplient afin d'inhiber leur **reproduction**. Ils n'ont pas d'action sur les virus circulants (lorsqu'ils sont libres). Tant que le virus ne se trouve pas dans la cellule, il est inerte. Les antiviraux sont alors inefficaces. Ils ciblent les virus en multiplication dans la cellule, **ce sont des virostatiques et non des virucides**.

Ils ont été développés après les antibiotiques (ATB) et sont moins utilisés en clinique car peuvent avoir une action toxique du fait qu'ils ne font pas la différence entre une cellule saine et une cellule infectée (d'où les effets secondaires importants). **Ils ne sont pas spécifiques des cellules infectées**.

La cible la plus connue est la **polymérase virale**. Un **inhibiteur de la polymérase** va empêcher la reproduction du virus. On cherche vraiment à cibler le virus un maximum.

Par exemple pour le VIH, cela fonctionnait avec une reverse transcriptase : enzyme qui fait passer l'ARN en ADN pro-viral : le Retrovir pouvait interférer avec cette reverse transcriptase, mais des atteintes métaboliques au niveau des ribosomes ont été découvertes. On a peu à peu appris à connaître les modes d'entrée et les cibles thérapeutiques du VIH, permettant de développer des molécules interférant avec la reproduction du virus.

De plus, si les ATV ne sont pas utilisés de manière correcte, **ils peuvent mener à des phénomènes de résistances en sélectionnant des virus mutants**.

### **I) Histoire des antiviraux**

#### **Au début des années 1980 :**

- Besoins croissants d'antiviraux chez les patients immunodéprimés (Leucémies, greffes, SIDA) : les patients sont plus sensibles à certains virus
- Progrès techniques
  - Biologie moléculaire (PCR nées à cette époque-là) : identification des gènes cibles (protéases, intégrases, enzymes...)
  - Cristallographie Rx (= moyen d'identification de la structure d'une molécule, quand on la purifie on sait quelle forme elle a : il faut identifier la forme de la cible pour trouver la molécule correspondante)
  - Nouvelles formes : liposomes, vecteurs rétroviraux ...

-> séquençage plus facile, sert pour la covid 19, plus de facilité d'identification des cibles.

- Meilleures connaissances des cycles viraux et des cibles potentielles virales spécifiques pour des molécules antivirales, dépourvues de toxicité cellulaire.

Aujourd'hui on peut modéliser les protéines virales (par exemple : la protéine de surface du covid), avec l'intelligence artificielle on tend au développement de ces techniques de modélisation de l'infiniment petit. On peut imaginer les modifications de structures sur les mutants et interférer avec ces mutants résistants aux antiviraux, en produisant des molécules prenant en compte les mutations. On arrive à avoir des molécules de plus en plus spécifiques, et donc moins toxiques. Les dernières molécules anti-rétrovirales dans le traitement du VIH n'ont quasiment plus d'effets secondaires, alors que les premiers effets secondaires étaient presque aussi dramatiques que l'infection elle-même

=> **Le développement des antiviraux a été de pair avec le développement des technologies, des connaissances en matière de génétique, de cibles, de la chimie, et de la capacité à définir les molécules de manière de plus en plus efficace.**

## II) **Mode d'action des antiviraux**

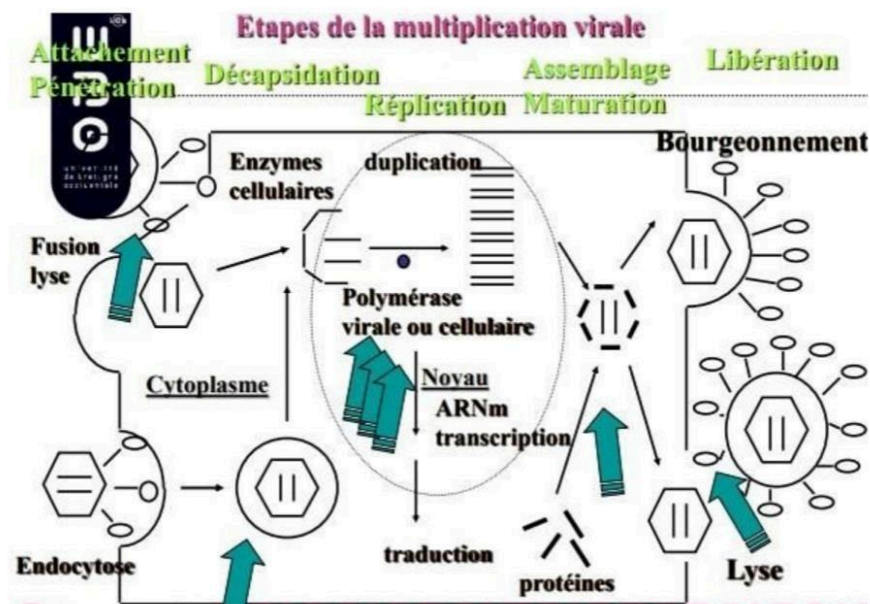
**Modèle de la clef-serrure**, l'ATV reconnaît la conformation de sa cible (virus) et s'y lie par affinité.

Afin de réduire la toxicité des ATV, on cherche de plus en plus à cibler les protéines **virales** et non pas les protéines cellulaires. La plupart des ATV ciblent donc la polymérase (car enzyme propre au virus) ou alors la protéase virale. Il y a une nécessité de traiter précocement pour éviter les complications et en obtenir le meilleur bénéfice.

Donc les ATV :

- Il y a + de 100 molécules antivirales efficaces, surtout dans le domaine du VIH, toutes virostatiques (inhibe la réplication du virus)
- Site d'action = tissu et cellule **infectée**, les traitements ne sont actifs que sur des infections **ACTIVES**, avec risque de lésions plus sévères, car le risque de gravité est lié à l'infection active. On va trouver des molécules actives à tous les niveaux du cycle viral
- **Virostatiques** (= inhibe la réplication virale)
- **Site d'action = tissus et cellules infectés**
- Activité spécifique sur une des étapes du cycle viral :

- o Récepteur cellulaire pour le virus (T20-VIH)
- o pénétration dans la cellule (Amandine-Grippe)
- o réplication du virus dans la cellule (AZT-VIH, ACV-HSV, ETV-VHB, Sof-VHC)
- o formation du virus mature (Antiprotéase-VIH, VHC)
- o excrétion hors de la cellule (Zanamivir-Grippe)



Les grosses flèches sur le schéma représentent donc les potentielles activités des antiviraux.

Il existe 5 principales cibles représentées par les étapes de la multiplication virale :

- **Attachement, pénétration (fusion, endocytose)**
- **Décapsidation (enzymes)**
- **Réplication (Polymérase +++ (HSV), antiprotéases (VIH et hépatite C))**
- **Assemblage, maturation**
- **Libération**

=> ils peuvent agir à tous les niveaux du cycle viral.

De manière générale, quand un virus a tendance à échapper à une molécule seule qui cible une seule action du virus, on **combine les ATV** pour **limiter la possibilité de résistances** du virus et tout de suite l'éliminer.

**La polymérase est l'élément central de la réplication du virus +++ cible de la plupart des ATV.**

Les antiviraux sont :

- **Inactifs sur les virus latents** (herpes virus, VIH ) Quand l'herpès (ou le VIH) est silencieux les antiviraux ne sont pas utiles puisque les **antiviraux sont actifs sur les virus qui se répliquent**.
- **Toxiques** sur les cellules en division
- Effets indésirables / effets bénéfiques → balance bénéfice/risque à faire, mais de moins en moins d'effets indésirables
- **Pas d'activité virucide**
- Apparition de **formes virales résistantes**, thérapie par ATV inadaptée (VIH-AZT, VCH-IP) , les virus s'ils modifient leur cible peuvent infecter de nouvelles cellules. Avec les virus, il faut « taper vite et fort » pour éviter une résistance avec développement et prolifération des mutants. (Si le patient en a marre, il vaut mieux qu'il arrête tout plutôt que de prendre le traitement un jour sur trois, car on ne tapera plus « fort »). Avec les ATV il faut être efficace rapidement pour contrôler le virus.
- **Encore de nombreuses maladies virales sans traitement spécifique** (Gastro, rhume, rubéole, Ebola, papillome, lymphome, COVID-19) mais uniquement des traitements symptomatiques. Davantage développés pour maladies chroniques, grippe ...

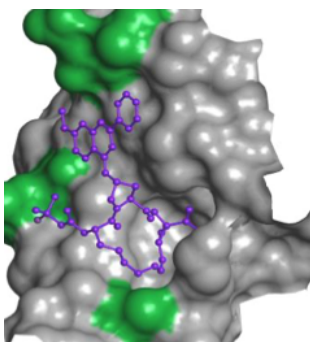
### III) Molécules antivirales

Il existe 4 principales classes d'antiviraux :

- **Les antigrippaux**
- **les antiherpétiques**
- **les antihépatites B et C**
- **Les antirétroviraux**

C'est globalement des affections de gravité particulières ou des affections chroniques qui peuvent évoluer vers des formes plus sévères. On a aussi les traitements symptomatiques qui traitent les symptômes et non pas le virus (antipyrétique ...).

**Tamiflu** : Urgent en cas de grippe aviaire !



*Protéases d'hépatite C, avec une anti-protéase qui se fixe à l'intérieur de la zone active de la protéases, présence de mutation qui pourra impacter l'accrochage de la molécule sur la cible.*

On arrive à anticiper des mutants avec des modélisations comme celles-ci. Avec la modélisation artificielle et le travail informatique, les biologistes peuvent isoler des cibles et dire ce qui marchera sur ces cibles, avec des nouvelles molécules qui collent à la cible. Pour que ça marche il faudrait adapter le traitement, les doses et maintenir l'observance.

#### IV) Antiviraux et Résistance

La résistance des antivirus aux antiviraux se met en place à cause de :

- **Pression thérapeutique insuffisante** : la concentration est insuffisante, ou sousdosage ou mauvaise observance.

C'est le cas des monothérapie HepC ou VIH car ce sont des virus à ARN qui mutent plus vite, en revanche la monothérapie suffit pour HepB (virus à ADN).

Si la pression thérapeutique est insuffisante, cela peut "sélectionner" un mutant qui sera insensible aux ATV déjà présents : il y a apparition d'une résistance.

- **Maintien d'une réplication virale suffisante** pour sélectionner des mutations produites au hasard sur les cibles des ATV (polymérase et protéase/HepC et VIH, intégrase/VIH, NS5a/HepC, neuraminidase/grippe...) Les mutations surviennent uniquement si le virus se réplique. Pas de mutation si on l'empêche de se reproduire. Une fois les mutations acquises, le traitement n'aura plus aucun effet car il y aura eu une sélection de mutants résistants : **observance ++** (ex : VIH)
- **Accumulation de mutations** pour améliorer la capacité répliquative des virus mutés (plus virulent et résistance au traitement/transmission !)

Les mutations peuvent aussi rendre le virus moins virulent car elles se font au hasard → perte d'activité (de virulence) pour le virus. Si on laisse le virus continuer à faire des mutants, le virus peut finir par se reproduire normalement, car l'ATV ne cible pas le mutant, mais la forme virale d'origine.

**Pour éviter les résistances : combiner les traitements (VIH, HepC), adapter la thérapeutique au génotypage et surveiller l'observance/dosage. +++**

**Ne surtout pas utiliser de monothérapie ! Il faut combiner les molécules en bi ou trithérapies.**

Le VIH a permis d'avoir toutes ces connaissances sur les virus, ATV, résistance, dosage, effets secondaires... Le VIH nécessite un traitement à vie, mais lors de l'arrêt du traitement ça repart, car l'ADN pro-viral reste dans nos chromosomes et le virus peut reprendre, et on retombe dans le stade SIDA avec les infections opportunistes. Il y aussi la combinaison des traitements qui fonctionne car les mutations viennent au hasard, si on a 3 molécules actives, on les bloque complètement.

En fonction des virus on peut avoir ou non un combiné des antiviraux.

## V) Désinfectants – prévention (passé rapidement)

- **Virucide ! Pas en thérapeutique**, action de destruction des particules, des capsides, pas praticable pour le traitement des infections virales chez l'homme, seulement utilisé pour la désinfection de surfaces et d'instruments. L'altération des protéines de surface empêche le virus de pénétrer dans la cellule. **Effet sur les particules virales qui circulent, qui sont contaminées.**
- Les désinfectants habituels (*chloré, ammonium quaternaire alcool*) le plus souvent actifs (mains, matériel, surface).
- Les virus **enveloppés** sont plus **sensibles** à la chaleur, à la dessiccation (détergents généralement suffisants)
- Les virus nus sont les plus résistants (infection nosocomiale / virus de gastro entérites ++)
- Certaines infections sont très contagieuses. Nécessité de ports de gants, masque et isolement (Ebola : scaphandre pour éviter tout contact, grippe, rotavirus, VRS, coronavirus).

## Partie 2 : Les vaccins

- A. Induisent une réponse immunitaire comparable à l'infection
- B. Doivent être prescrits avant l'apparition de l'infection
- C. Protègent la population si couverture >50%

**C : Faux** : il faut obtenir la couverture la plus large possible, à partir de 60% mais idéalement **80%**.

On n'agit pas sur le virus présent dans les cellules mais on essaye d'avoir une action en **AMONT** pour éviter l'installation du virus dans les cellules : Il est important de vacciner avant la survenue de l'infection, pour avoir une production d'anticorps avant que le virus apparaisse.

*Ex : HPV : 11/14 ans, rappel jusqu'à 19 ans mais si rapports sexuels avec transmission d'HPV avant vaccination : pas d'effet du vaccin.*

Effectuer des vaccins est une stratégie de prévention très adaptée pour combattre les virus car les vaccins les bloquent doublement :

- **Neutralisation par les anticorps** (réponse humorale) : virus n'a plus accès aux cellules

- **Destruction cellulaire** avec la réponse cellulaire si le virus a atteint la cellule (en plus les vaccins visent spécifiquement les cellules infectées ce qui n'était pas le cas avec les antiviraux).

Les vaccins ont pour finalité de produire des **AC neutralisants** (action sur virus circulant). Stratégie différente des antiviraux. Ils vont induire une **réponse immunitaire comparable à l'infection**.

Ils protègent la population si la couverture vaccinale est de 80% ou plus.

## I) Vaccination et Immunothérapie

Elles ont pour objet de **renforcer les défenses de l'hôte** vis-à-vis d'une infection bactérienne, virale ou parasitaire.

- Soit en sollicitant les **défenses naturelles de l'hôte (vaccin)** : **l'effet n'est pas immédiat** il faut une quinzaine de jours pour voir des Ac apparaître d'où l'importance de la vaccination en AMONT. Risque que la vaccination ne fonctionne pas si prise trop tard. (ex : grippe ou Covid) La vaccination, c'est l'individu qui produit des Ac et c'est quelque chose qui est maintenu, mais face à une infection virale on ne connaît pas le taux protecteur d'Ac. On est pas tous égaux en matière de réponse à une infection, mais il vaut mieux avoir un peu d'anticorps que de ne pas en avoir du tout. Les meilleurs résultats concernant l'utilisation des vaccins sont l'utilisation en prévention.
- Soit en apportant les **anticorps neutralisants (immunsérum)** : **effet immédiat** (ex : Ebola : immunsérums donné précocement, COVID-19, rage), injection d'ac de sujets convalescents (on injecte des Ac déjà formés pour lutter rapidement contre un virus) L'immunothérapie vise à produire in vitro des anticorps par la suite injectés, pour avoir un effet immédiat. (Essais dans le cas du covid, pour les évolutions les plus sévères mais pas bénignes car risque de réponse immunitaire mal contrôlée) . Les anticorps sont éliminés rapidement donc il faut faire des injections régulières.

Pour les **vaccins**, il faut attendre que la réponse immunitaire se mette en place (période durant laquelle on n'a pas de protection)

Or, pour les **immunsérums**, l'action est directe car les anticorps sont apportés et ne nécessitent pas de production par l'organisme. L'inconvénient des immunsérums c'est qu'ils sont éliminés rapidement par l'organisme une fois qu'ils ont fait leurs effets et donc ils n'ont plus aucune action à long terme.

Une combinaison est possible pour profiter des avantages de la vaccination et des immunsérums. On apporte des anticorps directement par les immunsérums et on stimule la

production d'anticorps par l'organisme pour une immunité à long terme par les vaccins. C'est le cas de l'hépatite B chez le nouveau-né.

## II) Vaccination

- C'est l'induction d'une réponse immune **humorale et cellulaire** chez l'individu vacciné.  
Remarque : il est beaucoup plus facile de mesurer l'immunité humorale (concentration d'anticorps dans le sang) que l'immunité cellulaire
- En le mettant au contact du virus (particule non infectieuse) ou d'éléments immunogènes (antigène et peptide antigénique) => on finit cependant par éliminer les Ac (peu importe le type de vaccin) : nécessité de faire des **rappels**
- Afin de le **protéger contre une éventuelle infection future**
- Elle n'est en général **pas efficace chez un sujet déjà infecté**

## III) Immunothérapie

- Par injection de Gammaglobulines spécifiques (Immunsérum contenant des IgG neutralisants issus de sérum de sujet convalescent d'une infection virale)
- En début d'infection chez des sujets à risques non immunisé
- Couverture immunitaire = 100%
- Relayé par la vaccination
- Application : Hépatites A, B, Varicelle, Rage, Ebola (pas de vaccin pour Ebola)

## IV) Vaccins antiviraux

VACCINS	VOIE	PROPRIETE	EXEMPLES
Vivants atténué	PO/SC	Naturelle Réversion CI: grossesse	ROR, VZV
Tués dénaturé	SC	Partiel, 2-3 inj Avirulent Production?	Polio, Grippe, Rage
Synthétiques			
VLP	SC	Partiel, 2-3 inj Avirulent	HPV, HBV, Rota
Ag	SC	Grde production	HBV, Grippe, essai VIH
ADN	SC	Réduction coût	HBV, essai VIH

Il y a différents types de vaccins :

- **Vaccins vivants atténués (PO/SC)** : le virus se reproduit. Une seule injection suffit car elle induit une protection durable. **immunité comparable à celle naturelle**. Jamais chez les femmes enceintes (**risque de réversion** et que les souches retrouvent leur virulence et redeviennent pathogènes) Ils se reproduisent dans l'organisme. Je prend un virus et le met dans des conditions directes de ses conditions habituelles et je vais atténuer ses effets comme ça (*c'est ce que Pasteur a fait involontairement avec la rage : virus humain qui donne la rage mit chez le lapin sous forme atténué, puis inoculé chez un individu humain ce qui a boosté son immunité*). Le problème dans la rage, la polio, c'est qu'on atténue la virulence mais il existe des cas de réversion ou les vaccins revenaient virulents

Ex : ROR, VZV, Vaccine : un virus du bovin donnait une lésion localisée chez l'homme et induisait une réponse immunitaire contre la variole.

- **Vaccins tués dénaturés (SC)** : on tue les virus pour les rendre avirulents. On récupère les Ag du virus. Mais on doit répéter les injections (**rappels**). Pas de risque de réversion

Ex : polio, grippe, rage

- **Virus synthétiques** : se développent depuis 20aine d'années : Ac cultivés avec des Ag spécifiques, on produit seulement un morceau du virus, on utilise une zone restreinte du virus.

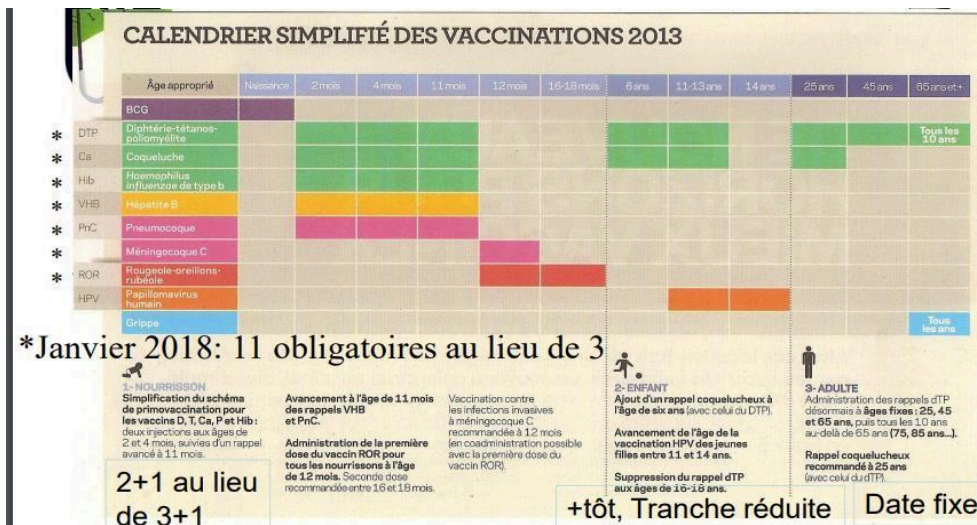
- **VLP (SC)** : *pseudo particules avec protéines de capsid, puis le colibacille produit des Ag qui nous intéressent : HPV, HBV, Rota*

- **Ag (SC)** : *avirulent, 2 ou 3 injections : HBV, grippe, essai VIH*

- **ADN (SC)** : *introduction de l'ADN dans la cellule pour qu'il produise Ag viraux afin de provoquer la réponse immunitaire : piste abandonnée → risquée et complexe à réaliser mais possible en soit (instables)*

- **ARN** : (SC ou IM) covid-19, instable +++ dans l'environnement extérieur, conditions de conservation difficiles.

**Calendrier vaccinal depuis 2012 (avec application en 2013)**



Simplification : + tôt, tranche réduite, date fixe et rappel tous les 20 ans

Février 2021 : + Covid19

Mai 2022 : + variole du singe (sujets contacts, HSH (96% des personnes contaminées), 4000 cas en Fr)

Aujourd’hui la vaccination scolaire est demandée mais il n’y a pas de moyens le permettant (médecins scolaires ?) pour le papillomavirus notamment, le prof voudrait qu’on se vaccine dans l’enfance, mais personne ne sait pourquoi on ne le fait pas. Il pense que ce serait beaucoup plus simple si on l’associait à d’autres vaccins de l’enfance. Si on vaccine tout le monde on vise l’éradication, et le virus disparaît, on pourrait y arriver avec le papilloma en vaccinant tout le monde. Pour le covid, c’est différent, il y a des mutants qui échapperont à la vaccination. Les stratégies de vaccination permettent de viser le contrôle de la maladie, ou la disparition du virus.

**V) Vaccination – Résultats**

Ils sont très dépendants de comment on les utilise, des stratégies de vaccination.

Améliorations (plan vaccin 2012-2018)

- Calendrier vaccinal simplifié, dates fixes
- Suivi électronique dans le DMP (dossier médical personnel)
- Accès à d'autres professionnels (pharmacien, infirmier)
- Extension des vaccins obligatoires pour les enfants nés après le 1er janvier 2018, 11 vaccins obligatoires au lieu de 3.

→ **Objectif : 95% de couverture**

Couverture vaccinale : 98% chez le nourrisson

- 90% chez l'enfant mais 60% à 2 doses (rougeole) recrudescence dans les années 2015 car diminution de la vaccination dans les années 2010
- 20% HPV (adolescent)
- 30% HBV (adulte)

N.B : La variole a été éradiquée grâce aux vaccins

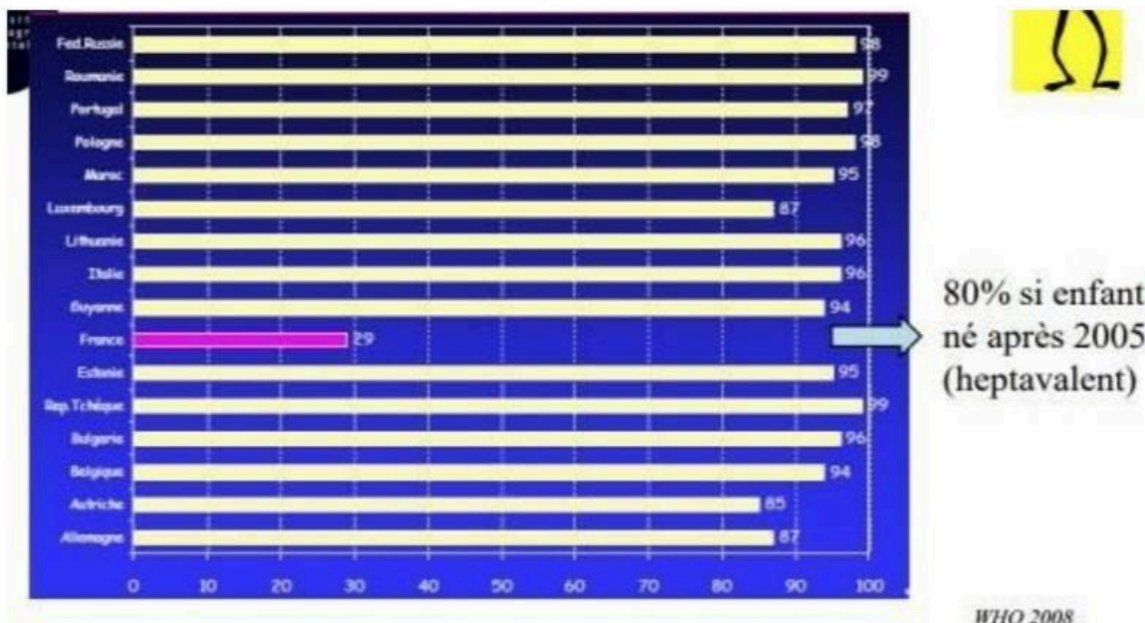
**Conséquences si vaccination insuffisante < 80 % :**

- Persistance de l'hépatite B (risque cancer accru x3) ; maintien du risque de cancer à papillomavirus
- Epidémie de rougeole (22 000 cas entre 2008 et 2011, 26 encéphalites et 10 décès)
- Résurgence de polio, rubéole congénitale, ...

Hépatite B : vaccination en 2008

Vaccin VHB en France : “La France est la dernière de la classe en Europe.” (OMS) le problème de la vaccination vient d’avant le covid et ses campagnes anti-vacc : théorie de la sclérose en plaque engendrée par la vaccination en France : Raisonnements non scientifiques alors que les données scientifiques montrent qu’il n’y a pas plus de risques.

On peut espérer que l’hépatite B disparaisse en France avec la vaccination, alors que dans les années 2000 on a multiplié par 3 le nombre de cas.



## VI) Vaccination – Stratégies

### Vaccination systématique ou ciblée – Facteurs de succès ?

- Maintenir de façon **systématique** la pression vaccinale afin d'éradiquer cette infection (couverture vaccinale de la population > 80%)
- Eliminer le réservoir infectieux (problème si réservoir animal ; cas de la rage éradiquée par vaccination de la faune sauvage)
- Attention aux résurgences d'infection en cas d'arrêt de la vaccination ou sélection de souches résistantes en cas de vaccination partielle (<60%)

## VII) Vaccination – Difficultés

### Vaccination systématique ou ciblée – Problèmes

- Risque de complication infectieuse avec des souches atténuées (polio oral, rubéole, varicelle)
- Instabilité du vaccin (conservation des vaccins dans les pays chauds ?)
- Prix de revient (traiter toute la population, notamment dans les pays en voie de développement)
- Difficulté d'induire une réponse immune (chez les immunodéprimés, les sujets âgés)
- Réactions secondaires (rash = RI, auto-immune) mais montre l'efficacité de la vaccination
- Mise au point difficile du vaccin (pas de virus ou d'antigènes viraux, présence de virus mutant : Hépatite C, VIH, Grippe, Rotavirus)

Les difficultés : il y a des conditions de vaccination parfois compliquées, le coût est aussi à prendre en compte, le vaccin contre le papillomavirus est très cher et inaccessible à certains pays, il faut trouver des alternatives car c'est en vaccinant qu'on arrivera à éradiquer les virus. Éradication papilloma visé dans les années 70 : il y a des contraintes même si on connaît la conduite à suivre.

## **Conclusion :**

Pour lutter efficacement contre les virus, il est essentiel de combiner des approches préventives et thérapeutiques. Les vaccins, en stimulant une réponse immunitaire avant l'infection, jouent un rôle crucial dans la prévention des maladies virales. Ils permettent non seulement de protéger les individus, mais aussi d'atteindre une immunité collective, réduisant ainsi la circulation des virus au sein de la population.

D'un autre côté, les antiviraux interviennent après l'infection en inhibant la réplication virale, ce qui est vital pour le traitement des infections actives.

Enfin, il est impératif de maintenir une couverture vaccinale élevée pour prévenir la résurgence de maladies virales et de combiner les traitements antiviraux de manière réfléchie pour éviter l'émergence de souches résistantes. En intégrant ces deux stratégies, nous pouvons espérer un meilleur contrôle des infections virales et protéger la santé publique de manière durable.

## **Synthèses des points à retenir :**

### **A retenir :**

- Cible des antiviraux
- Caractéristiques de antiviraux (virostatique, attention aux résistances/combinaison, observance...)
- Classe des antiviraux
- Vaccin et immunité : individuel (protection) ou population (éradication virale possible à partir de 80% et conséquences si <80%)
- Immunothérapie (protection immédiate mais non durable, à combiner avec la vaccination)

## **QCM :**

**Quel est un des principaux défis liés à l'utilisation des antiviraux ?**

- **A) Ils ne provoquent jamais d'effets secondaires.**
- **B) Ils sont inefficaces contre tous les virus.**
- **C) Ils peuvent entraîner une résistance virale si mal utilisés.**
- **D) Ils ne ciblent que les virus latents.**

**Réponses : C**

**Pour atteindre une immunité collective par la vaccination, quel pourcentage de couverture vaccinale est généralement recommandé ?**

- A) 40%
- B) 60%
- C) 80%
- D) 95%

**Réponse : C**