

Virus

Virus

Animaux

Plantes

Insectes

Parasites

Bactéries

Bactériophage

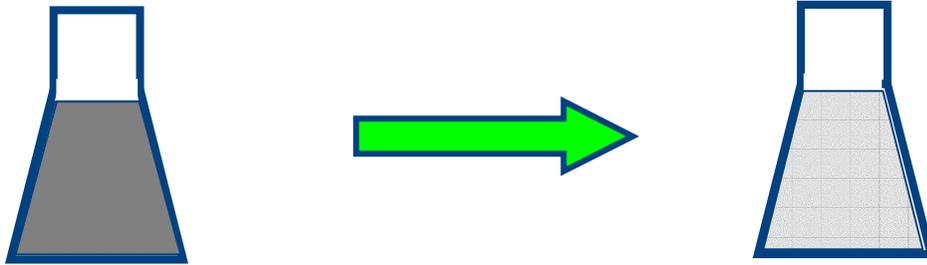
Bactériophage

Les bactériophages ==> découverte

en 1915 par Frederick Twort

indépendamment

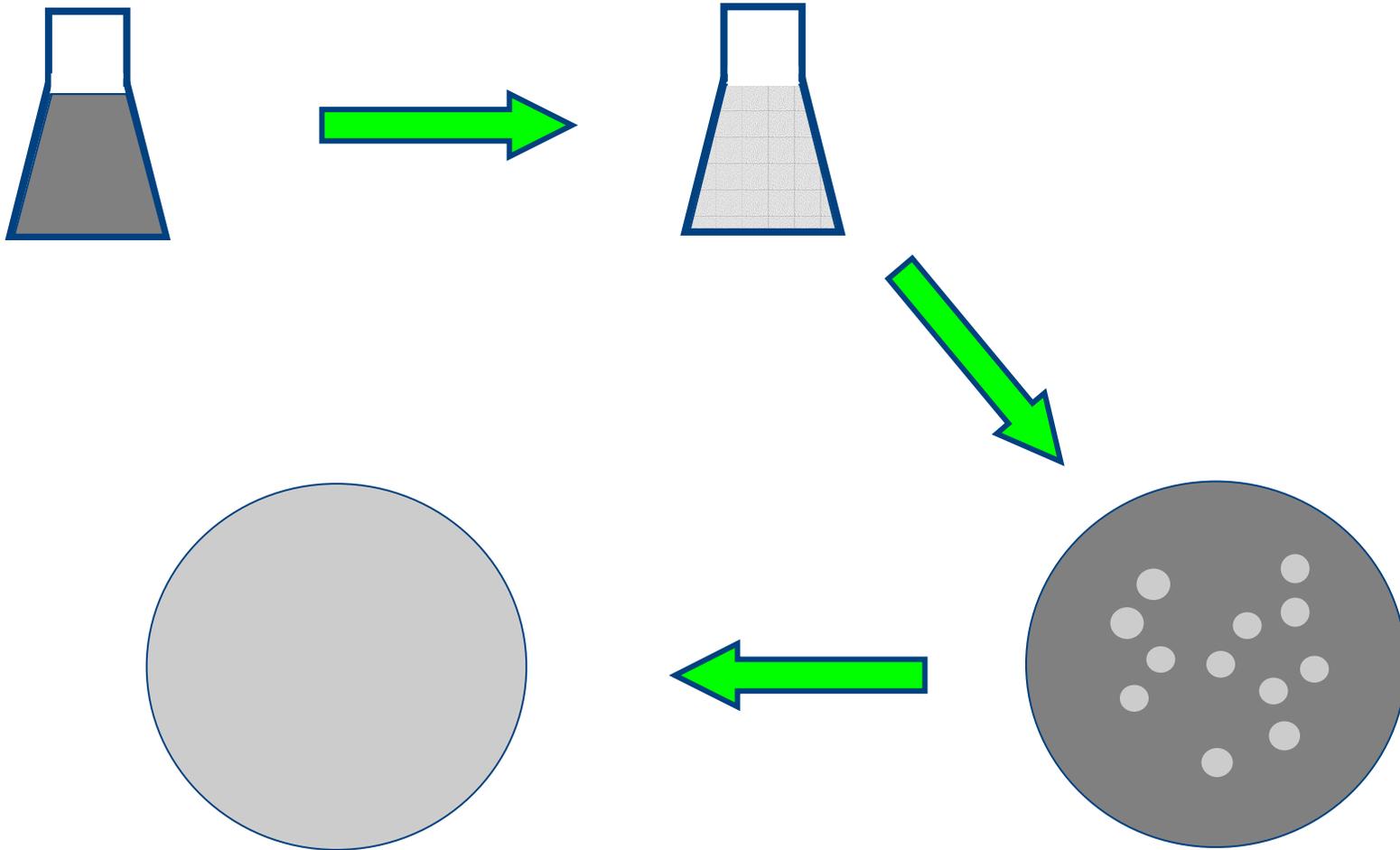
en 1917 par Félix D'Herelle



Félix D'Herelle :

Bactériophage ==> car lyse les bactéries

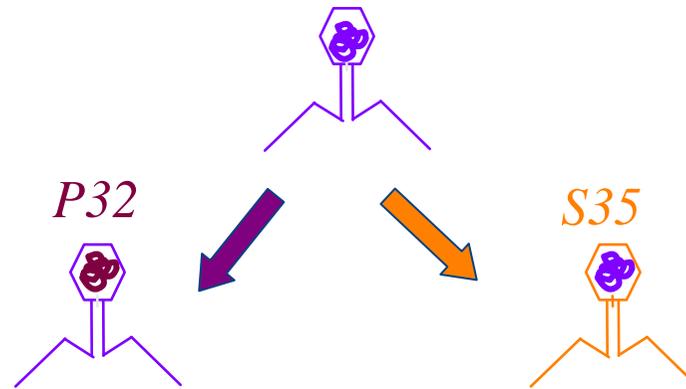
Bactériophage



Bactériophage

1952, Hershey et Chase → Seul le génome T2 entre dans la bactérie

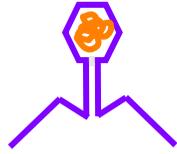
Marquage



Radioactive

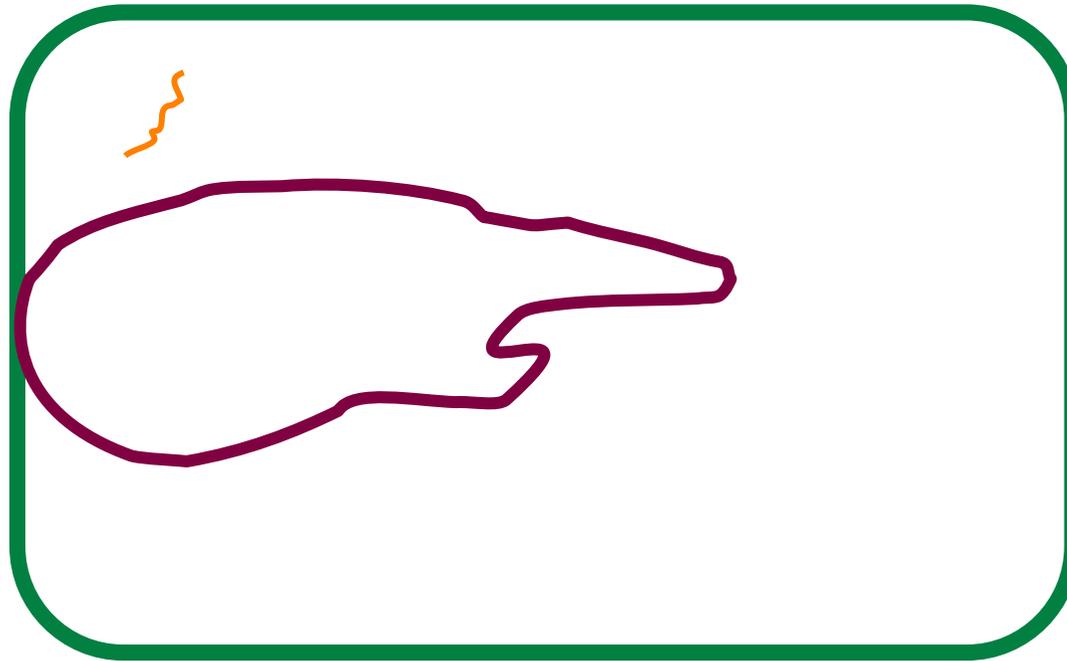


Non Radioactive



Bactériophage

Adsorption

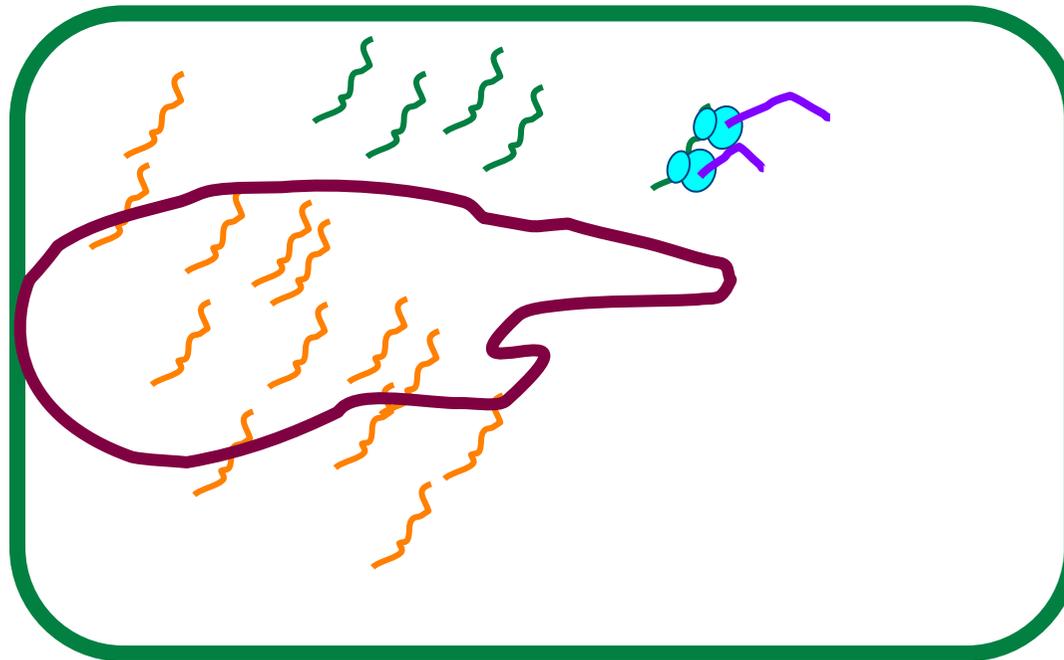


Latence

=> Blocage de la transcription bactérienne

Bactériophage

Transcription et réplication du génome viral

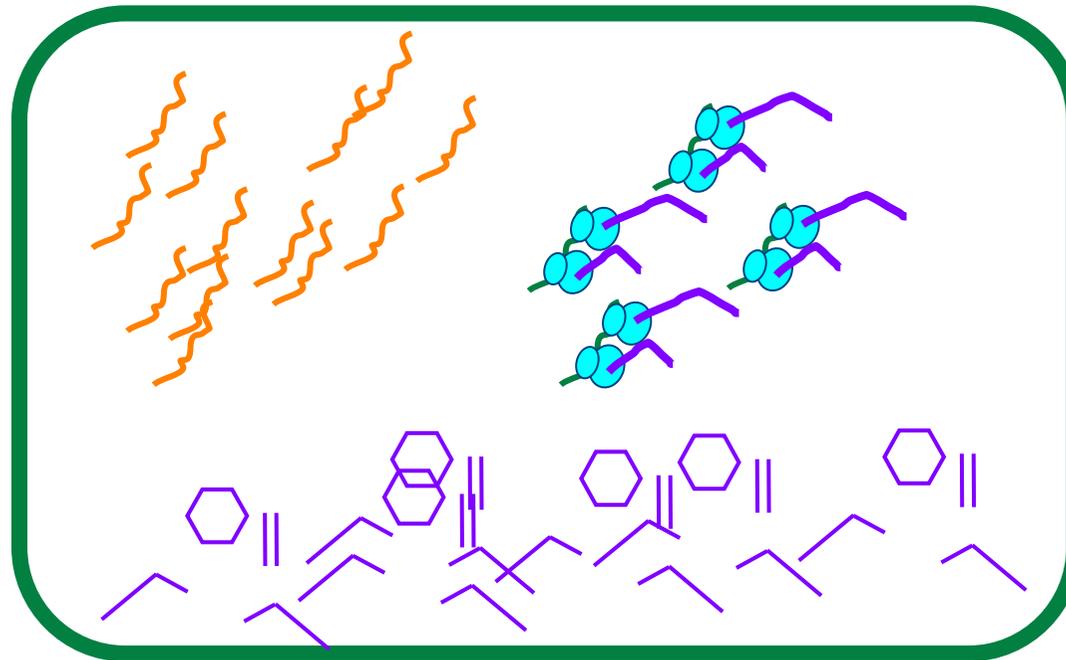


Synthèse protéines virales

=> Lyse du génome bactérien

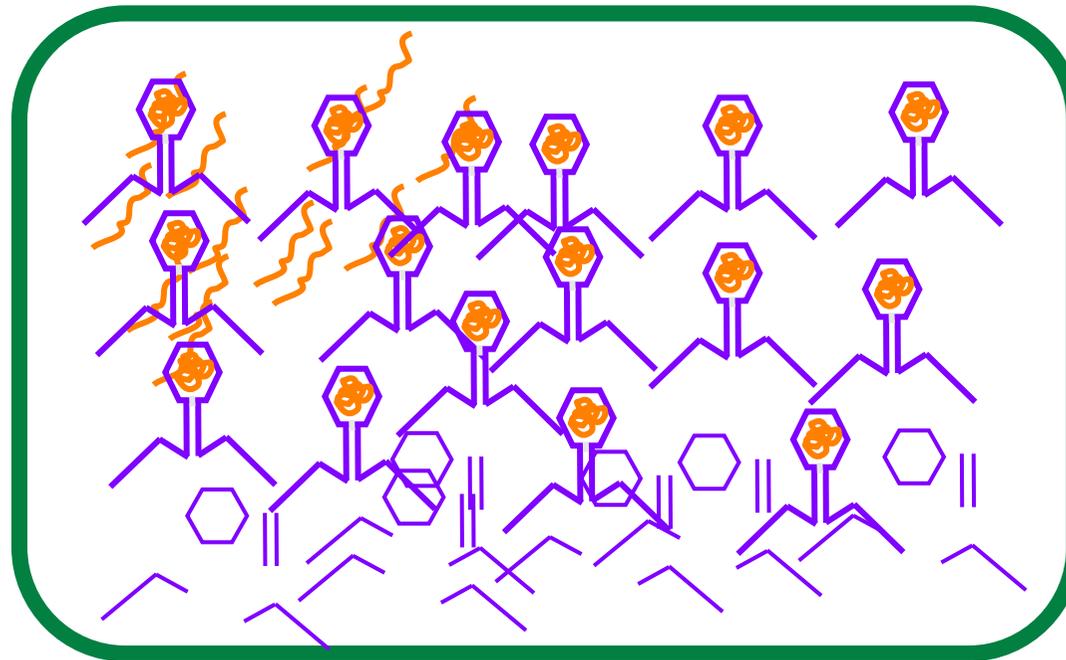
Bactériophage

Synthèse et assemblage des protéines virales



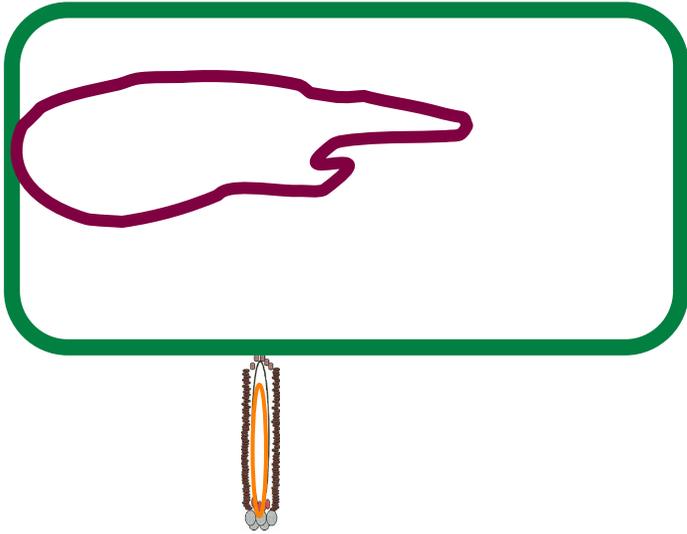
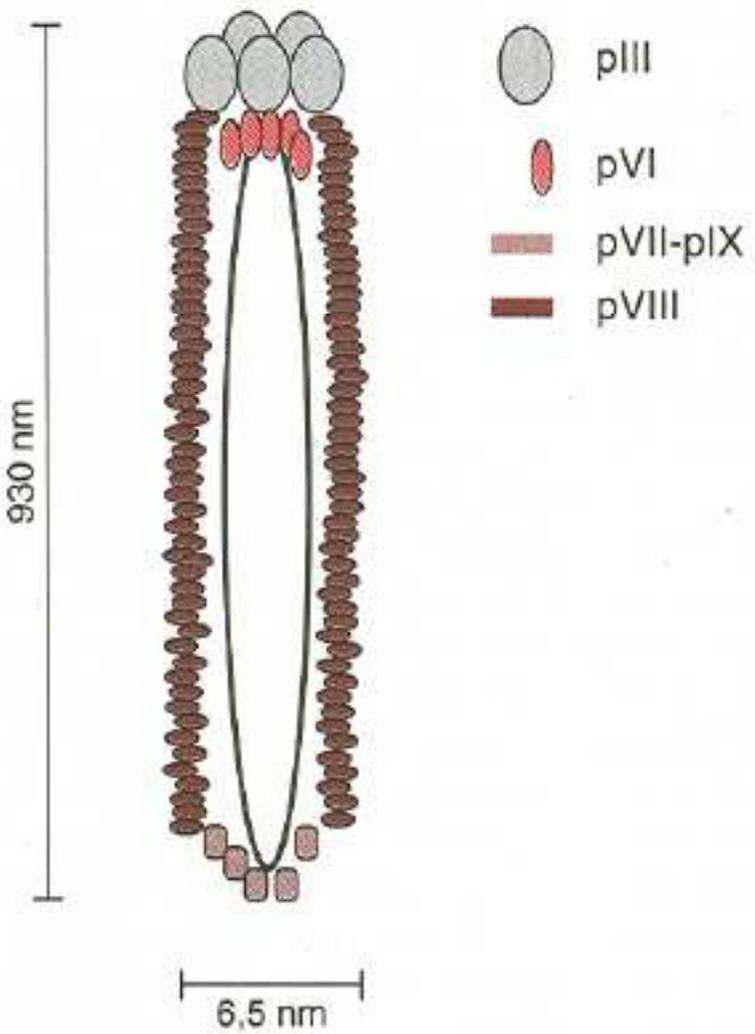
Bactériophage

Assemblage des virions

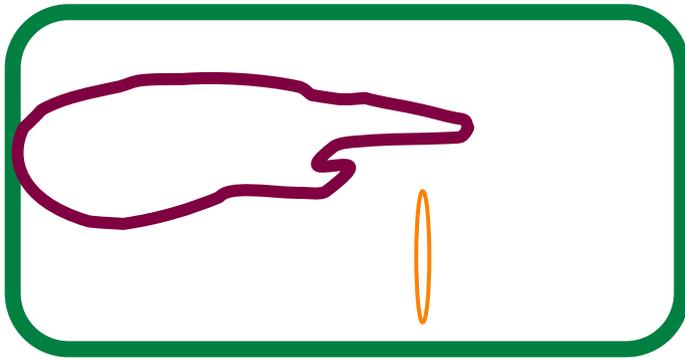
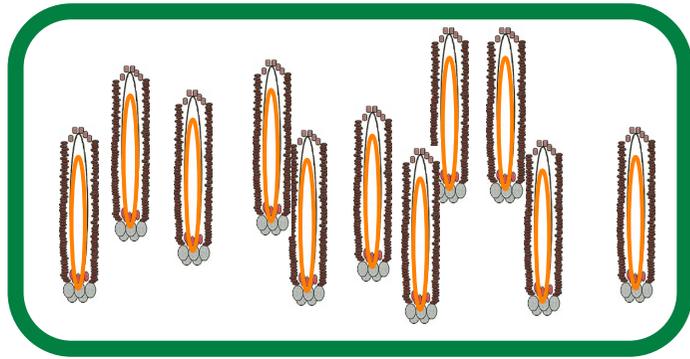


Lyse de la bactérie

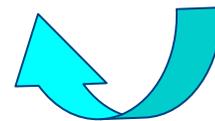
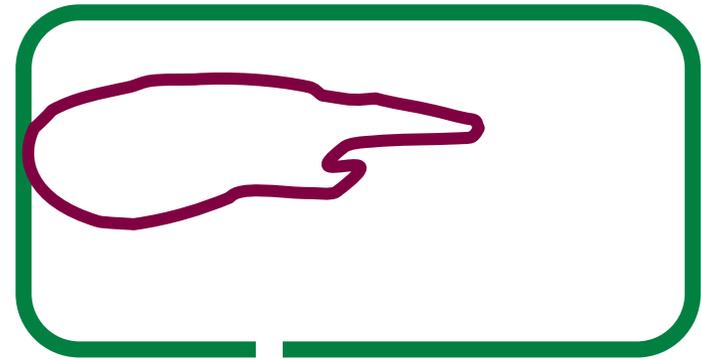
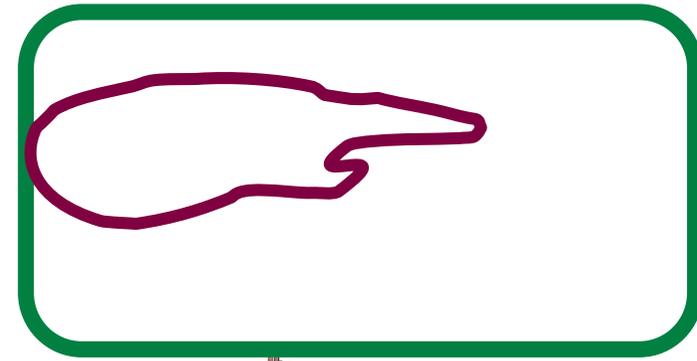
Bactériophage filamenteux



Bactériophage filamenteux



Entrée du génome viral

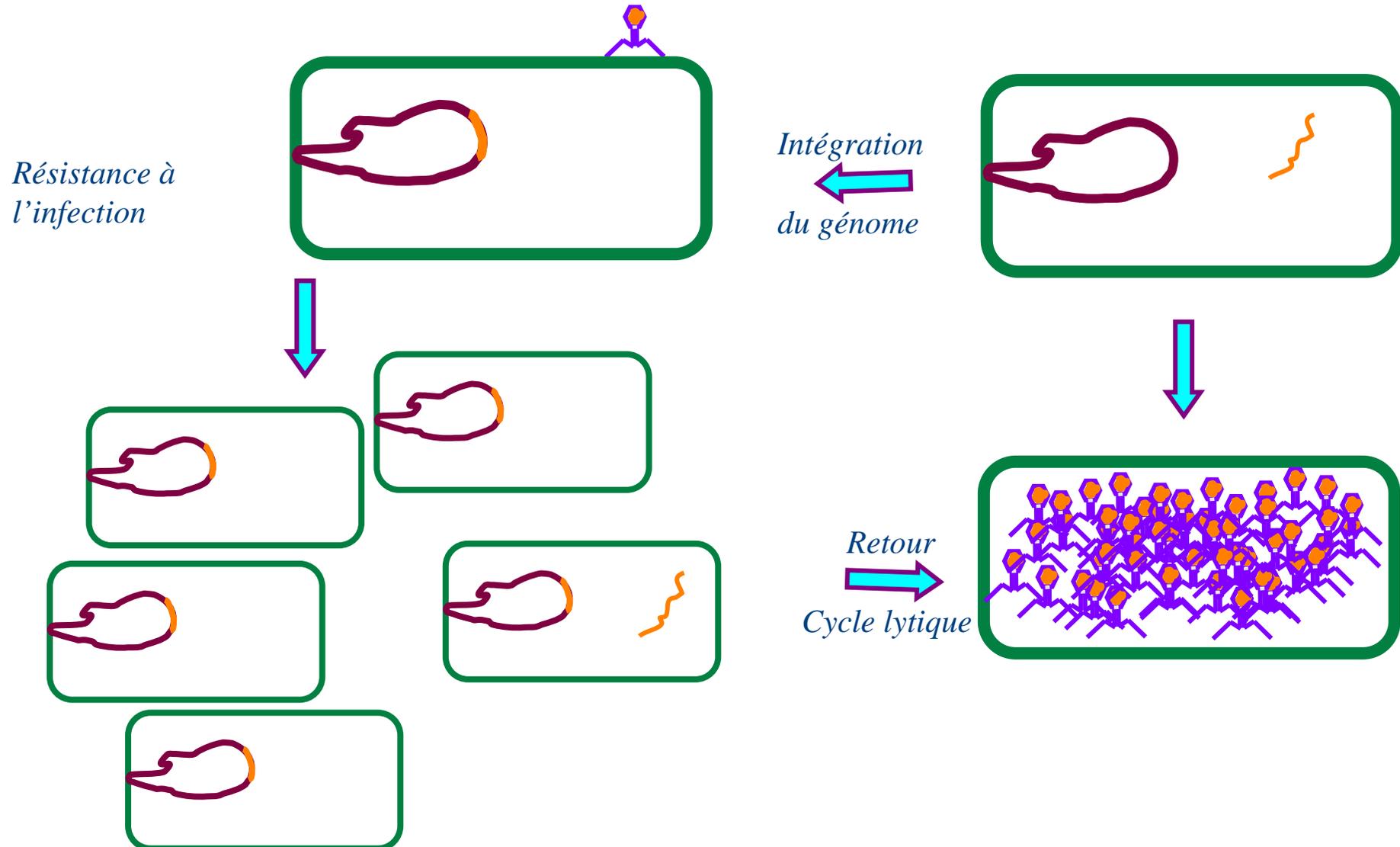


Digestion de la paroi bactérienne

Bactériophage lysogénie



Phage lambda



Virus et Plantes

QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (non compressé)
sont requis pour visionner cette image.

Virus et Plantes

Virus à ARN monocaténaire linéaire	92%
ARN- <i>Rhabdovirus Bunyavirus</i>	
ARN+ <i>Bromovirus Closteroviridae,</i> <i>Comoviridae, Luteoviridae,</i> <i>potyviridae, Sequiviridae, Tombusviridae</i>	
Virus à ARN bicaténaire linéaire	4%
<i>Réoviridae, partitiviridae</i>	
Virus à ADN bicaténaire circulaire	2%
<i>Géminiviridae</i>	
Virus à ADN bicaténaire circulaire	2%
<i>Caulimoviridae</i>	

Virus et Plantes

ss RNA positif, Monopartite, non-enveloped -

Potyvirus - Potato virus Y x300,000

Potexvirus - Potato virus X x300,000

Closterovirus - Beet yellows virus x150,000

Carlavirus - Red clover vein mosaic virus x150,000

Tobamovirus - Tobacco mosaic virus x300,000

Carmovirus - Carnation mottle virus x300,000

Polerovirus - Beet western yellows virus x300,000

Waikavirus - Maize chlorotic dwarf virus x280,000

Necrovirus - Tobacco necrosis virus x300,000

Sequivirus - Parsnip yellow fleck virus x300,000

Sobemovirus - Cocksfoot mottle virus x300,000

Tombusvirus - Tomato bushy stunt virus x300,000

Tymovirus - Turnip yellow mosaic virus x300,000



Virus et Plantes

ss RNA positif, Bipartite, non-enveloped -

Bymovirus - Barley yellow mosaic virus x150,000

Furovirus - Oat golden stripe virus x300,000

Tobravirus - Tobacco rattle virus x300,000

Dianthovirus - Red clover necrotic mosaic virus x280,000

Comovirus - Cowpea mosaic virus x300,000

Nepovirus - Arabis mosaic virus x300,000

Fabavirus - Broad bean wilt virus x280,000

Virus et Plantes

ss RNA positif, Tripartite, non-enveloped -

Hordeivirus - Barley stripe virus x300,000

Cucumovirus - Cucumber mosaic virus x300,000

Bromovirus - Brome mosaic virus x300,000

Ilarvirus - Prunus necrotic ringspot virus x300,000

Alfamovirus - Alfalfa mosaic virus x300,000

Virus et Plantes

ss RNA positif, Tetrapartite, Pentapartite, non-enveloped -
Tenuivirus - *Maize stripe virus* x280,000 (5 ARN)

ds RNA,, non-enveloped -
Partitiviridae

<i>Partivirus</i>	<i>Atkinsonella hypoxylon virus</i>
<i>Alphacryptovirus</i>	<i>White clover cryptic virus 1,</i> <i>Beet cryptic virus x300,000</i>
<i>Betacryptovirus</i>	<i>White clover cryptic virus 2</i>

ss RNA négatif, monocathénaire, enveloped -

Nucleorhabdovirus - *Maize mosaic virus* x150,000

==> Famille des *Rhabdoviridae*

Virus et Plantes

ds DNA, non-enveloped -
Caulimoviridae

<i>Caulimovirus</i>	<i>Cauliflower mosaic virus x300,000</i>
<i>Soymovirus</i>	<i>Soybean chlorotic mottle virus</i>
<i>Cavemovirus</i>	<i>Cassava vein mosaic virus</i>
<i>Tungrovirus</i>	<i>Rice tungro bacilliform virus</i>
<i>Badnavirus</i>	<i>Commelina yellow mottle virus</i> <i>Cocoa swollen shoot virus x150,000</i>

ss DNA, non-enveloped -

Mastrevirus - *Maize streak virus x300,000*

Virus et Plantes

Bipartite, tripartite, tétrapartite



Multipartite ≠ segmenté

Nepovirus

Bean pod mottle virus (BPMV) ==> 2 ARN ss +



RNA1

2/3 génome 5800b

Large particules



RNA2

1/3 génome 3500b

Médium particules



Small particules



Nécessité d'un coinfection par L et M Particules

Virus et Plantes

Bipartite, tripartite, tétrapartite, etc

 *Multipartite ≠ segmenté*

Tenuivirus ==> rice grassy stunt virus 6 ARN
Maize stripe virus 4 ARN

ARN simple brin ambisens



Virus et Plantes

Transmission des virus

Verticale

Horizontale

Virus et Plantes

Transmission verticale

==> **A la descendance**

Par le pollen :

Peu de cas hôte-virus :

 **l'inoculation d'une plante saine par du pollen infecté**

Virus et Plantes

Transmission verticale

==> **A la descendance**

Par le pollen :

Peu de cas hôte-virus :

 **l'inoculation d'une plante saine par du pollen infecté**

Prunus Necrotic RingSpot Virus (PNRSV)

Apple mosaic virus (ApMV)

Prune dwarf virus (PDV)

Ilarvirus => virus ARN segmenté

 **Conduit à la présence de
graines virosées sur un pied
mère sain**

Virus et Plantes

Transmission verticale

==>A la descendance

→ l'inoculation d'une plante saine par du pollen infecté

→ Conduit à la présence de graines virosées sur un pied mère sain

→ *Pathologie descendance*

Arbre issu de la graine

Virus et Plantes

Transmission verticale

==> **A la descendance**

Par la graine ==> assez rare



graine infectée

Virus et Plantes

Transmission verticale

==>A la descendance

Par la la cuticule et infection lors de la germination

 le virus de la mosaïque de la tomate

Virus et Plantes

Transmission horizontale

- **Transmission mécanique**

Outils, blessures

feuilles sur feuilles par contact.

Virus et Plantes

Transmission horizontale

<i>Homoptères</i>	<i>Espèces vectrices</i>	<i>nombre virus</i>
<i>Stenorrhyncha</i>		
<i>Pucerons</i>	200	200
<i>Aleurodes</i>	3	10
<i>Cochenilles</i>	19	4
<i>Auchenorrhyncha</i>		
<i>Cicadelles</i>	151	38
<i>Autres</i>	32	20

Virus et Plantes

Transmission horizontale

- **Les insectes piqueurs**

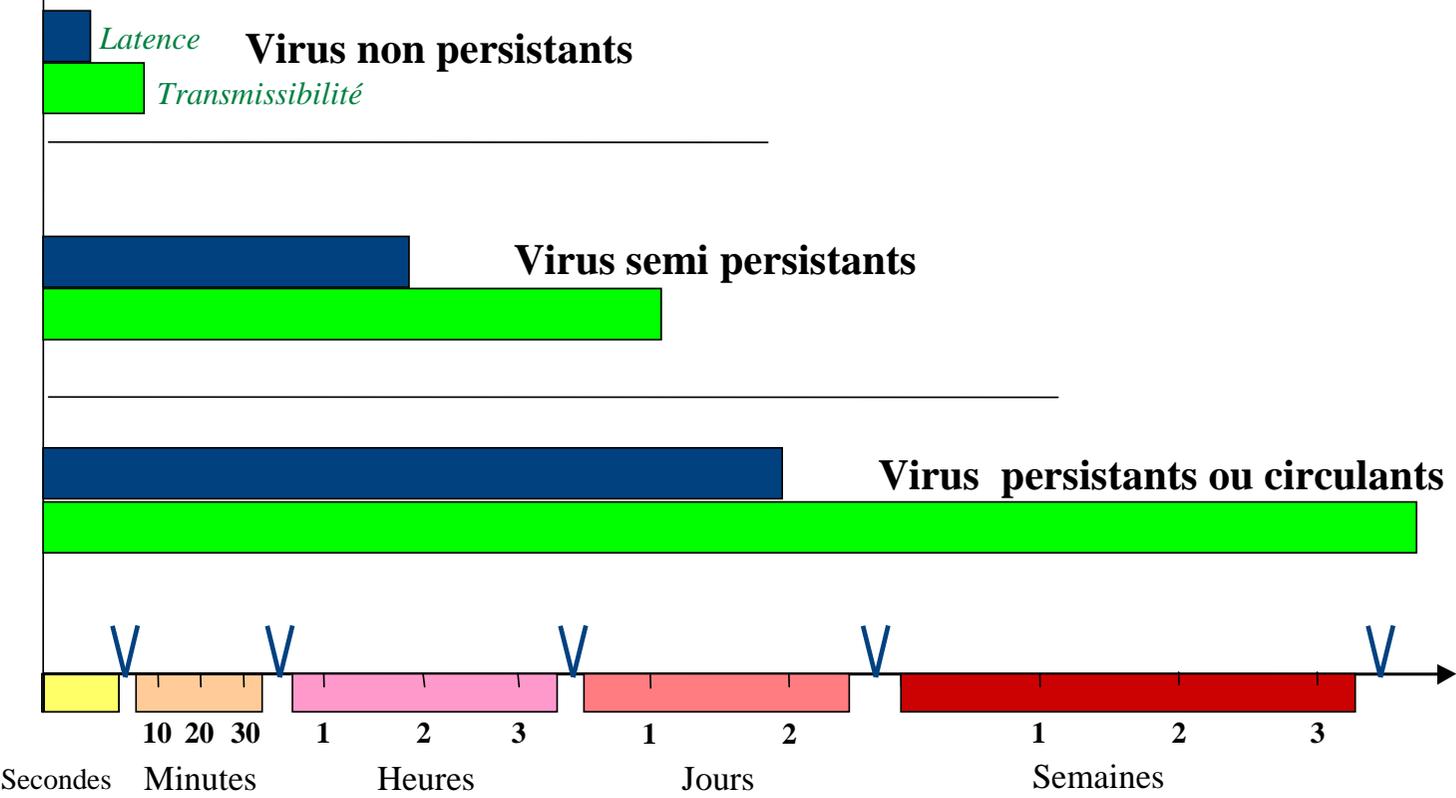
Persistence :

=>Temps de survie d'un virus dans son vecteur

Virus et Plantes

Transmission horizontale

- **Persistance**



Virus et Plantes

Transmission horizontale

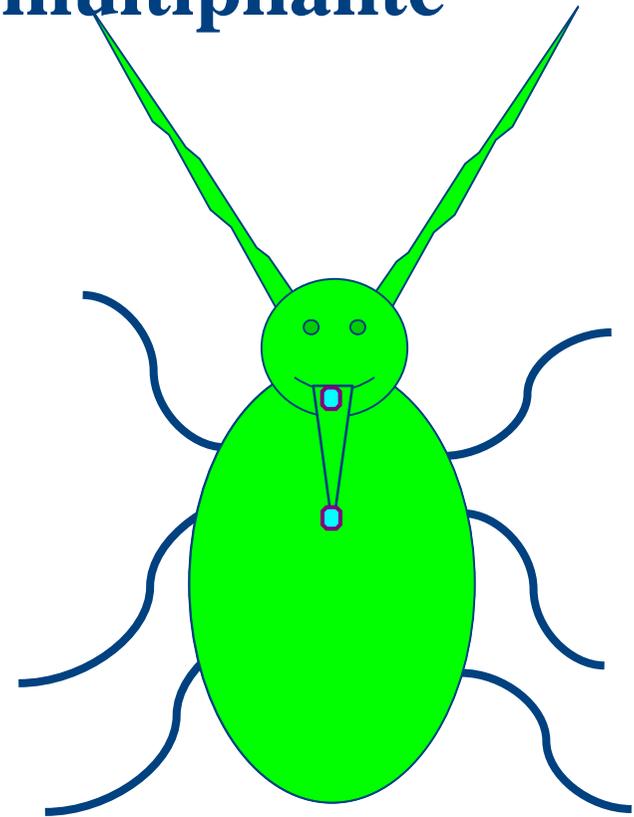
- **Transmission circulante non-multipliante**

*Virus absorbés par le vecteur
lors d'un repas*

Migration => tube digestif

*Traverse la paroi intestinale
=> Passage par l'hémolymphe
=> Glandes salivaires*

*Inoculation à la plante
avec la salive*



Virus et Plantes

Transmission horizontale

- **Transmission circulante non-multipliante**

Latence

=> *le temps de migration du virus vers les glandes salivaires*

Transmissibilité

=> *Aussitôt le retour dans les glandes salivaires*

=> *Tant qu'il reste du virus dans les glandes*

- *Uniquement chez les virus de plantes*

- ***Luteovirus***



Barley yellow dwarf virus *jaunisse de l'orge*
Pea enation mosaic virus *jaunisse du pois*

- ***Geminivirus***



Maize streak virus *Virus maïs*

- ***Begomovirus***



African Cassava Mosaic *Virus mozaique du manioc*

Virus et Plantes

Transmission horizontale

- **Transmission circulante multipliante**

Réplication du virus dans le vecteur



lettuce necrotic yellows virus (LNYV)

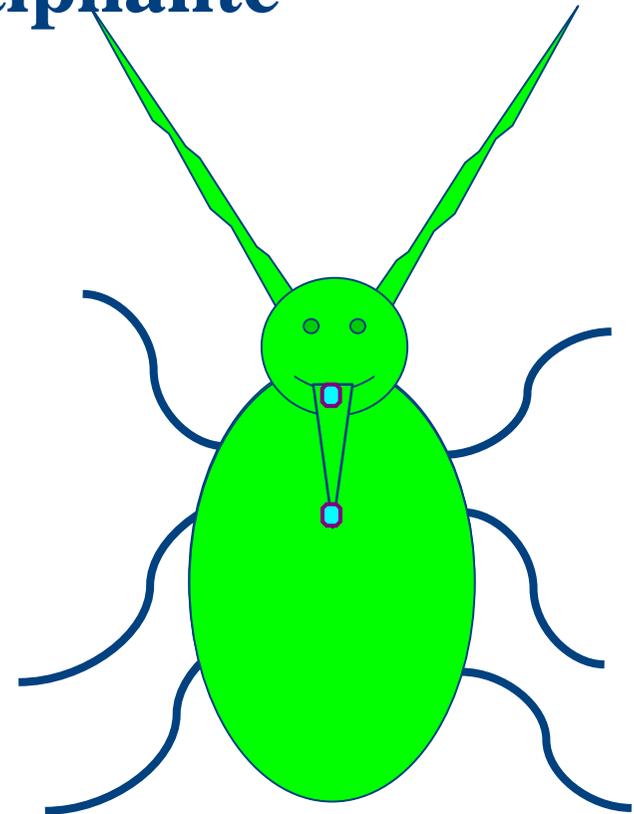


potato yellow dwarf virus (PYDV)

Maize stripe virus (MStV, Tenuivirus)

Latence *temps nécessaire pour que le virus se réplique dans le vecteur*

Transmissibilité *le temps de la vie du vecteur*



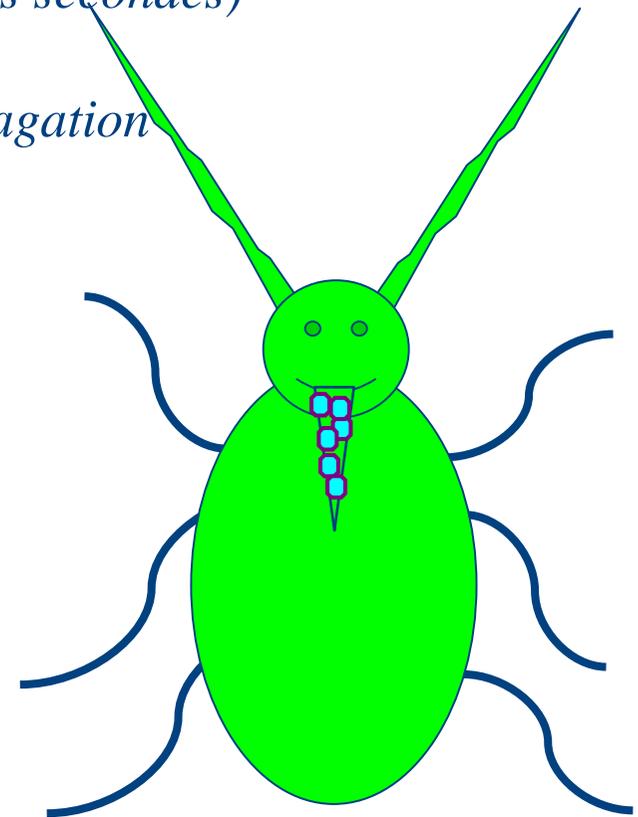
Virus et Plantes

Transmission horizontale

- **Virus non-persistant**

- ➔ *Durée de vie du virus très brève en dehors de la plante*
- ➔ *Repas d'acquisition est de très courte durée (quelques secondes)*
- ➔ *Réinoculation très rapidement => nécessaire à propagation*

*Virus se fixent au niveau
des pièces buccales
ou du stylet du vecteur*



Virus et Plantes

Transmission horizontale

- **Virus non-persistant**

Plus grande majorité des virus de plantes et tous les vecteurs

→ *aleurodes, cochenilles, cicadelles, pucerons*

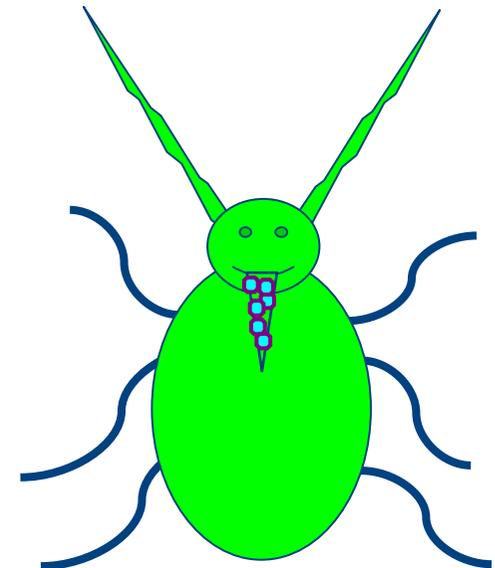
→ *sur 250 virus transmis par pucerons, 226 sont « non-circulants »*



Cucumber mosaic virus CMV

Potato virus Y PVY

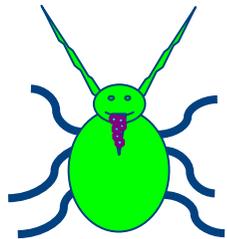
Cauliflower mosaic virus CaMV



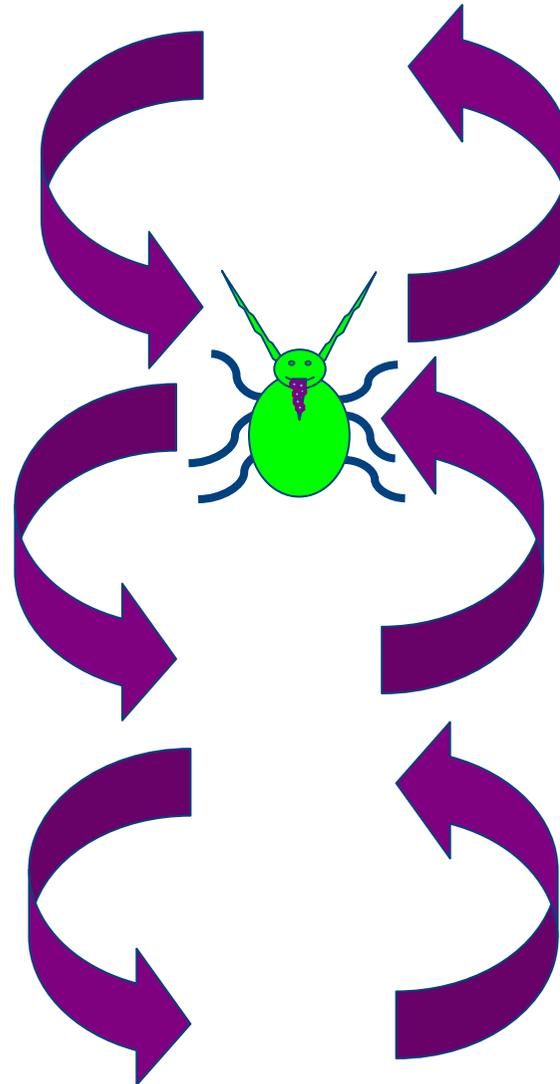
Virus et Plantes

Cucumber mosaic virus (CMV)
BROMOVIRIDAE, CUCUMOVIRUS

Réservoir



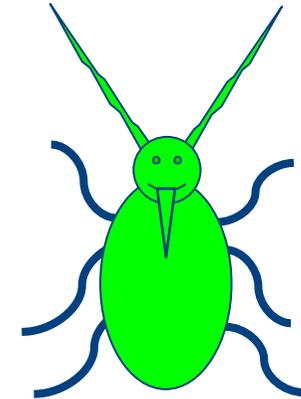
Solanum nigrum
Stellaria media



Virus et Plantes

Transmission horizontale

- **Virus semi persistant**



Durées de vie plus longue en dehors de la plante

==> quelques heures à qq jours

Le repas d'acquisition et le repas d'inoculation sont plus long

==> quelques heures



Beet yellows virus (BYV) jaunisse de la betterave



Maize chlorotic dwarf virus (MCDV) Maïs

Virus et Plantes

BNYVV : Beet Necrotic Yellow Vein Virus

=> *Virus des nervures jaunes et nécrosantes de la betterave*

Vecteur Champignon du sol => Polyxyma betae



Quand un terrain est **contaminé**, on ne peut plus se débarrasser **du virus**

Virus et Plantes

BNYVV : Beet Necrotic Yellow Vein Virus

Transmission persistante

*=> le virus est à l'intérieur des spores du champignon
et non adsorbé à l'extérieur*

Spores dans les racines

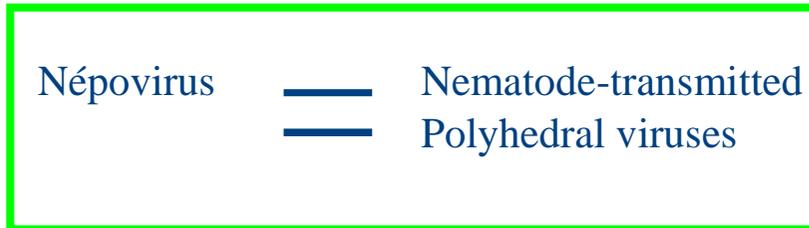
=> infection persistante

=>le virus reste toujours associé aux spores

Virus et Plantes

Transmission par nématodes

- Nématodes : vecteurs de 2 genres viraux
 - *Nepovirus* (petits virus isométrique dont les vecteurs sont des *Xiphinema* ou des *Longidoridae*)



Arabidopsis mosaic virus

- *Tobravirus* (TRV) transmis par les genres *Trichodorus* et *Paratrichodorus*.

Tobacco rattle virus

Virus et Plantes

- Nématodes : vecteurs de 2 genres viraux

- *Nepovirus*

tomato ringspot virus strains *le virus des tâches annulaires de la tomate*
peach rosette mosaic virus
peach yellow bud mosaic virus
cherry rasp leaf virus *le virus de l'enroulement de la cerise*
grapevine yellowvein virus *le virus de l'enroulement de la vigne*
...

11 espèces de Xiphinema transmettent

13 Népovirus

*virus de la tâche annulaire du framboisier
le virus de l'anneau noir de la tomate.*

11 espèces de Longidoridae ==>

10 Népovirus

- *Tobravirus* (TRV) transmis par les genres *Trichodorus*

14 espèces de Trichodorus ==>

2 Tobravirus

tobacco rattleVirus

pea early browning Virus

Virus et Plantes

Transmission par nématodes

Non répliquative semi-persistance

Fixation sur la cuticule des nématodes

=> Direct ou protéine virale de liaison

Longidorus - surface odontostyle

*Xiphinema - surface odontophore et région
oesophage*

Trichodorus - surface onchiostyle et oesophage.

Virus jamais dans les œufs, pas de répliquation...

Virus et Plantes

Transmission par nématodes

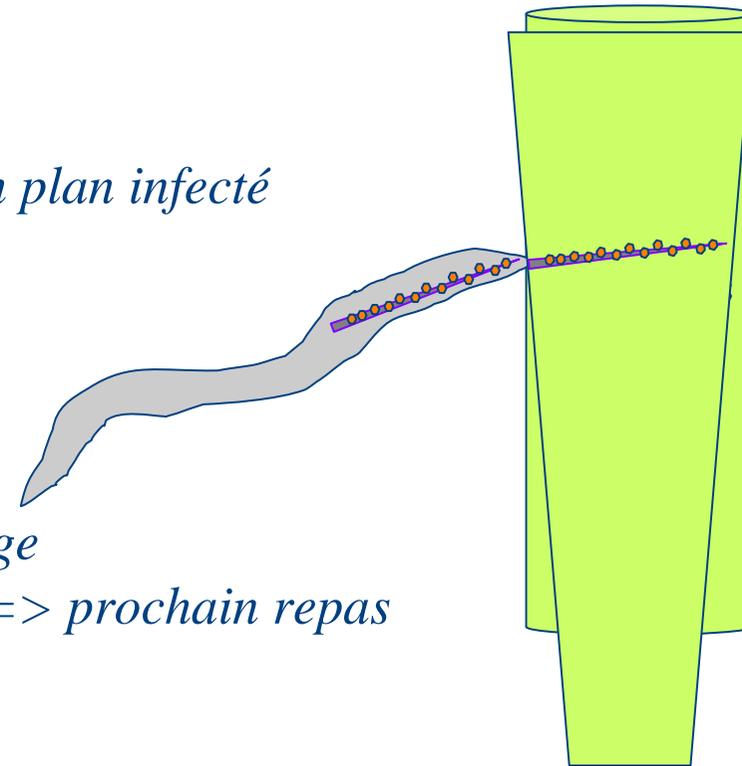
Non répliquative semi-persistance

Lors d'un « repas » du nématode sur un plan infecté

*Acquisition ==> moins d'une heure
à plusieurs jours*

Rétention ==> 1 an possible oesophage

==> prochain repas



Injection => repas suivant

=> Décrochage du virus de la cuticule

=> sécrétion oesophagienne nématode

Virus et Plantes

• Grapevine Fanleaf Virus GFLV = *Court-noué de la Vigne*

Virus et Plantes

.Grapevine Fanleaf Virus

GFLV

Familles => Hôtes sensibles Amaranthaceae (2/2)• Chenopodiaceae (10/10)• Cucurbitaceae (2/2)• Leguminosae-Papilionoideae (4/4)• Solanaceae (9/9)• Vitidaceae (4/4)

Espèces sensibles

- Amarante : Amaranthus caudatus
- Amarantine : Gomphrena globosa
- Betterave rouge, carottes : Beta vulgaris
- Chénopodes : Chenopodium album• Chenopodium amaranticolor• Chenopodium ambrosioides• Chenopodium capitatum• Chenopodium foetidum• Chenopodium foliosum• Chenopodium hybridum• Chenopodium murale• Chenopodium quinoa
- Concombres : Cucumis sativus• Cucurbita maxima• Glycine max
- Tabacs : Nicotiana benthamiana• Nicotiana bigelovii• Nicotiana clevelandii• Nicotiana debneyi• Nicotiana glutinosa• Nicotiana megalosiphon• Nicotiana rustica• Nicotiana tabacum
- Pétunias : Petunia xhybrida
- Haricots : Phaseolus vulgaris
- Fèves : Vicia faba
- Vignes : Vigna unguiculata• Vitis• Vitis labrusca• Vitis rupestris• Vitis vinifera

Espèces résistantes • Nicotiana clevelandii• Nicotiana glutinosa• Poncirus trifoliata• Prunus americana × P. salicina• Prunus armeniaca• Prunus cerasifera• Prunus domestica• Prunus mahaleb• Prunus persica• Prunus serrulata• Rubus idaeus• Rubus occidentalis

Virus et Plantes

Transmission non persistante
par plusieurs espèces de pucerons

Cucumber Mosaic Virus

plusieurs souches de CMV

==> infecter plus de 775 différentes
espèces de plantes dans 85

familles

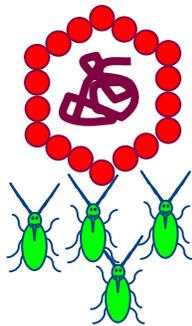
Melons, concombres, haricots, poivron, tomate,
laitue, tabac, betterave à sucre, épinard...

Virus et Plantes

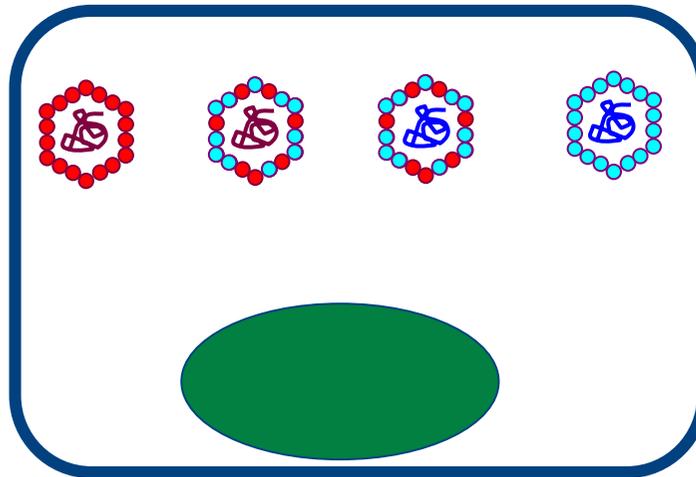
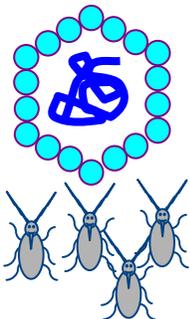
Trans-encapsulation

Plante infectée par 2 virus proches transmis par des vecteurs \neq

Virus A



Virus B

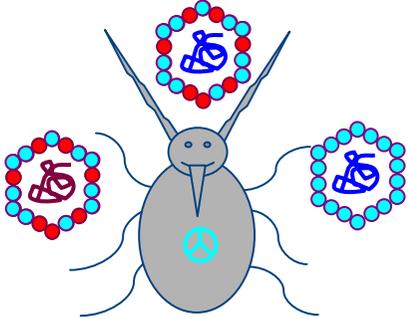
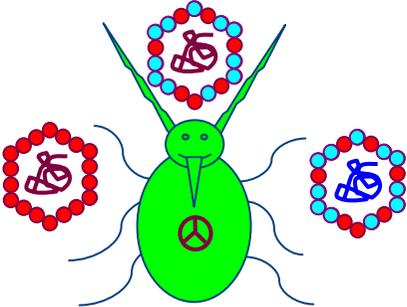
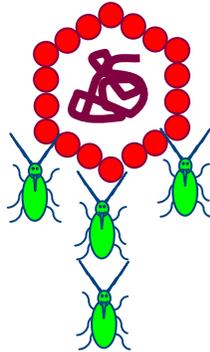


Virus et Plantes

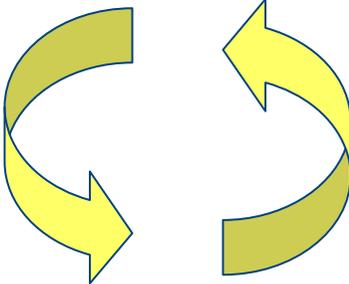
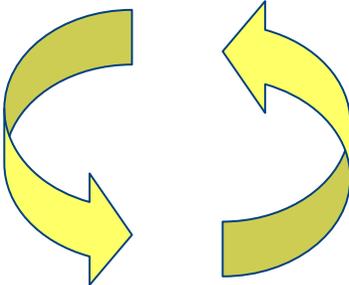
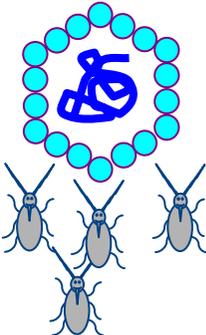
Trans-encapsidation

Plante infectée par 2 virus proches transmis par des vecteurs ≠

Virus A



Virus B



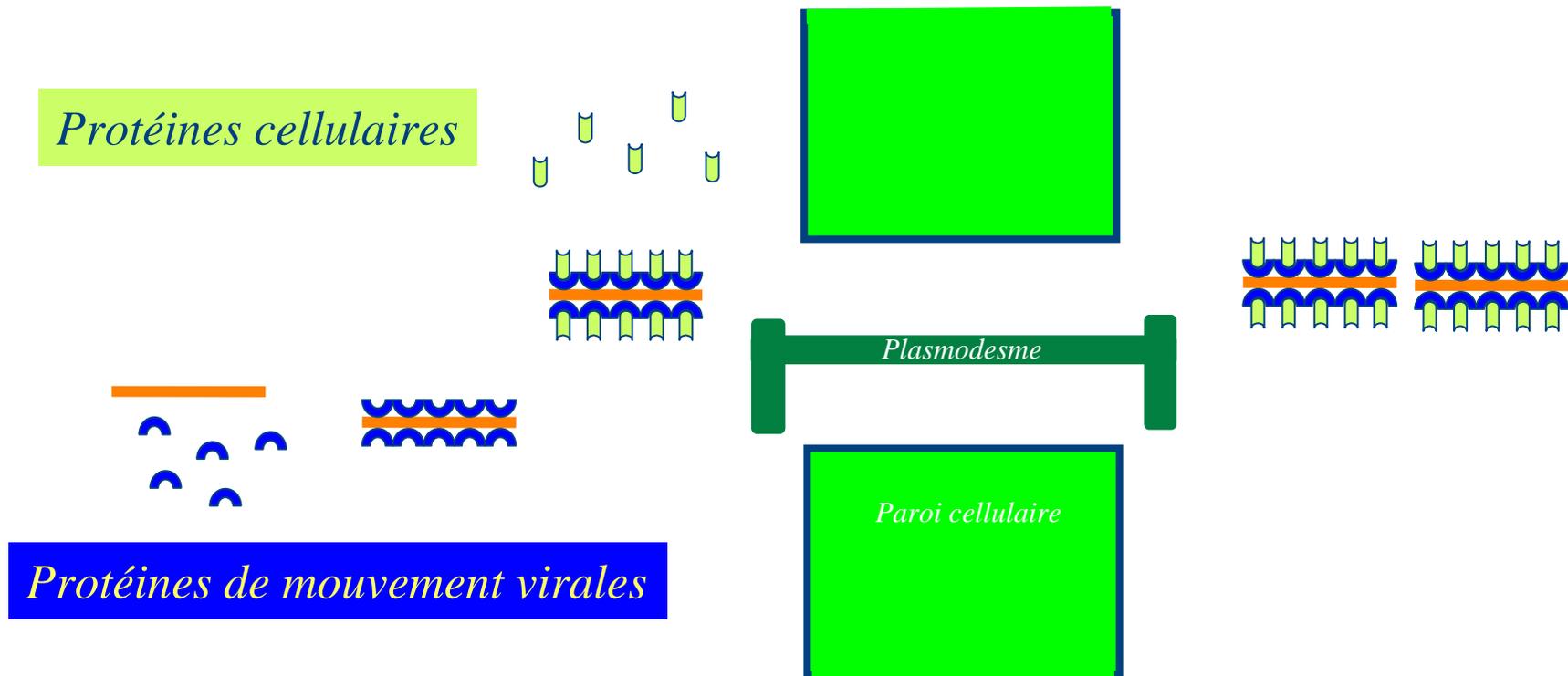
Transmission comme Virus Bipartite/ Pluripartite

Virus et Plantes

Mouvement du virus dans la plante

TMV : Tobacco mosaic virus

=> *mouvement de l'ARN*

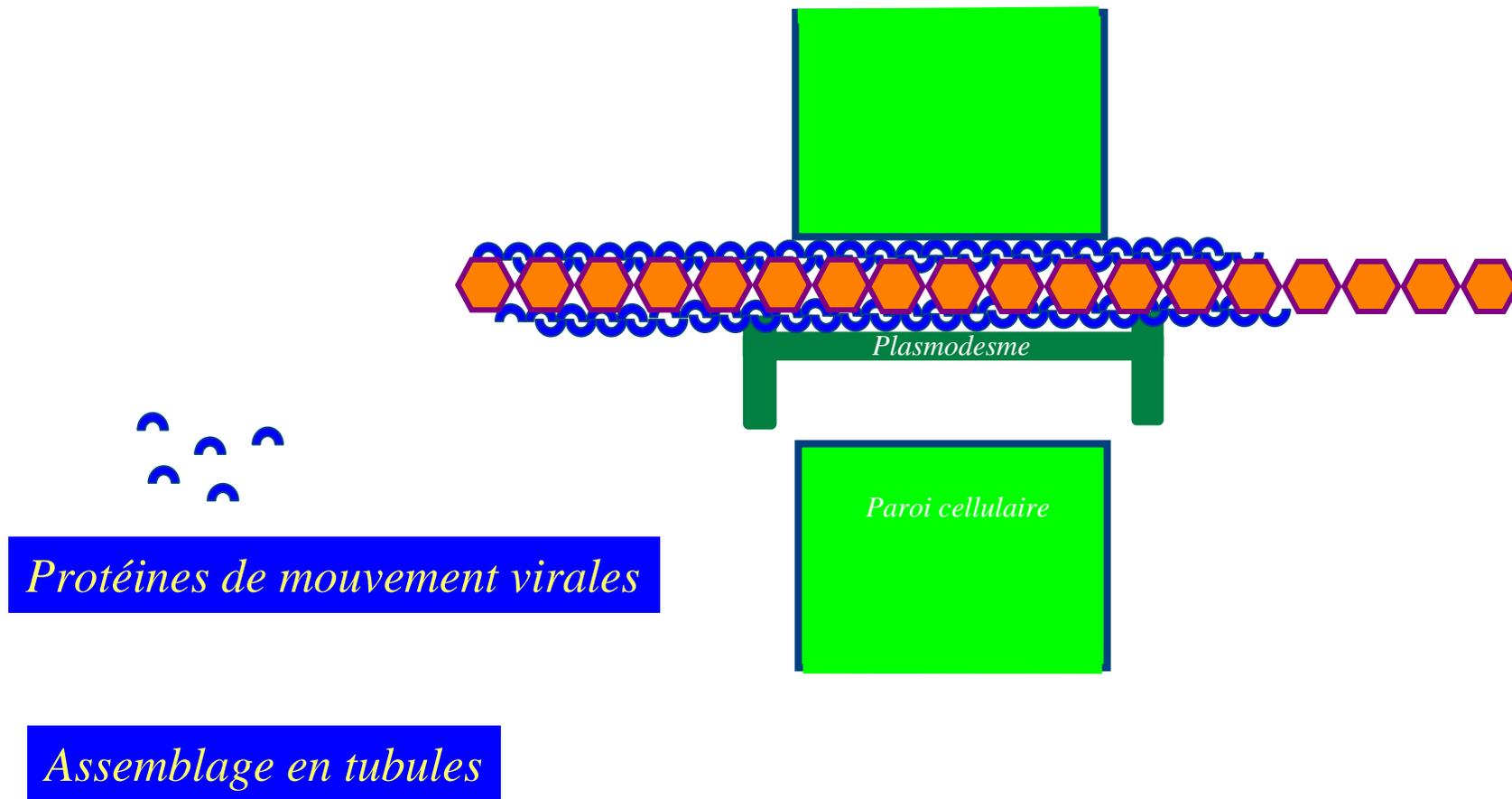


Virus et Plantes

Mouvement du virus dans la plante

CPMV : Cowpea mosaic virus

=> *mouvement de l'ARN*



Virus et Plantes

Pepper mild mottle virus : PPMV

Transmission par les graines et mécanique ensuite

Quel est le vecteur principal en Asie?

Virus et Plantes

PMMV	7,966	79.97%	5,911	75.71%	7,961	99.38%	21,838	84.71
Tobacco mosaic virus	91	0.91%	100	1.28%	36	0.45%	227	0.88
Picobirnavirus	27	0.27%	701	8.98%	5	0.06%	733	2.84
Tomato mosaic virus	12	0.12%	10	0.13%	1	0.01%	23	0.09
Oat blue dwarf virus	1,358	13.63%					1,358	5.27
Grapevine asteroid mosaic-associated virus	302	3.03%					302	1.17
Maize rayado fino virus	91	0.91%					91	0.35
Grapevine red globe virus	16	0.16%					16	0.06
Physalis mottle tymovirus	11	0.11%					11	0.04
Poinsettia mosaic virus	11	0.11%					11	0.04
Grapevine rupestris vein feathering virus	10	0.10%					10	0.04
Prunus necrotic ringspot	9	0.09%					9	0.03
Nigerian tobacco latent virus	7	0.07%					7	0.03
Eggplant mosaic virus	5	0.05%					5	0.02
Grapevine fleck virus	5	0.05%					5	0.02
Ononis yellow mosaic virus	3	0.03%					3	0.01
Obuda pepper virus	2	0.02%					2	0.01
Chayote mosaic tymovirus	1	0.01%					1	0.00
Haemophilus influenzae phage HP2	1	0.01%					1	0.00
Kennedya yellow mosaic virus	1	0.01%					1	0.00
Lycopersicon esculentum TVM viroid	1	0.01%					1	0.00
Ribgrass mosaic virus	1	0.01%					1	0.00
Turnip vein-clearing virus	1	0.01%					1	0.00
Tobacco mild green mosaic virus	15	0.15%	9	0.12%			24	0.09
Odontoglossum ringspot virus	11	0.11%	1	0.01%			12	0.05
Paprika mild mottle virus	2	0.02%	5	0.06%			7	0.03
Cocksfoot mottle virus	1	0.01%	1	0.01%			2	0.01
Oat chlorotic stunt virus			226	2.90%			226	0.88
Panicum mosaic virus			141	1.81%			141	0.55
Melon necrotic spot virus			39	0.50%			39	0.15
Tobacco necrosis virus			23	0.30%			23	0.09
Galinsoga mosaic virus			13	0.17%			13	0.05
Carnation mottle virus			8	0.10%			8	0.03
Roseophage SIO1			4	0.05%			4	0.02
Johnsongrass chlorotic stripe mosaic virus			1	0.01%			1	0.00
Saccharomyces cerevisiae virus La			1	0.01%			1	0.00
Maize chlorotic mottle virus			599	7.67%	2	0.03%	601	2.33
Pothos latent virus			14	0.18%	1	0.01%	15	0.06
Moloney murine leukemia virus					2	0.03%	2	0.01
Bacteriophage L cro					1	0.01%	1	0.00
Olive latent virus 1					1	0.01%	1	0.00
Shigella flexneri bacteriophage V					1	0.01%	1	0.00
Total	9,961		7,807		8,011		25,779	100.00

Étude sur qq sujets en Asie

PLoS Biol. 2006 Jan; Zhang et al

Sur 36769 séquences virales obtenues

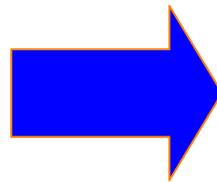
=> la grande majorité

=> virus de plante

Virus et Plantes

PMMV également retrouvé dans 18 sujets Américains et Asiatiques

QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (LZW)
sont requis pour visionner cette image.



*PMMV toujours pathogène pour
les plantes, après passage dans
tube digestif humain*

PLoS Biol. 2006 Jan; Zhang et al

Homme => vecteur principal ???

==>

*les eaux usées et déchets de station d'épuration
comme fertilisants*

Virus et Insectes

Entomovirus

Retrouvés dans 13 ordres d'insectes et probablement dans tous les insectes

Virus ADN ds

Baculovirus

Nuclear polyhedrosis virus (NPV)

Granulovirus (GV)

Ascovirus

Iridovirus

Polydnavirus

Poxvirus

Virus ADN ss

Parvovirus

Virus ARN ds

Reovirus

Cytoplasmic polyhedrosis virus

Virus ARN ss

Nodavirus

Picorna-like virus

Tetravirus

Virus et Insectes

Entomovirus

Transmission Orale

polyhédrique Baculovirus Reovirus

Spheroides (matrice) entomopoxvirus

Grossissement ↘ →

QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (non compressé)
sont requis pour visionner cette image.

QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (non compressé)
sont requis pour visionner cette image.

QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (non compressé)
sont requis pour visionner cette image.

QuickTime™ et un
décompresseur TIFF (non compressé)
sont requis pour visionner cette image.

Forme résistante dans la nature

==> Polyhédrique se dissout dans les sucs « gastriques »

Cannibalisme (iridovirus)

Virus et Insectes

Entomovirus

Transmission

Parasitoides

Ascovirus, Polydnavirus

Injection avec les œufs de la guêpe

Transovarienne

=> à la descendance directement dans les embryons

Transovum

=> à la surface des œufs => rien dans l'embryon

Comparaison virus

Reoviridae:

Orthoreovirus	reovirus 3	Vertebrates
Orbivirus	bluetongue virus 1	Vertebrates
Rotavirus	simian rotavirus SA11	Vertebrates
Coltivirus	Colorado tick fever virus	Vertebrates
Aquareovirus	golden shiner virus	Vertebrates
Cypovirus	Bombyx mori cypovirus 1	Invertebrates
Fijivirus	Fiji disease virus	Plants
Phytoreovirus	wound tumor virus	Plants
Oryzavirus	rice ragged stunt virus	Plants

Rhabdoviridae:

Vesiculovirus	vesicular stomatitis Indiana virus	Vertebrates
Lyssavirus	rabies virus	Vertebrates
Ephemerovirus	bovine ephemeral fever virus	Vertebrates
Cytorhabdovirus	lettuce necrotic yellows virus	Plants
Nucleorhabdovirus	potato yellow dwarf virus	Plants

