

**Brin codant** (ou sens) brin d'ADN qui contient la même séquence que celle transcrite en ARN. Par opposition au brin non codant ou transcrit.

L'ADN et l'ARN peuvent être :

Circulaire	Linéaire	Segmenté
------------	----------	----------

En fonction du nombre de brin :

monocaténaire	bicaténaire
---------------	-------------

Rmq. : tous les combinaisons d'ARN et d'ADN sont possible chez les Virus.

Comparaison de l'ADN entre les procaryotes et les Eucaryotes :

Type de cellules	Bactéries	Eucaryotes
Type d'ADN	circulaire, bicaténaire	Linéaire, bicaténaire
Nbre de chromosomes	Unique	Plusieurs
ADN annexe	Plasmides	

Rmq. : L'ADN des mitochondries et des chloroplastes a la même structure que celui des Bactéries.

## Structure de l'ADN

Un nucléotide est composé de :

Un ou plusieurs phosphates	Un pentose (sucre) : ribose (ARN) ou désoxyribose (ADN)	Une base azoté
----------------------------	---	----------------

Rmq. : Le désoxyribose est un ribose ayant perdu un groupement OH sur le carbone 2.

Les bases se classent en deux catégories en fonction de leur précurseur :

Pyrimidiques (cytosine, uracile, thymine).	Puriques (adénine, guanine).
--	------------------------------

## Conformation de l'ADN

Chez les Bactéries, le chromosome peut avoir deux conformations :

relâchées	super enroulée
-----------	----------------

Chez les Eucaryotes, l'ADN est accompagné de protéines qui permettent sa compaction dans la cellule. Ils forment un complexe qui prend la forme d'un chromosome appelé ADN génomique. L'ADN est :

1. L'ADN est enroulé autour d'histone de façon répétitive qui forme une alternance entre d'un solénoïde et d'un nucléosome.
2. Boucles de chromatine • Rosettes de boucles

L'ARN est soumis à un appariement spontané et local de type :

Linéaire	Pseudo nœud	Épingle à cheveux	Tire-boucle
----------	-------------	-------------------	-------------

À partir de son ADN, une cellule produit quatre types d'ARN :

T de transfert	R ribosomaux	M messager	sn pour petits nucléaires
----------------	--------------	------------	---------------------------

## Informations générales à connaître

Un tour d'hélice d'ADN est formé par 10 bases d'ADN et mesure 3.4nm de hauteur.

Masse molaire des nucléotides (g.mol<sup>-1</sup>) :

	ARN	ADN
Monophosphate	340	330
Triphosphate	500	490

## Du code génétique à la protéine

Pour être converti en protéine, un gène s

**Élongation** progression du ribosome le long du brin d'ARNm

Défini une séquence de nucléotides à partir de la chaîne peptidique

C'est l'ARNt qui sert de clés de traduction entre les codons et les acides aminés. Il possède une petite portion variable appelée anticodon qui assure la correspondance entre le codon et l'aa.

L'ARNt est associé par son extrémité Béta par une liaison covalente à l'acide aminé correspond à son anticodon pour former un complexe s'appelle aminoacyl-ARNt par aminoacyl-ARNt synthétases.

### **Traduction**

Les étapes de la traduction sont :

1. La petite sous unité se positionne sur le brin d'ARNm.
2. Elle se déplace sur l'ARNm jusqu'à la séquence consensus
3. Recrutement de la grande sous unité
4. Ajout des aa grâce à l'aminoacyl-ARNt.
5. Lors de l'apparition du codon stop. Le facteur de terminaison s'associe à l'ARNm et provoque la dissociation du ribosome.

Il existe moins d'anticodons que de codons car pour plusieurs acides aminés. Un anticodon peut interagir avec plusieurs codons grâce soit :

- L'inosine, une base modifiée capable d'interagir avec A, C ou U
- Un apparemment G et U.

Ce type d'appariement est dit bancal. Il permet de restreindre le nombre d'ARNt nécessaire pour traduire les codons. Ainsi il augmente l'efficacité de traduction.

---

### **Manipulation de l'ADN**

Objectif :

- faire synthétiser une enzyme par un autre organisme pour par exemple étudier ses effets.
- Réaliser des copies d'une séquence d'ADN

Pour pouvoir étudier les effets d'une séquence d'ADN, il faut :

1. Isoler la séquence d'intérêt.
2. Créer un vecteur de clonage avec la séquence d'intérêt.

3. L'insérer dans un autre organisme.
4. Vérifier la présence de la séquence et sa réplication.

L'objectif du cours étant d'être capable d'élaborer un protocole pour étudier une séquence d'ADN particulière.

**Banque** introduction d'une multitude de fragments pour déterminer ultérieurement le gène d'intérêt.

**Protéine de fusion** combinaison de séquences de gènes pour former une protéine chimérique

### **Extraire la séquence d'ADN d'intérêt**

L'extraction et l'identification de la séquence d'ADN d'intérêt nécessite :

1. Extraire et purifier l'ADN de la cellule.
2. Si on ne connaît pas la séquence de la déterminer.
3. Extraire la séquence d'intérêt.

**Insert** séquence d'ADN d'intérêt.

### **Extraire l'ADN d'une cellule**

Pour pouvoir récupérer l'ADN d'une cellule, il faut procéder à :

1. La libération de l'ADN des cellules en utilisant des détergents et des protéinases.
2. La purification de l'ADN génomique avec du phénol ou du chloroforme pour éliminer les protéines associées à l'ADN
3. Précipité l'ADN pour concentrer de l'ADN. La précipitation a lieu en utilisant de l'éthanol ou de l'isopropanol.

### **Reconnaitre et sélectionner le fragment d'intérêt**

Les étapes pour reconnaître et sélectionner le fragment d'intérêt :

1. Digestion partielle du l'ADN.
2. Introduction de tous les fragments dans des vecteurs.
3. Clonage de l'ensemble des ADN complémentaires.

4. Sélection fonctionnelle en vérifiant la présence de la protéine d'étude par exemple grâce à l'utilisation d'anticorps.

### **Couper la séquence d'intérêt**

Une séquence d'ADN peut être coupée par l'utilisation d'enzymes soit :

Endonucléase	exonucléase
--------------	-------------

L'ADN peut être coupé à un endroit particulier en utilisant une endonucléase appelée endonucléase de restriction. Elle reconnaît une séquence spécifique et réalise une coupure de l'ADN.

Rmq. Contrairement aux autres endonucléases, les enzymes de restrictions coupent l'ADN au niveau de la zone de reconnaissance.

**Enzyme de restriction** enzyme reconnaît des séquences d'ADN et qui les supprime produit par les bactéries. Elle fait partie des mécanismes de défense des bactéries contre les virus.

**Palindrome** séquence reconnue par l'endonucléase de restriction. Elle ne dépend pas du brin.

**Site de clonage** site reconnu par l'enzyme de restriction.

Les enzymes de restriction se composent de deux sous-unités (dimère). La coupe est :

Franche, les deux brins sont coupés au même niveau.	Cohésive, la séparation à lieu
---	--------------------------------

Lorsque les extrémités sont cohésives, il faut préciser l'extrémité sortante 5' ou 3'.

Rmq. Deux enzymes différentes peuvent produire des extrémités complémentaires.

*Exemple : Enzyme II (G/ATC) coupe au premier nucléotide du palindrome : G-ATC et CTA-G.*

### **Extraire l'ADN de la chaîne peptidique de cellules eucaryotes**

Chez les eucaryotes, l'épissage complique l'extraction du gène lorsque l'on souhaite le faire exprimer par une bactérie car ce processus est absent chez ces dernières. Il faut récupérer la séquence composée uniquement des exons. Pour cela, il faut :

1. Extraire l'ARNm mature c'est-à-dire après l'épissage du gène d'intérêt.
2. Rétro-transcrire l'ARNm en ADN avec une transcriptase, une enzyme d'origine virale.
3. Supprimer le brin d'ARN avec une Rnase H enzyme.
4. Ajouter une amorce TTTTTT appelée, oligo T. Elle vient se fixer sur la queue poly A de l'ARNm.
5. Ajouter un ADN polymérase pour synthétiser le brin complémentaire.

Rmq. la transcriptase synthétise le brin codant et l'ADN polymérase le brin codé.

**Attention** les modifications post-traductionnelles des protéines eucaryotes ne sont pas réalisables dans les Bactéries.

### **Fabrication d'un vecteur de clonage**

Un vecteur (ou véhicule) de clonage est un plasmide qui possède :

- un site d'origine de réplication qui permet la réplication autonome du vecteur c'est-à-dire indépendamment de la cellule.
- Un site de multiclonage (appelé aussi polylinker). Ce sont les zones d'intégration possible. Le site contient plusieurs sites de restriction uniques pour qu'une seule ouverture soit possible

Très souvent, on ajoute :

- Un agent de sélection caractéristique sélectif
- (si on cherche à faire exprimer le gène) avoir un promoteur en amont pour permettre la transcription du gène.

**Vecteur de clonage** plasmide ayant reçu une séquence d'ADN extérieure.

**Vecteur recombinant** vecteur qui possède l'insert.

Rmq : Chez les Bactéries, les plasmides confèrent un avantage mais ne sont pas indispensables à la survie.

NB : Le cours se limite à la présentation des plasmides. Ils sont capables d'accueillir des insertions ayant de maximum 10Kb

### **Cartographie de restriction**

Une cartographie de restriction permet de connaître la structure du vecteur de clonage. Elle se présente sous la forme d'un cercle avec la position par rapport à une origine relative de :

- Les sites de restriction des principales enzymes.
- La séquence d'intérêt.

Pour la réaliser, il faut mesurer la taille et le nombre de fragments générés par chaque enzyme de restriction. Ces informations sont déterminées par électrophorèse.

Rmq : Une bande peut contenir plusieurs fragments.

Le nombre de fragments équivaut au nombre de sites +1.

### **Lier l'ADN**

Une liaison entre deux extrémités d'ADN peut être créée par une ligase. Elle a besoin d'hydrolyser de l'ATP pour fonctionner. Pour que deux extrémités puissent être liées, il faut qu'elles soient complémentaires.

Pour que l'ADN ne se lie qu'entre les séquences désirées, il faut modifier les groupements phosphodiester. Pour cela, deux enzymes peuvent être utilisées :

Supprimer (phosphatase)	Ajouter (polynucléotide kinase)
-------------------------	---------------------------------

### **Modifier les extrémités de l'ADN**

L'extrémité cohésive de brins d'ADN peut être modifiée par l'utilisation de :

	Présence de dNTP	Absence de dNTP
ADN polymérase I	Complète 5'-3'	Supprime 3'-5' et 5'-3'
Enzyme Klenow ou ADN polymérase T4	Complète 5'-3'	Supprime 5'-3'

### **Insérer le vecteur de clonage dans une cellule**

Pour qu'un vecteur de clonage puisse entrer dans une cellule, il faut que cette dernière soit dans un état particulier appelé état de compétence. Il peut être obtenu par l'utilisation :

De produits chimiques	Un choc thermique	D'organismes comme les virus
-----------------------	-------------------	------------------------------

**Transmutation** application d'un choc thermique ou électrique pour rendre instable la membrane et permettre l'entrée du vecteur dans la bactérie.

NB : Un seul plasmide peut entrer par bactérie.

**Transduction** processus de transfert de gènes dans une cellule eucaryotes en utilisant un virus. Par opposition à la transfection qui s'effectue sans.

### **Déterminer les cellules ayant reçu le vecteur de clonage**

À l'issue de l'insertion du vecteur de clonage, toutes les cellules n'ont pas reçu le vecteur recombinant.

Les bactéries obtenues sont diluées suffisamment que l'on prélève la solution pour les déposer sur le gel, elles ne le sont qu'une par une. Elles sont ensuite cultivées.

### **Détection du vecteur par gène inducible**

**Caractère sélectif** caractère exprimé par la cellule servant à identifier son génotype. Il s'agit souvent d'une résistance à un antibiotique.

La détection du vecteur recombinant peut être facilitée en utilisant un vecteur qui possède :

- Un caractère sélectif. Par exemple qui confère une résistance à une molécule.
- Un gène inducteur qui lorsqu'il est coupé par le vecteur recombinant ne s'exprime plus de façon fonctionnelle.

Exemple : Un vecteur qui possède :

- *Un inducteur IPTG qui produit une protéine produit transforme le galactose en un produit de couleur bleu.*
- *Un caractère sélectif de résistance à la pénicilline.*

*Si les Bactéries sont alors celle possédant :*

- *sans plasmide meurent.*
- *Avec le vecteur recombinant apparaissent blanches.*
- *Avec le vecteur vide apparaissent bleu.*

### **Détection par anticorps**

On utilise un anticorps dirigé contre la protéine pour reconnaître les colonies qui possèdent le vecteur recombinant.

### **Détection par hybridation**

L'ADN

Dénaturation de l'ADN

Soude ou chauffer à 90°C.

Température de fusion  $2x(A+T) + 4x(G+C)$

Stringence ensemble des conditions de température, pH et de concentrations de ions permettant l'hybridation. Plus les conditions sont défavorables à une hybridation plus sa valeur est élevée

Bcp de sels neutralisent les charges et font baisser la stringence.

Sonde séquence d'ADN court d'une séquence complémentaire.

Pour vérifier la présence de la séquence, la sonde possède souvent des atomes radioactifs ou fluorescents.

---

## **Techniques complémentaires**

### **Amplification en chaîne par polymérase (PCR)**

L'amplification en chaîne polymérase permet de dupliquer un grand nombre de fois des séquences d'ADN ou d'ARN à partir d'une faible quantité.

Il faut une amorce pour la séquence à amplifier. La méthode consiste à répéter un grand nombre de fois les étapes suivantes :

1. Dénaturation. L'ADN est dénaturé en étant soumis à une température de 95°C.
2. Hybridation avec la sonde. La sonde est ajoutée et l'hybridation est 2 à 5°
3. Réplication. On ajoute l'amorce avec des polymérases et des nucléotides pour que l'élongation ait lieu.

### **PCR analyse jusqu'à l'épuisement du dNTP**

Cette technique permet d'estimer le nombre de matériel de départ (nombre de séquences initiales) ce qui peut être utile pour connaître le niveau d'expression d'une protéine.

1. La quantité de nucléotides est fixée au départ.
2. Les cycles sont réalisés jusqu'à épuisement des nucléotides.

Plus le matériel de départ étaient nombreux, plus la phase de réplication aura lieu prématurément.

### **Déterminer la séquence de nucléotide d'un ADN**

Séquence de l'ADN (connaître la chaîne de nucléotide)

1. Séquençage chimique. Le brin d'ADN est clivé par des molécules qui clivent chaque base de manière spécifique séparer par petit fragment.
2. Copie de la séquence avec des nucléotides appelé ddbase avec un H à la place du groupement 3-OH ce qui empêche la liaison appelé terminateur de chaîne. Le brin monocaténaire amorce puis test dans chaque de différent ddbase en faible proportion en DNtP.
3. Séquence automatique dd fluorescent.

Clonage

Clonage obtention d'organisme génétiquement identique

Il existe de clonage :

D'organisme

Moléculaire

Cellulaire (lié à la reproduction)

Totipotente cellule capable de se différencier.

Les cellules végétales.

Clonage des Animaux

MGG

Transplantation de noyaux dans des ovocytes

Plus vieux

Moins chance de développement embryonnaire normale est lieu.

Depuis des cellules indifférencier de mammifère

Démontrer que le clone n'est pas identique à l'individu original

Activation aléatoire durant de développement embryonnaire

Milieu

Faible efficacité beaucoup d'anomalies changement épigénétique acétylation des histones méthylation de l'ADN.

Clonage doit permettre la production de cellules souches càd de cellules peu spécialiser capable de se diviser et de se différencier en d'autres types de cellules.

Souche embryonnaire issue du blastocyte toutes les types cellulaires

Adulte par exemple issue de la moelle en nombre limité de type.

Soigner les maladies clonage thérapeutique

Embryonnaire pluripotente

Induire cellule souche pluripotente induite.

OGN interdit car des risques pour la santé probable et crainte que des fécondation avec des espèces non modifiées lors de reproduction.

Trouver les clones possédant le gène étudié

Sonde d'hybridation courte séquence complémentaire de celle étudiée.

Vecteur d'expression vecteur de clonage avec un promoteur bactérien.

Eucaryote levure avantage facile à cultiver et capacité rare chez les eucaryote de plasmides.

Insertion du vecteur recombinant par électroporation

Bombarder

Autre organisme (virus)

Aiguille

Amplification en chaîne polymérase (ACP) reproduire en grande quantité une séquence d'ADN

1. Dénaturer en chauffant
2. Reformation des liaisons d'hydrogène avec une amorce pour chaque brin par une baisse de la température
3. ADN polymérase résistante à la chaleur pour polymériser les séquences. L'ADN polymérase utilisé est issue d'une bactérie vivant dans des sources chaudes.

Enquête criminelle ou pour obtenir le génome de momie ou de mammouth

Électrophorèse sur gel et le buvardage de Southern

Électrophorèse sur gel

Gel de polymère comme de polysaccharide (agarose)

Sépare par taille et charge

Acide nucléique ou protéine.

Du - cathode vers le + (anode).

Référence pour avoir une taille.

Le réseau de fibre de gel ralentit le déplacement des séquences d'autant plus qu'elles sont longues.

Buvard

1. + électrophorèse sur gel
2. Transfert sur buvard en utilisant une solution alcaline (basique). Le buvard est posé sur le gel.
3. Hybridation avec une sonde radioactive complémentaire du gène pour les visualiser

Technique de terminaison mélange fluorescence gel puis lecture avec un laser.

Buvard de Northern buvard avec ARN

Transcription inverse puis d'une amplification en chaîne polymérase ou RT-PCR.