

Unive  Kinshasa
Faculté de Médecine Vétérinaire

Cours de Génie rural

3^{ème} Doctorat

Pr Jean de Dieu MINENGU

2018 - 2019

Plan

0. Introduction

Chap. 1. Notions d'aménagement du territoire

Chap. 2. Eau des terroirs et ses différentes formes

Chap. 3. Différents types d'agriculture vus sous l'angle de l'économie d'eau

Chap. 4. Irrigation et drainage

Chap. 5. Débit des cours d'eau et canaux

Chap. 6. Exhaure de l'eau

Chap. 7. Techniques de défense et restauration des sols (TDRS)

Chap. 8 Routes rurales

Chap. 9. Energie en milieu rural

0. INTRODUCTION

- ✓ Le **génie rural** est une branche spécialisée de l'agronomie, chargée de l'exécution des travaux techniques, en vue de l'aménagement rural, pour son exploitation et sa mise en valeur.

Les fonctions du GR :

- d'équiper le milieu rural en outils de travail,
 - d'aménager le milieu rural et
 - de créer des infrastructures de base (routes, ouvrages d'arts, digues, canaux d'évacuation d'eau, bâtiments, etc.).
- ☐ Les conditions de l'action contemporaine dans le champ de l'aménagement du territoire sont :
- ❖ La prise en compte de l'ensemble des dynamiques
 - ❖ la recherche de formules innovantes
 - ❖ la connaissance d'expériences différentes.

O. INTRODUCTION (suite)

- ✓ Définitions des quelques concepts
- **Milieu rural** : c'est un milieu caractérisé par: l'agriculture, l'instruction est faible, les moyens de communication sont inexistants, les systèmes de production, de santé, d'éducation et de formation sont faibles.
- **Territoire** : est une étendue de la surface terrestre sur laquelle vit un groupe humain, une collectivité ou une communauté.
- **Aménagement du territoire** : c'est l'ensemble des différentes interventions qui consistent à la transcription dans l'espace, de la vision qu'on s'est fait du développement actuel et du développement futur de la société.
- **Système** : est un ensemble d'unités en interrelation mutuelle.

O. INTRODUCTION (suite)

Un système est caractérisé par cinq aspects fondamentaux :

- ✓ La multiplicité des composantes
- ✓ L'interaction et l'interrelation entre les éléments
- ✓ La totalité
- ✓ La complexité
- ✓ La dynamique

Objectif du cours

- ✓ permettre aux apprenants futurs ingénieurs agronomes, de maîtriser les techniques de l'aménagement du territoire: d'équiper le milieu rural en outils de travail, d'aménager le milieu rural et de créer des infrastructures de base (routes, ouvrages d'arts, digues, canaux d'évacuation d'eau, bâtiments, etc.).

I.1. Introduction

- ✓ L'AT découle de la volonté politique d'organiser la géographie humaine et économique d'un espace donné.
- ✓ Par AT : l'aménagement de l'espace dans le cadre d'unités plus ou moins vastes de manière à mettre en valeur par des équipements appropriés, la main d'œuvre et les ressources naturelles du lieu pour satisfaire les besoins humains.

3 éléments essentiels pour toute politique d'AT :

- ✓ La satisfaction des besoins humains par la mise en valeur de la main d'œuvre et les ressources locales ;
- ✓ L'installation d'équipements appropriés ;
- ✓ L'organisation du travail dans le cadre d'unités spéciales plus ou moins vastes.

I.1. Introduction (Suite AT)

Besoins humains (en 3 groupes)

- ✓ **Besoins biologiques** : ils sont faciles à satisfaire dans les cadres individuels et collectifs ;
- ✓ **Besoins de civilisation** : ceux-ci se réfèrent à l'amélioration de la qualité de vie. Ils comprennent les services de santé, d'éducation et de loisir.
- ✓ **Besoins spirituels** : ils se réalisent aussi par l'éducation et la formation ainsi que la satisfaction indirecte de l'individu (besoins d'intégration, d'appartenance à une culture et de liberté).
- ❑ **Le développement d'un pays doit passer par un aménagement préalable du territoire obligatoirement.**
- ❑ **C'est de bonne utilisation et de l'organisation rationnelle de l'espace que dépend le développement d'un pays.**

I.1. Introduction (Suite AT)

- ✓ Le **développement** peut être défini comme l'ensemble de transformations économiques, technologiques, spatiales, sociales, institutionnelles et politiques.
- ✓ La **production** est donc le soubassement de tout développement.
- ✓ Dans un sens restreint, un système de production est la résultante entre la nature et l'humanité.
- ✓ Dans un sens plus large, la **production** prend en compte tous les éléments qui la favorisent tels que :
 - les infrastructures de base et leur mise en place,
 - l'amélioration des conditions de vie
 - les différents services susceptibles de contribuer d'une manière ou d'une autre à la production.

I.2. Tendances d'évolution des dispositifs en matière d'AT

✓ Cinq tendances non exclusives et/ou combinées traduisent les mutations et évolutions des dispositifs nationaux :

- décentralisation
- concession
- participation
- autonomisation
- régionalisation

I.2.1. Tendances à la décentralisation

- ✓ C'est la tendance généralisée qui consiste à transférer des compétences d'aménagement et de planification au gouvernement local, et notamment aux municipalités.
- ✓ Celles-ci sont alors, outre leurs compétences dans le domaine de la gestion des services, tenues de se doter d'un plan ou d'un programme de développement intégré sur leur périmètre.
- ✓ Selon les contextes, la forme que prend la décentralisation est cependant très différente.
- ✓ Dans un système fédéral comme celui du Brésil ou de l'Inde, c'est le couple Etats fédérés-municipalités qui sort renforcé du recul de l'Etat fédéral

I.2.2. Tendances à la concession

- ✓ Il s'agit de la tendance à **identifier des sites et périmètres stratégiques** pour le développement d'infrastructures et l'accueil d'investissements étrangers et de les concéder totalement ou partiellement au secteur privé.
- ✓ L'aménagement de ces périmètres, dont certains sont très vastes, peut être concédé à des entreprises généralement sous la forme de « réaliser, exploiter, restituer »), tandis que leur gestion est également concédée ou fait l'objet d'une administration de mission spécifique.
- ✓ Véritables enclaves, ces périmètres ne sont plus seulement dévolus à des zones portuaires ou minières, mais peuvent inclure des parcs d'activité industrielle, touristique et de service en situation métropolitaine et/ou littorale.

I.2.3. Tendance à la participation

- ✓ C'est la tendance à générer des projets de territoire basés sur la mobilisation de la société civile.
- ✓ La coopération multilatérale, bilatérale, décentralisée, ainsi que le monde des ONG (partenaires et opérateurs du développement local) ont tendance à privilégier cette approche notamment dans le domaine de la gestion des ressources naturelles.
- ✓ Ceci se traduit par des projets dotés d'un périmètre d'intervention correspondant à une communauté, un quartier ou éventuellement à l'aire de gestion ou de valorisation d'une ressource.
- ✓ Lorsque sont recherchés les atouts des savoirs autochtones et des solidarités communautaires, ces projets peuvent dans certains cas valoriser ou s'appuyer sur la chefferie coutumière.

- ✓ Il s'agit d'une tendance, finalement peu développée dans les faits mais souvent invoquée, à doter d'un statut spécifique des régions **périphériques à fort particularisme culturel et historique**, comme aux Philippines avec les régions autonomes de la Cordillère centrale de Luzon et du Mindanao musulman.
- ✓ L'éventuelle reconnaissance constitutionnelle n'est pas forcément un gage d'autonomie effective, comme en **Chine avec le Tibet**, qui bien que région autonome, se trouve plus dominé et contrôlé que les provinces sans régime d'autonomie.
- ✓ A contrario, la formule est pratiquement inexistante en Afrique et en Amérique latine, continents marqués par les figures coloniales des réserves et des bantoustans.

- ✓ Il s'agit de la tendance à transférer progressivement au niveau régional (décentralisé ou déconcentré) l'essentiel des compétences en matière d'aménagement du territoire et de planification.
- ✓ Cette tendance caractérise l'évolution de systèmes fortement centralisés et planifiés vers une régionalisation chargée d'accompagner la décentralisation sans abandonner la démarche planificatrice.
- ✓ Ainsi, parmi les cas étudiés, la problématique est particulièrement d'actualité pour les systèmes centralisés que sont, avec des héritages différents, la Chine, le Maroc et le Chili.
- ✓ La régionalisation est alors autant une affaire de déconcentration que de décentralisation.
- ✓ En revanche, l'Afrique du Sud qui avait opté pour un système fortement régionalisé à défaut du fédéralisme, a vu les compétences des nouvelles provinces rognées à la fois par la puissance des aires métropolitaines et par l'existence de municipalités transprovinciales.

I.3. Trois logiques de l'aménagement du territoire

- ✓ Toute politique d'aménagement du territoire, qu'elle soit énoncée en tant que telle ou constituée par un ensemble de politiques publiques non intégrées, est la combinaison de trois approches complémentaires :
 - sectorielle,
 - zonale et
 - territoriale.

- ✓ L'approche sectorielle renvoie à la distribution d'équipements et d'infrastructures spécifiques dans l'espace national.
- ✓ L'approche zonale renvoie à la distinction de certaines portions du territoire national en fonction d'aptitudes particulières à valoriser, ou au contraire en fonction de handicaps à compenser.
- ✓ L'approche territoriale renvoie à un découpage du territoire national en entités locales ou régionales qui doivent se doter d'un projet de développement intégré.
- ❑ Quelle que soit l'échelle, le territoire est donc un espace de projet qui jouit d'une certaine autonomie d'aménagement et de développement.
- ❑ Tandis que la zone est un sous espace d'affectation, de spécialisation ou de dérogation au sein d'un territoire de référence.
- ❑ C'est l'importance relative de ces approches dans les combinaisons qui confère à un dispositif d'aménagement du territoire son économie générale

- ✓ On distingue généralement trois niveaux d'AT:
 - Le niveau national
 - Le niveau de la région (province)
 - Le niveau local

1. Au niveau national

- ✓ Au 1^{er} degré le processus d'aménagement technique consiste à élaborer un plan au niveau national appelé encore plan directeur national.
- ✓ Ce plan est constitué d'un ensemble d'éléments qui fixent les orientations et un ensemble de mesures portant sur :
 - L'affectation et l'utilisation du sol : sols à usage agricole, résidentiel, industriel, commercial...
 - Les prescriptions de mise en valeur des ressources du territoire : on doit tenir compte de la capacité des charges et de passément des limites des ressources naturelles
 - Le contrôle de l'expansion urbaine : Cette poussée pose des problèmes de logement, de construction de route et surtout de réaménagement urbain.
 - La nature et l'utilisation des bâtiments
 - Les prescriptions des techniques pour l'aménagement de l'habitat : c'est-à-dire l'aménagement des routes, des voiries en général, l'implantation d'espace vert, l'embellissement urbain...
- ✓ Trouver des incitations visant à attirer les gens vers les zones industrielles.

2. Au niveau de la région (Province)

- ✓ Au niveau régional, on doit arriver à dresser le schéma d'aménagement régional qui est un guide pour la localisation et la réalisation des grandes activités.
- ✓ Pour faire le plan, on doit se référer à tous les services.
- ✓ Les grandes orientations de l'aménagement pour la région permettent :
 - Le renforcement et la diversification de l'économie initiale ;
 - Le maintien de milieu de vie agréable ;
 - De répondre au besoin de la population par l'implantation des équipements, des infrastructures et des services ;
 - Le renforcement de l'autonomie locale ;
 - De renforcer les capacités financières du territoire.

3. Au niveau local

- ✓ C'est à ce niveau que se situe l'exécution. Les communes et les territoires ont des responsabilités étendues les unes en matière d'urbanisme et les autres en matière d'aménagement du territoire (rural).
- ✓ Ils doivent disposer d'un large pouvoir pour établir le plan d'urbanisme et d'occupation du sol. Leur rôle dans la délivrance de permis de construction (autorisation de bâtir) complète ce dispositif.
- On trouve souvent dans le plan d'urbanisme, les simples règles suivantes :
 - ❖ Les règlements des régies (règlement de construction pour la commune elle-même)
 - ❖ Les règles de zonage (zone industrielle, zone commerciale...)
 - ❖ Les règles de lotissement
 - ❖ Le règlement de construction.

Plan d'aménagement rural

- ✓ Le plan d'aménagement rural se réalise sur base d'un dossier technique comprenant les éléments suivants :
 - L'histoire du territoire ;
 - Le contexte du territoire (géographie) ;
 - Le profil biophysique du territoire (forêt, savane,...) ;
 - Le potentiel et les contraintes du milieu biophysique ;
 - Le profil socioéconomique ;
 - L'utilisation du sol.
- ☐ Ce travail doit se faire en principe sur base d'une carte ; d'où l'importance de la cartographie dans l'aménagement du territoire.

Chap. II. L'EAU DES TERROIRS ET SES DIFFERENTES FORMES

II.1. Quelques définitions

- ✓ **La** transformation de l'eau liquide en vapeur s'appelle évaporation ;
- ✓ On parle de liquéfaction ou encore de condensation lorsque la vapeur d'eau se transforme en eau liquide;
- ✓ La congélation est la transformation de l'eau liquide en glace.
- ✓ Le mot **terroir** désigne l'ensemble des terres d'un village, d'une ferme, ou éventuellement d'une zone agraire.
- ✓ Les eaux de surface sont celles qu'on voit dans les étangs, les lacs, les rivières et la mer.
- ✓ Les eaux de ruissellement se déplacent plus ou moins rapidement, des eaux stagnantes accumulées : une mare, un lac, une flaque, etc.

II.1. Qualités des eaux (suite)

- ✓ Les eaux de ruissellement sont chargées de limon, plus d'air (oxygène) et les poissons qui y vivent diffèrent de ceux qu'on trouve dans les eaux stagnantes.
- ✓ Ces dernières sont souvent moins aérées; il s'y développe des plantes aquatiques, des algues et des organismes différents de ceux qu'on trouve dans les eaux ruisselantes.
- ✓ La qualité des eaux de surface, plus ou moins acides et plus ou moins chargées de particules de terre ou de sel, est souvent un élément important pour le cultivateur, le pisciculteur ou le buveur.
- ✓ Le comportement simple des eaux de surface : elles s'écoulent toujours des points hauts vers les points les plus bas dans le sens de la plus forte pente.

II.1. Quelques définitions (suite)

- ✓ Les eaux souterraines sont celles qu'on trouve sous la surface du sol, à l'état liquide ou gazeux.
- ✓ Lorsqu'il y a accumulation à une certaine profondeur, on parle de nappes d'eau souterraines.
- ✓ On les appelle *nappes phréatiques* : nappes qui sont proches de la surface
- ✓ D'autres, appelées *nappes géologiques* : se situent à plus grande profondeur.
- ✓ Les pluies régionales ne les font que très peu fluctuer, et très lentement.
- ✓ Dans ce cas, l'eau qui circule entre les particules de sol est appelée eau **libre**, par opposition à l'eau **fixée** ou **captive** qui est retenue par les particules de sol ou entre elles.
- ✓ Les nappes d'eaux souterraines sont constituées par infiltration des eaux de surface.

II.1. Quelques définitions (suite)

- ✓ l'eau qui s'infiltré dans le sol évolue, se déplace, s'écoule, s'arrête contre des obstacles, s'évapore, se reliquéfie, se fixe, se détache,... exactement comme elle se fait dans l'espace aérien.
- ✓ L'eau biomassique est celle qui est contenue dans la biomasse.
- ✓ La biomasse est la masse de matière vivante, organisée en cellules, qu'on trouve sur une terre.
- ✓ Elle est composée de végétaux, d'animaux ou de micro-organismes.
- ✓ Le stock d'eau biomassique d'un terroir fluctue constamment au cours des saisons, de l'évaporation, de la température, etc. mais surtout en relation avec le développement de la végétation.
- ✓ Il n'est évidemment pas possible de faire un bilan précis de toutes les ressources en eau d'autant plus qu'elles sont très fluctuantes.

❑ Questions avant de modifier l'économie en eau d'un terroir,
d'un

bassin versant :

- ✓ L'eau est-elle rare ou abondante? calme ou violente? capricieuse ou pondérée?
- ✓ Quels sont les flux qu'on observe à l'endroit où l'on veut intervenir et dans son environnement?
- ✓ Quelles sont les règles et les lois qui président à l'utilisation de l'eau du terroir par les habitants?
- ✓ Quels types d'agriculture pratique-t-on sur le terroir? Etc.

II.2. Nappes d'eau souterraines

- ✓ Lorsque l'eau rencontre un obstacle, l'eau a trois possibilités :
 - elle s'accumule et stagne à l'endroit où elle s'est infiltrée, entre les pores du sol et dans les fentes des roches;
 - elle se déplace latéralement en suivant la pente de la couche imperméable;
 - elle trouve un exutoire à la surface du sol et forme une source.
- ✓ Lorsque l'eau s'accumule dans le sol, on parle de **nappes d'eau souterraines**.
- ✓ C'est à leur rencontre que vont les puisatiers et les foreurs. Il existe plusieurs types de nappes.
- ✓ Leur forme, leur position, leur profondeur, leurs qualités diffèrent autant que celles des eaux de surface.
- ✓ Elles peuvent être salées ou douces, acides ou non, chaudes, froides, etc.

II.2. Nappes d'eau souterraines (suite)

- ✓ **La nappe phréatique** est une couche d'eau accumulée dans l'espace souterrain.
- ✓ Elle a une épaisseur et une surface qui dépendent de la quantité d'eau d'infiltrée et de la configuration de la couche imperméable sur laquelle elle repose.
- ✓ Le volume d'eau qu'elle contient est proportionnel à l'espace des pores et des fissures compris entre les matériaux solides composant la couche souterraine où elle se forme.
- ✓ **La nappe phréatique** se distingue de la nappe hydrogéologique par trois aspects:
 - elle influence l'humidité du sol raciné se trouvant au-dessus d'elle, par remontée capillaire ;
 - elle peut être exploitée par les racines des plantes ;
 - son niveau et son volume fluctuent en relation assez étroite avec la pluviométrie locale et régionale.

II.2. Nappes d'eau souterraines (suite)

- ✓ **Les nappes géologiques** ou **hydrogéologiques** ne sont pas exploitées par les racines et n'influencent pas l'humidité du sol raciné.
- ✓ Elles fluctuent très peu ou très lentement en fonction de la pluviométrie locale.
- ✓ L'approvisionnement des nappes géologiques a trois origines :
 - l'accumulation peut être très ancienne. On parle de nappes fossiles qui se sont formées il y a plusieurs centaines ou milliers d'années, lorsque le paysage était différent de l'actuel;
 - l'accumulation peut se faire par des écoulements latéraux à partir de régions plus ou moins distantes;
 - elle peut aussi résulter d'apports d'eau locaux ou régionaux mais avec des délais de réaction de plusieurs mois ou années.

II.2. Nappes d'eau souterraines (suite)

II.2.1. Fluctuations des nappes

- ❑ Ces fluctuations obéissent à certaines règles que nous pouvons résumer :
- ✓ Le relèvement du niveau phréatique commence quelques jours ou quelques semaines au début de saisons pluvieuses lorsque plusieurs conditions sont réunies,
- ✓ Les entrées d'eau dans la terre (pluies, eau de ruissellement) doivent excéder les sorties (évaporation et transpiration des plantes);
- ✓ La terre doit être saturée d'eau sur toute la profondeur qui sépare la surface du terroir et le sommet de la nappe. Plus cette profondeur est grande, plus importante est la quantité d'eau nécessaire pour la saturer et plus long est le temps de réaction de la nappe.

II.2.1. Fluctuations des nappes (suite)

- ✓ Telles sont les raisons qui expliquent en général que les utilisatrices de puits doivent attendre quelque temps après le début des pluies pour voir remonter le niveau de l'eau.
- ✓ Le phénomène joue aussi en sens inverse. L'eau infiltrée poursuit son chemin vers la nappe même si aucune pluie nouvelle ne tombe sur le terroir.

II.2.1. Fluctuations des nappes (suite)

- ❑ L'abaissement du niveau d'une nappe s'explique de plusieurs façons:
 - ✓ l'eau peut être consommée de diverses manières (remontée capillaire et évaporation); succion et transpiration par la végétation; exploitation par puisage ou forage;
 - ✓ l'eau de la nappe peut aussi s'échapper en s'écoulant le long de la couche imperméable.
 - ✓ Celle-ci peut aussi être légèrement poreuse et laisser passer de l'eau très lentement.
 - ✓ Elle peut être interrompue à certains endroits.
 - ✓ Retenons deux aspects de l'activité perturbatrice de l'homme:
 - la surexploitation des nappes pour les besoins de la consommation : on puise dans la nappe d'eau qu'elle n'en reçoit;
 - des comportements favorisant le ruissellement de surface au détriment de l'infiltration.

II.2.2. Topographie des nappes d'eau

- ✓ Le débit de la source et ses fluctuations dépendent :
 - de la quantité d'eau infiltrée dans le massif,
 - de la capacité de la masse imperméable à retenir l'eau. Un amas de pierres n'arrête pas l'eau alors qu'un mélange comprenant une part d'argile la ralentit dans sa course.
- ❑ Si la couche imperméable est proche de la surface du sol et affleure dans un bas-fond peu encaissé et mal drainé, la nappe affleure aussi, **il se forme un marécage.**
- ❑ Il existe donc des lacs, des mares et des ruisseaux souterrains.
- ❑ Dans les zones côtières ou le long d'estuaires maritimes, deux nappes d'eau peuvent se superposer sans qu'il y ait de couche de matériaux imperméables entre elles.
 - Ceci est dû au fait que l'eau de mer salée est plus lourde que l'eau douce s'infiltrant à partir de la surface du Sol. L'eau puisée sera donc douce ou salée selon la profondeur du puits.

Chap. III. DIFFERENTS TYPES D'AGRICULTURE VUS SOUS L'ANGLE DE L'ECONOMIE D'EAU

III.1. Agriculture pluviale

- ✓ L'agriculture pluviale ou agriculture sous pluie est celle qui dépend entièrement des pluies.
- ✓ Elle est tributaire du calendrier des pluies et de la répartition de celles-ci au cours des saisons pluvieuses.
- ✓ On parle aussi de cultures de plateau ou de cultures sèches pour caractériser ce type d'agriculture.
- ✓ Dans certaines régions, l'agriculture pluviale est pratiquée en un seul cycle cultural, dans d'autres en deux cycles de cultures.
 - Le calendrier est **dit unimodal** : il n'y a qu'une seule saison pluvieuse et une seule saison sèche dans l'année.
 - Le calendrier des pluies **est bimodal** : il y a deux saisons des pluies et deux saisons sèches d'inégales importances.

III.2. Cultures irriguées

- ✓ Irriguer veut dire arroser artificiellement la terre et les plantes.
- ✓ Si les cultures pluviales dépendent entièrement des pluies, les cultures irriguées bénéficient d'arrosages organisés au moyen de conduites d'eau, des canaux, de réservoirs, de pompes, etc.
- ✓ On parle d'irrigation totale lorsque les besoins en eau de la culture sont satisfaits par l'irrigant sans discontinuité, d'un bout à l'autre du cycle cultural.
- ✓ On parle d'irrigation d'appoint, lorsque l'arrosage artificiel vient seulement suppléer l'arrosage par les pluies, lorsque celui-ci est déficient ou insuffisant.
- ✓ On distingue deux grands modes d'irrigation :
 - l'irrigation par gravité qui imite l'écoulement naturel des eaux à la surface de la terre et
 - l'irrigation par aspersion qui projette l'eau en l'air pour la laisser retomber sur les cultures, sous forme de pluie.

III.2. Cultures irriguées (suite)

- ❑ **L'efficacité** d'un système d'irrigation ne dépend pas nécessairement du niveau **d'investissement consenti**.
- ❑ Il existe d'immenses périmètres irrigués établis à coup de milliards dont l'efficacité est très faible et les coûts de fonctionnement très élevés.
- ❑ D'autres périmètres plus restreints et ne bénéficiant que d'équipements minima donnent parfois des résultats supérieurs.
- ❑ La possibilité d'irriguer dépend de la **réserve d'eau** disponible.
- ❑ Lorsqu'on dispose d'une rivière ou d'un lac permanent, l'irrigation est possible durant toute l'année
- ❑ Mais, dans bien des cas, ces réserves ne sont pas permanentes. Elles évoluent dans le temps en fonction de la pluviométrie du lieu même ou de régions plus lointaines et de l'état de l'environnement (par exemple, l'état de la couverture végétale sur le bas- versant alimentant une rivière).

III.2. Cultures irriguées (suite)

- ✓ Lorsque les ressources en eau sont périodiques, elles peuvent être utilisées de plusieurs façons :
 - comme appoint **au cours d'une saison pluvieuse**, aux moments où les plantes risquent de souffrir d'un manque d'eau;
 - comme **appoint pour prolonger l'arrosage naturel** par les pluies, au début d'une saison sèche;
 - pour arroser **durant une saison sèche** : réaliser des **cultures de saison sèche ou cultures de contre-saison**
- ✓ **L'efficacité de l'agriculture irriguée se mesure à plusieurs niveaux:**
 - celui du **rendement de la terre**
 - celui du **rendement du travail**
 - celui de l'étalement des travaux et de **l'emploi rural**
 - celui du risque **agricole**
 - celui de la rentabilité financière.

III.3. Cultures inondées, cultures de crues et de décrues

- ✓ On parle de cultures **inondées** dès lors que les plantes sont amenées à pousser dans l'eau durant des phases prolongées de leur cycle Végétatif (la culture du riz)
- ✓ **Le riz flottant** est celui croissant au rythme de la montée des eaux dans les parties inondées durant plusieurs semaines et dont les tiges croissent jusqu'à 2 ou 3 mètres de long;
- ✓ le **riz inondé** est celui se trouvant sur les parcelles où la nappe d'eau est peu épaisse et fluctuante;
- ✓ le **riz de décrue** est celui planté dans les endroits que l'eau atteint moins fréquemment et d'où elle se retire assez rapidement.
- ✓ **L'agriculture de décrue** se pratique au moment où les eaux se retirent après une période d'inondation. Elle se déroule donc toujours en fin de saison pluvieuse.

III.4. Cultures drainées

- ❑ Le mot **drainage** est utilisé dans deux significations différentes :
- ✓ Drainage désigne le mouvement de l'eau qui quitte un volume de sol déterminé. C'est un mouvement naturel qui se fait selon les règles de la gravité, à travers les pores du sol et du sous-sol, vers le bas.
- ✓ Le mot est aussi utilisé pour désigner l'action de l'homme consistant à favoriser l'échappement de l'eau excédentaire dans ses terres de cultures.
- ✓ En période pluvieuse, l'eau s'accumule dans certains bas-fonds à tel point qu'il n'est pas possible d'y cultiver.
- ✓ Le **drainage** consiste alors à créer des passages (appelés **drains**) qui permettent à l'eau de quitter la couche arable.
- ✓ Il existe de nombreuses pratiques de drainage qui ont pour but de se débarrasser des eaux excédentaires en les faisant circuler dans des canalisations situées à l'air libre ou placées en terre.

Chap. IV. IRRIGATION ET DRAINAGE

IV.1. Introduction

- ✓ Compte tenu de son importance et les dégâts qui lui sont imputés, la gestion de l'eau dans un milieu rural constitue une préoccupation principale du génie rurale.
- ✓ Dans le domaine de l'agriculture, **les techniques de génie rural en matière d'eau visent 4 objectifs :**
 - régulariser l'alimentation des plantes en eau,
 - assainir le terrain agricole (drainage),
 - éviter les pertes de sol (défense et restauration du sol),
 - procurer l'eau aux animaux.

IV.2. Irrigation des cultures

- ✓ L'ensemble des techniques qui permettent d'apporter l'eau à la plante s'appelle irrigation.
- ✓ Chaque culture a des besoins spécifiques en matière d'eau qui varie d'ailleurs avec le stade de développement de la plante. Ce besoin se résume par la consommation d'eau d'une plante et la perte d'eau par évaporation de son environnement.
- ✓ On englobe toutes ces pertes dans le terme Evapotranspiration potentielle (ETP) qui suppose que le sol est maintenu en permanence à sa capacité de rétention d'eau et que la végétation se trouve à son développement végétal optimal.
- ✓ L'évapotranspiration dépend du climat (humidité relative, vent, insolation, t° de l'air, pression barométrique), de la plante (variété, degré de développement de la plante, densité de couverture du sol), et du sol (porosité, granulométrie, teneur en matière organique...).

Les trois systèmes d'irrigation :

- ✓ Le système de surface : il consiste à envoyer l'eau au moyen des canaux ou fossés ;
- ✓ Le système sous pression. L'eau est transportée et distribuée par un réseau des tuyaux sous pression ;
- ✓ Le système souterrain : L'eau est distribuée sous le sol par un système de canaux enterrés (on peut même mettre dans l'eau des engrais pour les plantes).

Les éléments de choix d'une méthode d'irrigation

Méthodes d'irrigation	Pente du terrain	Perméabilité du sol	Fragilité de la culture	Mouvement du vent	Quantité d'eau disponible
Aspersion	Convient même si la topographie est irrégulière	Convient dans toutes les circonstances	Peu adaptée pour certaines cultures	Affectée par le vent même sombre	Méthode efficiente
Système de surface	Compatible avec les faibles pentes	Ne convient pas aux sols très perméables ni aux sols imperméable	Adaptée à toutes les cultures sauf celles à système racinaire très sensible à l'excès d'eau	N'est pas gêné par le vent	Méthode efficiente
Système souterrain	Convient dans tous les cas	Convient aux sols à perméabilité moyenne	Convient bien aux cultures fragiles (en lignes)	Insensible au vent	Permet l'économie d'eau

Calcul de la pente

- ✓ La pente est l'expression de la dénivellation entre deux points d'un parcours. On l'exprime en mètres pour 100 mètres ou en %.
- $\text{Pente} = \text{dénivellation} \times 100 / \text{distance horizontale}$
- Exemple. Nous suivons un parcours de 150 mètres et que nous nous retrouvons trois mètres plus bas que le point de départ, nous calculons la pente comme suit:
 - $\text{Pente} : 3 \text{ mètres} / 150 \text{ mètres} = 0,02 \text{ mètre/mètre} = 0,02 \times 100 = 2\%$

IV.2.1. Système de surface

✓ Les techniques d'irrigation de surface comprennent 3 classes :

- L'irrigation par ruissellement ;
- L'irrigation par submersion ;
- L'irrigation par infiltration.

a. Irrigation par ruissellement

- Elle consiste à creuser des rigoles ou fossés à partir de cours d'eau perpendiculaire à la pente et l'eau s'écoule le long de la pente.
- Cette méthode exige que le sol aie une pente comprise entre 0,1 -5% et que le sol soit couvert d'une végétation (méthode bonne pour le pâturage).

b. Irrigation par submersion

- C'est l'irrigation par bassins et ces derniers sont remplis périodiquement.
- Le sol doit être plat ou horizontal autant que possible.
- Ce système ne convient pas au sol trop perméable ni trop imperméable, mais plutôt au sol à perméabilité moyenne,
- Il est recommandé pour la culture du riz irrigué.

c. Irrigation par infiltration

- Elle consiste généralement à pratiquer les sillons dans les sols qui reçoivent l'eau. Celle-ci s'infiltré verticalement et latéralement.
- Les rigoles larges et profondes conviennent aux plantes à racines.
- D'une manière générale, l'écartement des sillons varie entre 0,6 à 1 m.
- Pour la canne à sucre, on adopte un écartement de 1,6 m et pour le cotonnier 0,80 m.

IV.2.2. Système sous pression

- ✓ Le système sous pression le plus répandu est l'irrigation par l'aspersion.
- ✓ Ce système consiste à réaliser une pluie artificielle à l'aide d'organes d'arrosage de projection.
- ✓ C'est l'irrigation en air au dessus des cultures ou parmi les cultures.

Composition d'une installation par aspersion individuelle

1. Le groupe de pompage

- ✓ L'eau peut provenir des pluies ou des rivières. Les pompes utilisées sont des pompes centrifuges.
- ✓ Si l'eau est puisée dans la rivière, la hauteur de l'aspiration ne doit pas dépasser 7 m. Dans les puits, on place un moteur immergé. La force motrice peut être thermique ou électrique.

2. Le transport de l'eau

- ✓ Les tuyauteries servant à l'alimentation des organes d'arrosage sont rarement à poste fixe.
- ✓ La partie mobile est souvent en tuyauterie légère démontable.

3. La distribution d'eau

- ✓ Les unités d'arrosage peuvent être soit des pompes perforées soit des arroseurs rotatifs.
- ✓ On calcule le nombre d'appareils à installer par la formule suivante.

$$N = U/S$$

U = surface à couvrir instantanément

S = surface réelle couverte par un appareil.

IV.2.3. Irrigation souterraine

- ✓ Dans cette technique, on cherche à humidifier des horizons du sol dans la zone occupée par les racines, sans mouiller la surface.
- ✓ L'alimentation est faite par des tuyaux en plastique perforés ou par des drains en poterie et laisse sortir l'eau à la jonction.
- ✓ Cette technique est délicate du fait des risques de colmatage et de sorties de l'eau qui sont énormes.
- ✓ Les conduites sont placées à une profondeur de 0,6 à 0,80 m.

Les éléments à prendre en compte dans la réalisation d'un canal

- ✓ La section transversale du canal : on appelle section transversale du canal, la section plane normale à la direction générale d'écoulement
- ✓ La profondeur ou la hauteur d'eau ;
- ✓ La surface mouillée : $a b c d$;
- ✓ Le périmètre mouillé $(ab + bc + cd)$;
- ✓ Le rayon hydraulique $r = S/P$;
- ✓ La largeur superficielle et la largeur du fond de canal.

IV.3. Assainissement agricole (Drainage)

- ✓ Le but d'assainissement agricole est de débarrasser les terrains de leurs excès d'eau.
- ✓ Ces excès d'eau ont des nombreux inconvénients :
 - Le sol humide se réchauffe mal, ce qui retarde la germination et la croissance des plantes ;
 - Le sol humide est imperméable à l'air, ralentissant ainsi l'activité des microorganismes ;
 - Le sol humide est difficile à travailler.
- **Les trois principales causes à la base de sols humides :**
 - Arrivée abondante d'eau provenant de l'extérieur de la zone humide;
 - Stagnation des eaux directes ou indirectes ;
 - Obstacles à l'évacuation naturelle des eaux (dépôts alluvionnaires, coulées volcaniques, digues, barrages, ponts, route...).

Les remèdes pour les trois causes citées ci-haut sont :

- ✓ Empêcher les eaux extérieures de pénétrer dans la zone à assainir ;
- ✓ Recueillir les eaux reçues qui maintiennent la nappe à un niveau trop élevé ;
- ✓ Amener les eaux recueillies à un exutoire naturel.

IV.3.1. Techniques pour résoudre le problème des zones humides

Parmi les techniques, on peut citer :

1. La construction des digues : On recourt aux digues quand on veut assainir une zone qui reçoit les submersions venant d'une rivière ou de la mer. Les digues sont souvent en terre.
2. Le drainage par fossés ouverts : Cette technique consiste à réaliser des petits fossés pour recueillir de l'eau et l'amener à des fossés collecteurs qui aboutissent à l'exutoire naturel
3. Le drainage par puits filtrants : Il s'applique au cas où les eaux de la nappe superficielle sont empêchées de s'écouler en profondeur du fait de la présence d'une couche imperméable.
4. Le drainage par tuyaux enterrés : Il consiste à placer sous terre un réseau de canalisation de l'eau. Les éléments les plus petits sont appelés « drains ».

Les ouvrages spéciaux utilisés dans les travaux d'assainissement

a. Regards et chambres de raccordement (boucle)

- ✓ Les regards servent de point de jonction de 2 ou plusieurs collecteurs et permettent d'assurer le bon fonctionnement du réseau à intervalle régulier.
- ✓ Il faut régulièrement enlever les dépôts qui s'y forment.
- ✓ Les chambres de raccordement (boucle) ont la même construction que les regards, mais elles sont enterrées.

b. Tranchées

- ✓ Elles empêchent l'obstruction des drains par les arbres, on y place le plus souvent des tranchées remplies des pierres pour limiter la progression des racines.

IV.3.2. Profil et écartement des drains

- ✓ La profondeur et l'écartement des drains dépendent :
 - de la nature du sol et
 - de la technique d'assainissement envisagé.

- ✓ L'écartement augmente avec :
 - la perméabilité du sol,
 - les pentes (varient de 2 à 5%),
 - le diamètre des drains (dépend de débit et de la pente).

- ✓ Actuellement, la mise en place des drains et collecteurs se fait avec les machines à outils fousseurs fixes.

Les 9 étapes pour installer un réseau de drainage

1. Le piquetage ;
2. L'arrivage des machines ;
3. Le terrassement des emplacements des regards ;
4. Creuser chaque coin de jonction d'un trou de 70 cm de diamètre ;
5. Creuser les tranchées et collecteurs ;
6. Pose des drains et filtres ;
7. Pose de raccordement et regards ;
8. Remblaiement des tranchées ;
9. Evacuation du matériel.

On parle de **drainage du sol** et **drainage d'un bas-fond**

Le **drainage artificiel** est organisé par l'homme dans le but de cultiver ou d'assécher une terre marécageuse

IV.3.3. Drainage artificiel

- ✓ Les raisons qui justifient un drainage artificiel sont les suivantes :
 - mettre en valeur des terres de culture et surtout des terres marécageuses.
 - Maintenir la structure et la vie microbienne de certaines terres de culture.
 - Protéger une zone d'habitat contre les risques d'inondation.
 - Réduire certains risques de maladie.
 - Désaliniser les parcelles risquant la salinisation, particulièrement dans les périmètres irrigués ;
 - Améliorer la perméabilité, le relief général du terroir et la topographie des lieux.

Caractéristiques de bas-fond

- ✓ Le bas- fond se caractérise par :
 - Sa végétation marécageuse, en particulier les papyrus ;
 - La fréquence des inondations en saison pluvieuse, inondations pouvant aller jusqu'à 0,50 à 1 mètre de lame d'eau, selon les endroits, après de fortes pluies ;
 - L'absence d'exploitation agricole, vu les risques de destruction résultant des inondations. Seuls, quelques cultivateurs s'aventurent à cultiver les marais en saison sèche, profitant de l'humidité résiduaire du sol ;
 - Les déplacements aléatoires du lit de la rivière, au gré des débordements.

IV.3.4. Surdrainage

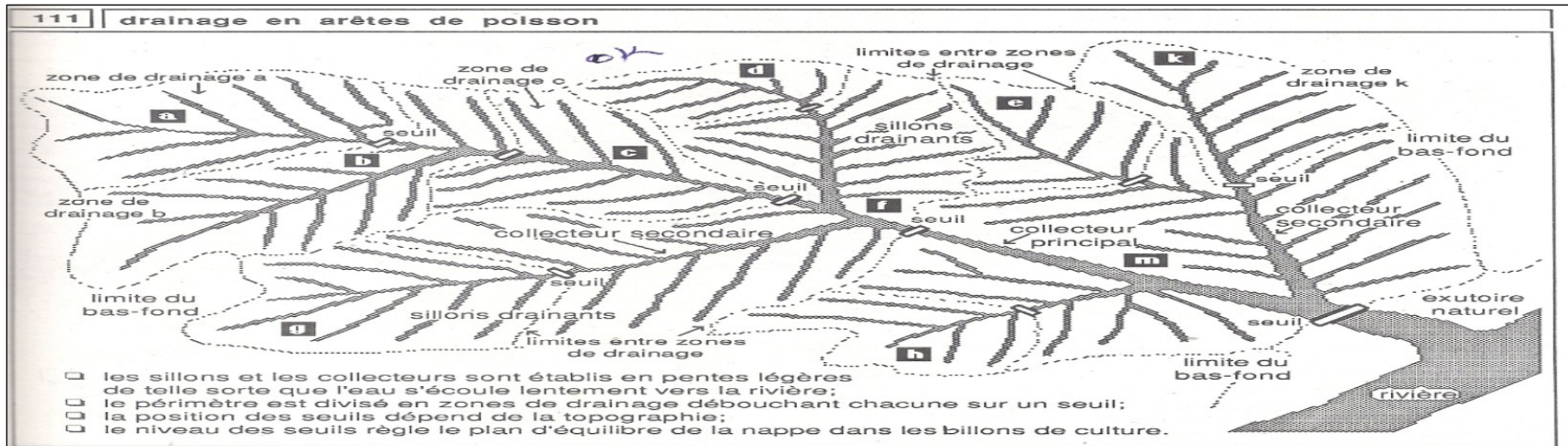
- ✓ Le surdrainage peut être provoqué par :
 - Des erreurs d'aménagement (abaissement intempestif du seuil de drainage)
 - La surexploitation d'une nappe d'eau par des puisages ou des pompages trop abondants.

Risques du seuil naturel de drainage

- ✓ risques de ravinement résultant de la concentration des filets d'eau et de l'érosion qu'elle provoque;
- ✓ risques de surdrainage et d'assèchement de la couche arable;
- ✓ risques d'effondrement dus à la modification de la structure du sol.

IV.4. Types de drainage

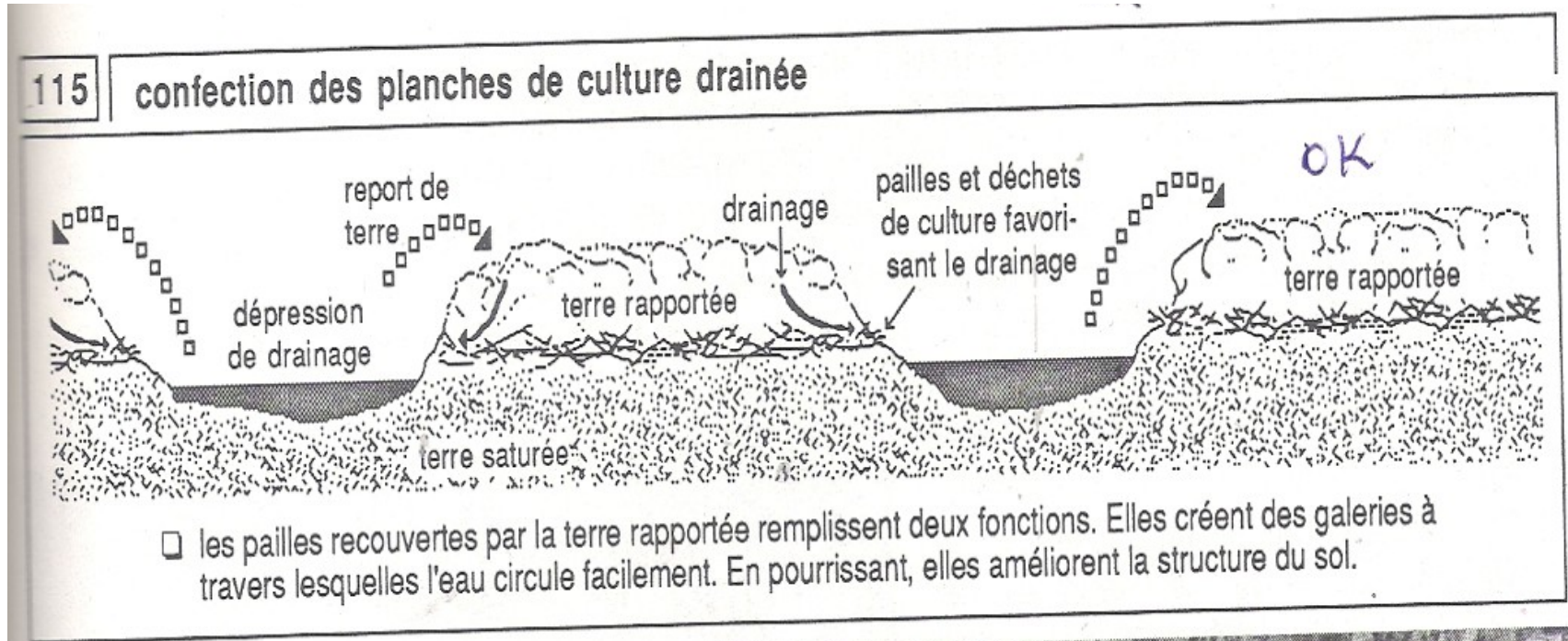
1. Drainage en arêtes de poisson



- La disposition et le profil des sillons dépendent de plusieurs facteurs :
 - Le mode d'exploitation souhaité et les cultures à entreprendre,
 - Le volume d'eau à drainer, en particulier aux moments des fortes pluies,
 - Le type de planches ou de billons souhaités pour la culture,
 - Les caractéristiques topographiques des zones de drainage.

IV.4. Types de drainage (suite)

2. Drainage par modelage du sol



✓ En l'absence d'exutoire pour l'eau excédentaire, les cultivateurs ne peuvent guère faire autrement que de drainer en modelant le sol.

IV.4. Types de drainage (suite)

3. Drainage par canalisations enterrées

- ✓ Pour des surfaces relativement restreintes (étant donné le coût des aménagements), on peut pratiquer un drainage par des canalisations enterrées.
- ✓ Le même type de drainage peut être réalisé au moyen de pierres et de graviers.
- ✓ Des fossés sont creusés jusqu'à la profondeur de drainage souhaitée.
- ✓ Leurs fonds sont établis en pente légère vers un collecteur. Un premier lit de grosses pierres est disposé au fond.
- ✓ Il est recouvert d'une couche de gros graviers puis de sable grossier filtrant.

IV.4. Types de drainage (suite)

4. Sous-solage

- ✓ Le **sous-solage** est une pratique qui vise à améliorer la circulation de l'eau (et subsidiairement de l'air) entre le sol et le sous-sol, il est en général favorable au drainage.
- ✓ Une forte lame en fer est tirée par un puissant tracteur. Elle est terminée par un soc.
- ✓ La lame avance en créant une fente dans la terre, alors que le soc y creuse une galerie.
- ✓ On peut descendre avec le soc entre 0,5 et 1,2 mètre de profondeur, avec des tracteurs de forte puissance.

IV.4. Types de drainage (suite)

5. Perrés (revêtement en pierres)

- ✓ Dès que l'eau est en mouvement, il existe un risque de voir s'éroder les berges d'une pièce d'eau et celles des aménagements destinés à contenir ou à canaliser l'eau.
- ✓ Il est donc nécessaire d'étudier les effets des mouvements de l'eau sur toutes les parties sensibles des aménagements.
- ✓ C'est par exemple l'énergie cinétique des vagues venant s'écraser contre les berges d'un lac qui justifie la confection des **perrés**.
- ✓ C'est aussi le mouvement de l'eau et son énergie cinétique qui peuvent éroder la paroi d'une diguette.
- ❑ Plusieurs solutions existent pour l'aménageur
 - ✓ il peut empêcher l'eau de s'écouler le long de la diguette principale en créant des diguettes secondaires perpendiculaires, munies de petits déversoirs.
 - ✓ il peut aussi protéger le flanc de la diguette par des pierres.
 - ✓ ou encore enherber ce flanc de façon à fixer la terre et à réduire le ruissellement sur la terre nue.

Chapitre V. DEBIT DES COURS D'EAU ET CANAUX

- ✓ Le débit d'eau dans un canal, une rivière ou un tuyau est la quantité d'eau qui passe dans cette conduite au cours d'un temps déterminé.
- ✓ On le mesure le plus souvent en litres par seconde (l/s) pour les petits débits et en mètres cubes par seconde (m^3/sec) pour les gros débits, en sachant que $1 m^3 = 1000$ litres.
- ✓ Le calcul du débit permet donc de voir si la source est suffisante pour satisfaire tous les besoins en eau des populations de l'endroit.

V.1. Canalisations ouvertes ou fermées

- ✓ Le débit et la vitesse de l'eau s'apprécient différemment selon que les canalisations sont ouvertes à l'air libre ou fermées entièrement remplies d'eau.
- ✓ Tant que la surface de l'eau en mouvement est en contact avec l'air extérieur, la pression d'eau en un point précis n'influence pas la vitesse du liquide. Par contre, la section du filet d'eau grandit ou diminue selon le débit.
- ✓ Lorsque la canalisation est fermée et entièrement remplie, l'eau est soumise à une certaine pression équivalente à la hauteur d'eau surplombant le point de mesure.
- ✓ Le débit est alors proportionnel à la pression.
- ✓ Cette pression peut s'exercer tant vers le bas que vers le haut.

V.2. Débit dans un tuyau rempli

- ✓ Contrairement à ce qui se passe dans les canalisations ouvertes, la section d'un tuyau rempli d'eau en un point donné est invariable.
 - ✓ Le seul facteur pouvant faire varier le débit est la vitesse de passage de l'eau. Celle-ci est influencée par la pression d'eau qui s'exerce soit naturellement (force de gravité et pression atmosphérique), soit artificiellement (refoulement par une pompe).
 - ✓ Pour mesurer le débit d'un robinet ou d'un tuyau, il suffit de chronométrer le temps nécessaire pour remplir un récipient dont la contenance est parfaitement connue.
 - ✓ Pour une grosse pompe, on mesurera le temps qu'il faut pour remplir un fût ou une citerne de contenance connue.
-
- Pour les tuyaux de vidange :
 - La vitesse de l'eau à la sortie du tuyau est proportionnelle à la hauteur **d'eau** accumulée (H),
 - Le débit est proportionnel à la section du tube dans les tuyaux de sortie des pompes,
 - La vitesse dans le tuyau dépend de sa section et de la puissance de la pompe.

 - Le réglage du débit dans un tuyau de vidange se fait au moyen d'une **vanne**. C'est un appareil permettant de faire varier la section à travers laquelle passe l'eau.

Mesure de débit d'un cours d'eau et d'une tuyauterie

- ✓ **La mesure** du débit d'un cours d'eau est plus difficile que celle d'une tuyauterie sous pression : car il n'est pas possible de le déverser dans un récipient.
- ✓ Pour y aboutir, on doit rechercher deux éléments: la **section mouillée** et la **vitesse de passage de l'eau à travers cette section**.

1. Section mouillée

- ✓ A un endroit donné, elle est délimitée par la ligne marquant les berges et le fond, et par la limite entre l'air et l'eau.
- Pour le tuyau : $(3,14 \times D^2)/4$
- Pour le cours d'eau : section rectangulaire : Tirant d'eau (hauteur d'eau dans le canal) x largeur du canal. Section trapézoïdale : $(B + b)/2 \times h$ (hauteur d'eau dans le canal).

2. Vitesse d'écoulement

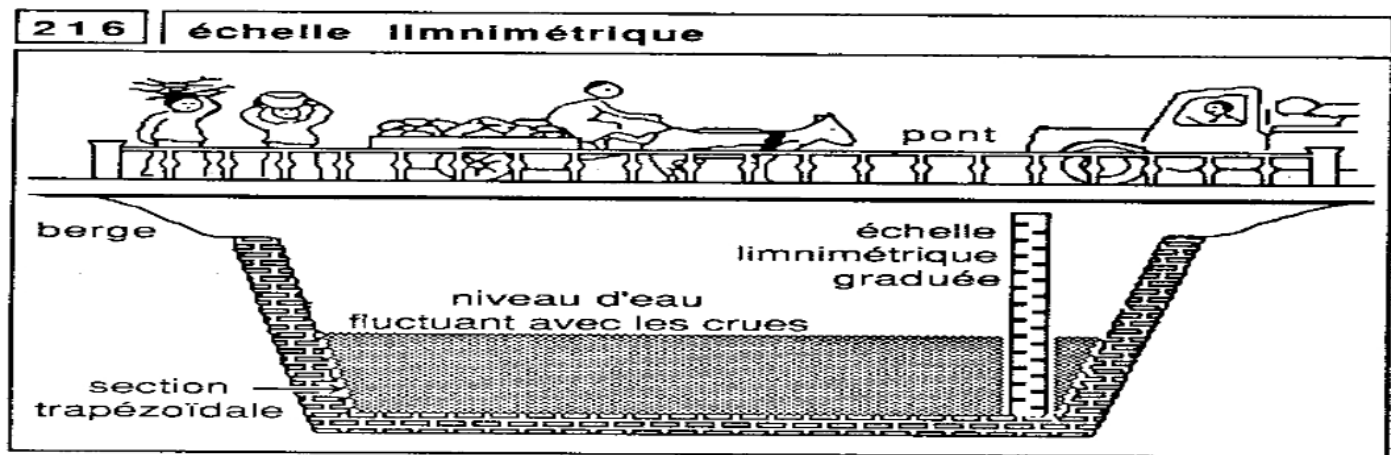
- ✓ Le second élément à mesurer pour pouvoir calculer le débit est la vitesse de passage de l'eau.
- ✓ Il existe de petits appareils appelés *débit-mètres* qui permettent de mesurer cette vitesse.
- ✓ Il s'agit d'un moulin et muni d'un compte-tours.
- ✓ On le place à fleur de courant et on chronomètre le nombre de tours qu'il fait dans un temps déterminé.
- ✓ Un tableau chiffré, fourni en même temps que l'appareil, permet de connaître la vitesse du courant.
- ✓ Si on ne dispose pas d'un débit-mètre, on peut quand même tenter d'estimer le débit d'un cours d'eau par la méthode **du flotteur**
- ✓ Cette méthode ne permet qu'une approximation car beaucoup d'imprécisions viennent grever la mesure:
 - la sinuosité des cours d'eau,
 - l'enherbement des berges,
 - La profondeur, les remous sont autant d'éléments qui peuvent modifier la vitesse du flotteur.

Précautions à prendre dans l'utilisation de la méthode de flotteur :

- dégager le fond et les berges de tout ce qui peut ralentir le courant et donc le flotteur, sur la longueur de flottaison ;
- choisir un parcours assez rectiligne et en pente faible ;
- veiller à ce que le flotteur flotte librement.
- Il doit bien pénétrer la masse d'eau en mouvement et ne peut être freiné ou arrêté par les aspérités du terrain.

Echelle limnimétrique

- Il s'agit d'une échelle graduée placée à côté d'un endroit dont on connaît la section.
- A tout moment, on peut lire la hauteur atteinte par l'eau sur l'échelle limnimétrique



V.3. Expressions du débit

- ✓ La mesure du débit d'un cours d'eau n'est valable qu'au moment précis et durant le temps où on l'effectue ; il faut donc indiquer la date et l'heure de mesure sur le relevé.
- ✓ On distingue plusieurs expressions du débit :
 - le débit instantané d'un cours d'eau mesuré à un instant précis ;
 - le débit moyen est la moyenne des débits mesurés au cours d'une période (un mois, une saison pluvieuse, une année...).
 - le débit de crue est celui qui se constate au moment d'une crue.
 - Le débit à l'étiage correspond à la période de l'année au cours de laquelle le cours d'eau est à son niveau le plus bas. Ces deux expressions du débit doivent être établies à partir d'observations portant sur plusieurs années.
- Dans les canaux et rigoles, on distingue aussi le débit maximum possible sans débordement. Il faut que la section réelle du canal ait une plus grande hauteur que la section mouillée. La différence de hauteur entre les deux sections est appelée revanche.

Chap. VI. EXHAURE DE L'EAU

- ✓ On parle d'exhaure pour signifier le fait de soulever l'eau au moyen d'un récipient ou d'une pompe, en vue de l'utiliser à la surface du sol.

VI.1. Les pompes

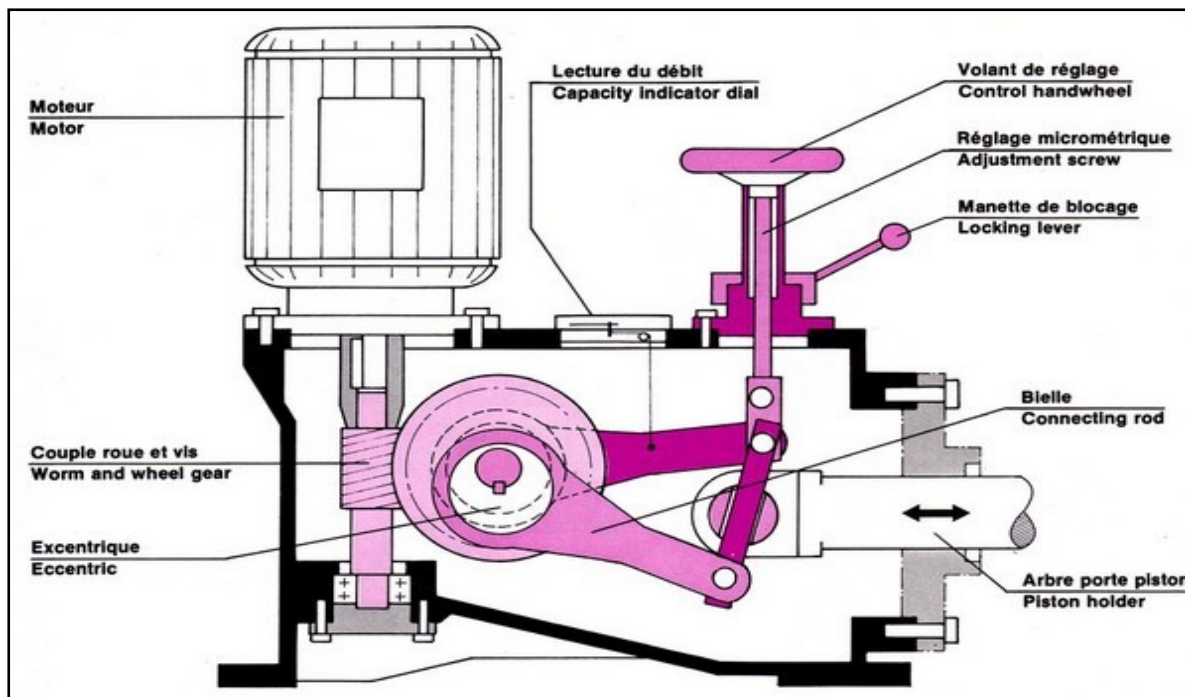
- ✓ Il existe une multitude de modèles de pompes ou de matériels d'exhaure, certains étant produits artisanalement, d'autres industriellement.
- ✓ on distingue deux catégories de pompe :
 - les pompes fonctionnant sous pression et celles qui fonctionnent hors pression.
 - ☐ Les pompes sous pression sont toujours des enceintes fermées dans lesquelles on crée des pressions et des dépressions.
 - Un jeu de **soupapes détermine** le sens de passage du liquide.
 - ☐ Les pompes hors pression fonctionnent en enceintes ouvertes et en présence d'air. L'eau est simplement transportée.

Les questions à poser lorsqu'on veut choisir une pompe

- le type de pompe (à godets, à nœuds, à piston, à rotor,...),
- la puissance développée,
- le débit maximum possible ou capacité,
- la hauteur manométrique (HMT),
- le mode de fonctionnement,
- le niveau de mécanisation,
- la continuité ou la discontinuité du débit engendré,
- le type de moteur ou d'entraînement ainsi que l'énergie actionnant le moteur,
- les facilités d'entretien et de réparation, en particulier, la possibilité de trouver les pièces de rechange,
- l'origine de la pompe : artisanale ou industrielle, locale, nationale ou étrangère,
- les coûts d'achat et de fonctionnement.

VI.1.1. Pompes à piston

- ✓ Les pompes à piston sont constituées d'un corps de pompe cylindrique, d'un **piston** allant et venant à l'extérieur de ce corps et d'un ou de plusieurs clapets.
- ✓ Les clapets ou valves sont chargés d'empêcher l'eau de redescendre.
- ✓ Le piston est muni d'un joint qui assure l'étanchéité entre lui et le cylindre. Il est actionné par une tringle solidarifiée à la source d'énergie par un appareillage.
- ✓ Les **pompes à piston** sont adaptées pour des pompages de quantités d'eau relativement faibles à des profondeurs n'excédant pas 20 ou 30 mètres, rdt faible.



Points sensibles des pompes à piston

Les points sensibles des pompes à piston sont les suivants

- ✓ risques **d'encrassement** et **d'enrayage** dus à la charge des eaux. Les grains de sable ou d'argile s'incruster dans les cavités et raient le cylindre et les joints d'étanchéité;
- ✓ risques **mécaniques**. La tringlerie fonctionnant en va et vient constant est soumise à de nombreux coups et à diverses forces de torsion. Les risques de bris sont nombreux.

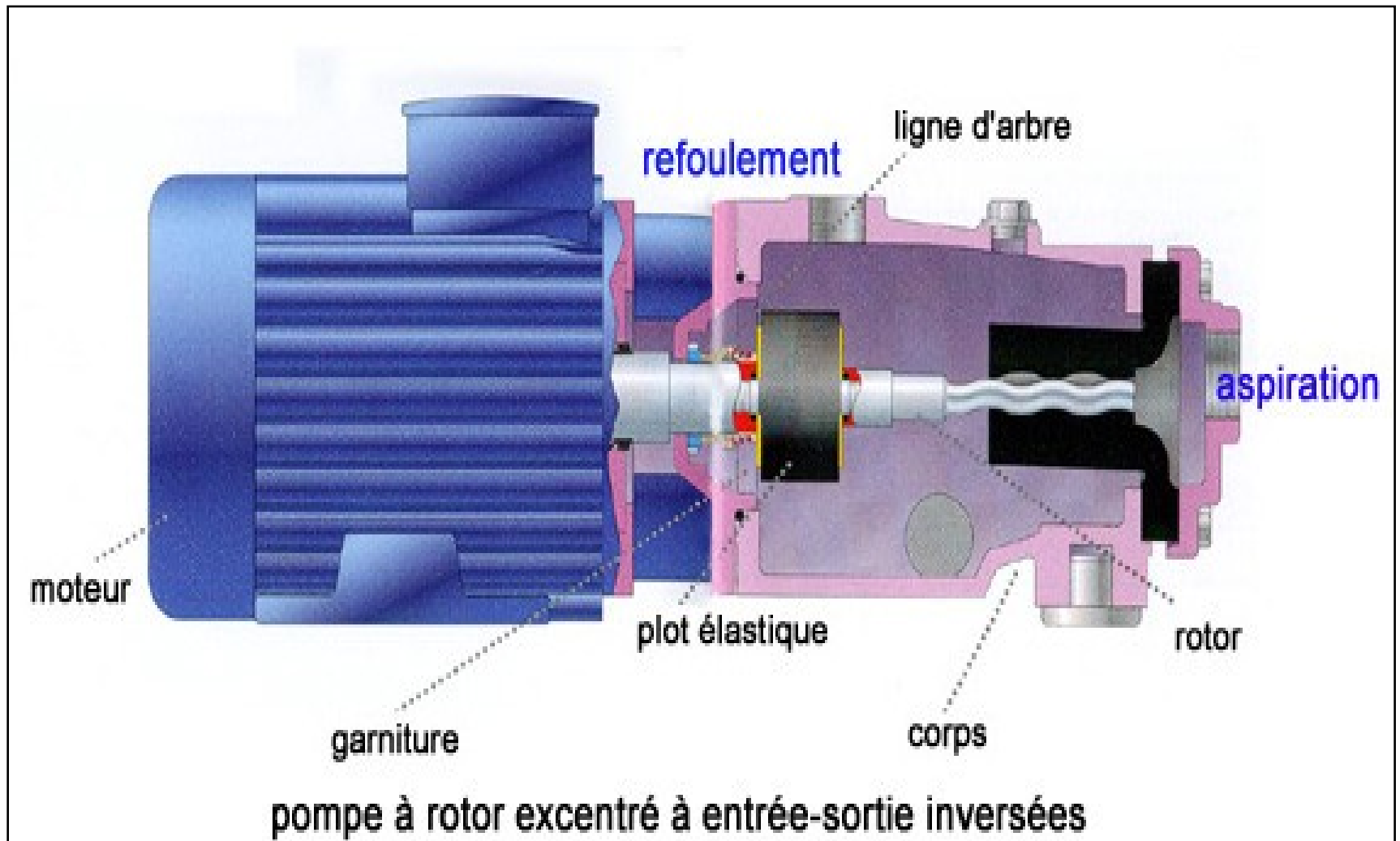
Avantages de ce type de pompe

- ✓ Simplicité : de telles pompes peuvent même être construites artisanalement.
- ✓ Toutes les formes d'énergie peuvent être utilisées pour le fonctionnement des pompes à piston.

VI.1.2. Pompes à rotor ou centrifuges

- ✓ Les pompes à rotor ou centrifuges sont constituées d'un corps de pompe cylindrique ou conique et **d'un rotor** qui y tourne à plus ou moins à grande vitesse.
- ✓ L'eau est aspirée en un point du corps de la pompe par les ailettes du rotor et refoulée en un autre point.
- ✓ Les pompes à rotor fournissent un débit continu, contrairement aux pompes à piston et à enceintes variables.
- ✓ Les clapets restent ouverts pendant le fonctionnement de la pompe; ils ne servent que lorsque le rotor s'arrête pour empêcher le retour de l'eau.
- ✓ On **distingue** aussi les pompes **à corps monocellulaire** et **à corps multicellulaire**.
- ✓ Les **premières** disposent d'une **seule enceinte** et d'un **seul rotor**, les secondes ont **deux ou plusieurs enceintes et de rotors**
- ✓ Le **choix entre l'un et l'autre type** dépend d'une part de la **hauteur** de refoulement, d'autre part de la **vitesse** de rotation du moteur.
- ✓ Pour des hauteurs de refoulement de **moins de 60 mètres**, on utilise presque toujours des pompes à corps monocellulaires.

VI.1.2. Pompes à rotor ou centrifuges (suite)



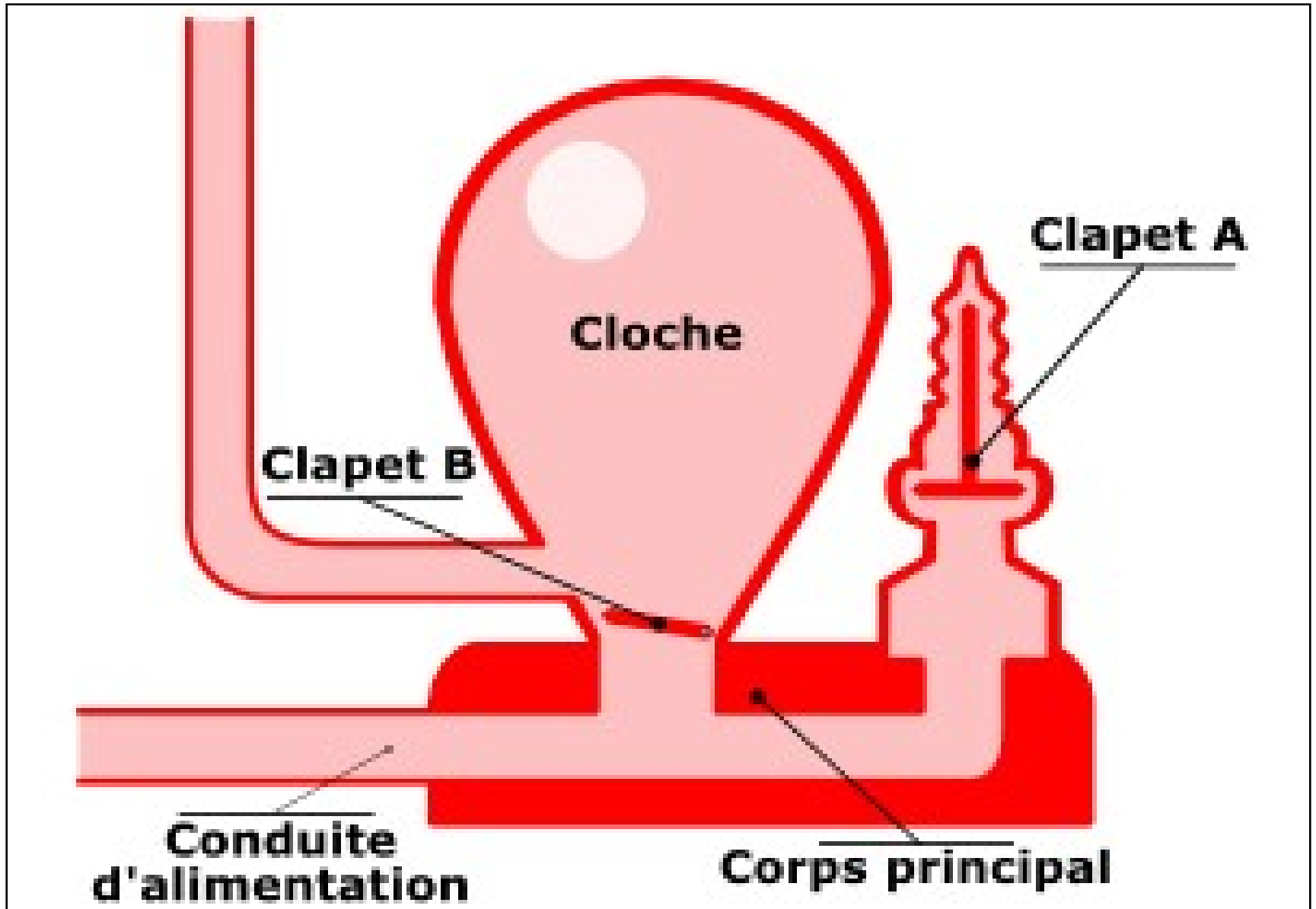
Débit d'une pompe à rotor

- ✓ Le débit d'une pompe à rotor dépend de trois éléments :
 - sa puissance,
 - sa vitesse de rotation exprimée en nombre de tours par minute (T/minute),
 - la hauteur de refoulement.

VI.1.3. Béliers

- ✓ Les béliers sont des équipements de pompage actionnés par l'énergie cinétique de l'eau et, en particulier, par l'énergie développée lors **des coups de bélier** résultant de la fermeture brusque d'une valve dans un tuyau où l'eau est en mouvement.
- ✓ On **peut les placer** sur des cours d'eau caractérisés par un débit suffisant et une topographie accentuée, le plus souvent à proximité **immédiate de petites chutes**.
- ✓ Ce système, assez coûteux à l'installation, fonctionne ensuite sans autres coûts que celui de l'entretien.
- ✓ C'est **l'eau elle-même** qui actionne le pompage.
- ✓ Toutefois, le rendement des béliers est peu élevé : **8 à 10%** seulement de l'eau de la chute se retrouve dans le tuyau de sortie.

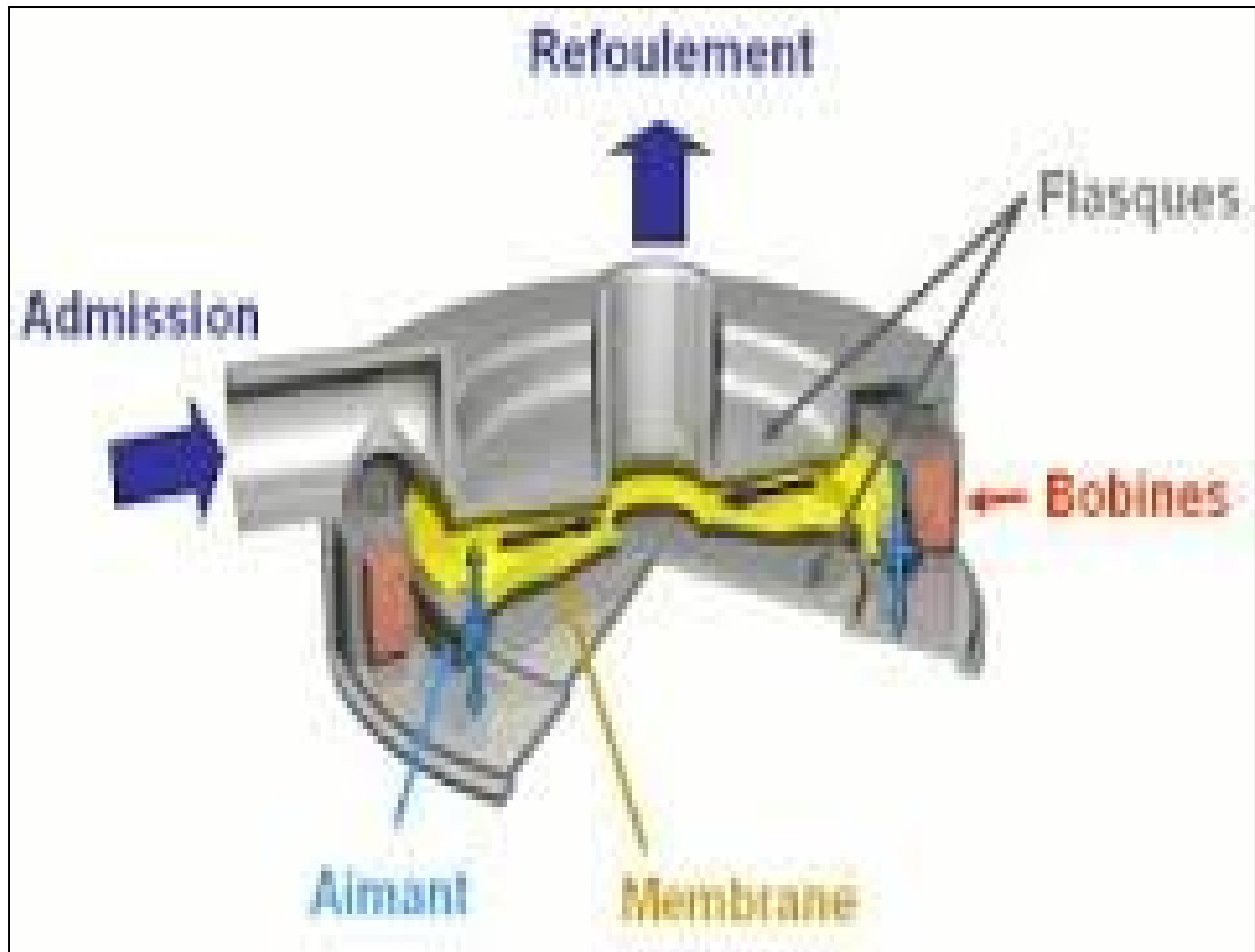
VI.1.3. Béliers (suite)



VI.1.4. Pompes à membrane

- ✓ Elles sont constituées d'un corps de pompe comprenant deux parties séparées par une membrane rattachée à **une tringle** (barre de fer ou tige).
- ✓ Le mouvement de va-et-vient de la tringle déforme la membrane.
- ✓ Lorsque la tringle est tirée vers l'extérieur, le volume de l'enceinte variable s'accroît et l'eau est aspirée.
- ✓ Lorsqu'elle s'enfonce, l'enceinte se rétrécit.
- ✓ La valve d'entrée se referme et l'eau est propulsée vers la sortie dont la valve se referme dès que la tringle s'écarte à nouveau.
- ✓ Le point faible de la pompe à membrane se trouve dans la qualité et la solidité de la membrane en caoutchouc.
- ✓ **Lorsqu'on décide de s'équiper d'une telle pompe, il faut être sûr de pouvoir trouver les membranes de rechange.**
- ✓ Les **pompes à membrane** sont toutes de **construction industrielle**.
- ✓ Elles sont intéressantes **pour de faibles débits** et des hauteurs de pompage réduites.
- ✓ On les emploie souvent **pour extraire des eaux usées** ou chargées car leur pièce **maîtresse** (la membrane) est peu **érodable** par la charge

VI.1.4. Pompes à membrane (suite)



VI.1.5. Pompes à enceinte variable

- ✓ Les pompes à enceinte variable fonctionnent selon le même principe que les pompes à membrane: une enceinte s'élargit et se rétrécit au gré du va-et-vient d'une tringle.
- ✓ L'eau est successivement **aspirée** et **refoulée**.
- ✓ **Deux valves empêchent l'eau de retourner en arrière.**
- ✓ Leur principe de fonctionnement est comparable à celui **des soufflets des forgerons traditionnels.**
- ✓ Les pompes à enceinte variable sont toutes **de construction industrielle.**
- ✓ Elles **conviennent mal à un usage intensif** sous forte pression étant donné le type de matériau souple dont l'enceinte est constituée.
- ✓ Le remplacement éventuel de l'enceinte n'est possible que dans le cas d'une présence continue des fournisseurs de la marque dans la région.

VI.1.6. Diverses pompes hors pression

- ✓ L'eau y est transportée "à l'air libre" sans être soumise à des pressions.
- ✓ Les seules forces en jeu sont le poids de l'eau et les forces mécaniques.

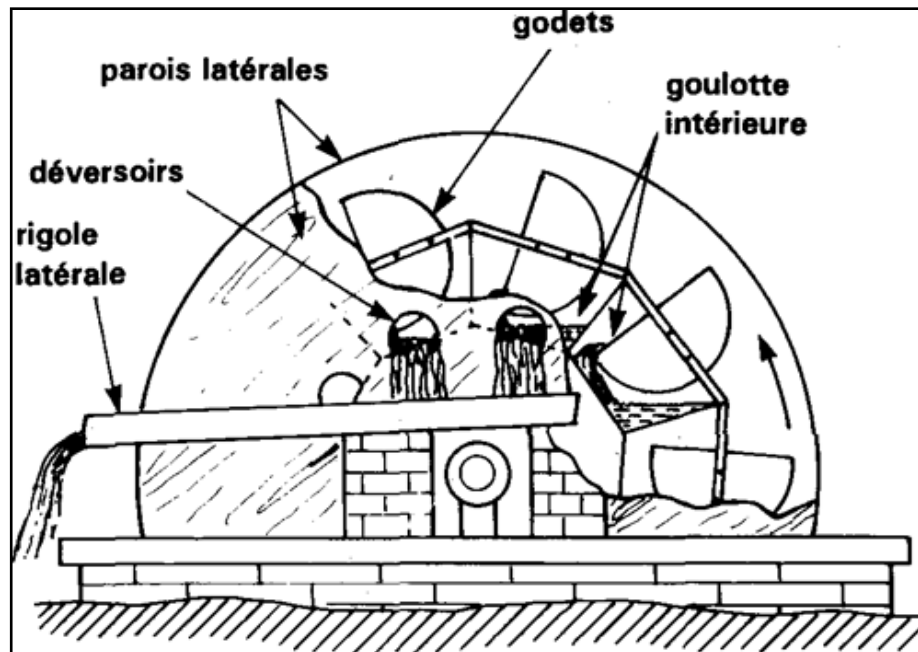
1. Puisettes

- ✓ De tous temps, les femmes puisent l'eau au moyen de puisettes, de seaux ou de bidons accrochés à une corde.
- ✓ L'utilisation d'un rouleau et d'une manivelle facilite le travail et le rend moins pénible.



2. Pompes à godets

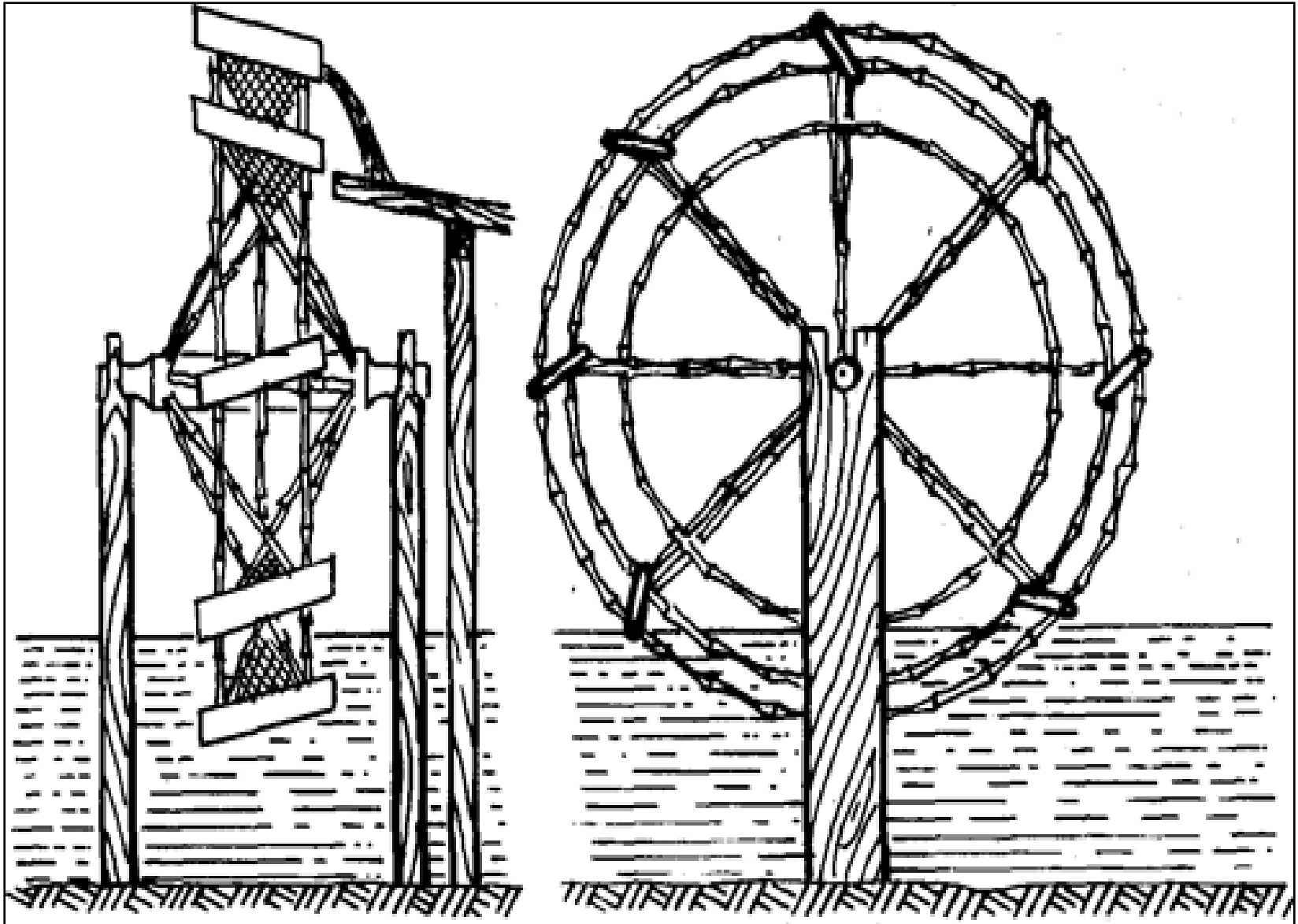
- ✓ Une **chaîne** ou une **roue** est munie de **godets**.
- ✓ Les godets sont renversés lorsqu'ils descendent dans le puits ou le réservoir.
- ✓ Ils se retournent au bas du système et se remplissent d'eau en remontant. Celle-ci est déversée en haut dans une gouttière.
- ✓ Les pompes artisanale depuis l'antiquité et travaillent en général sur de faibles hauteurs d'exhaure, pas en cas de motorisation.



3. Pompes à chaîne ou à nœuds

- ✓ Les **pompes à nœuds** sont intéressantes pour soulever manuellement de petites quantités d'eau.
- ✓ Un **câble circulaire** ou une **chaîne** est munie de **nœuds** ou de **bouchons**, régulièrement espacés.
- ✓ Le diamètre des nœuds ou des bouchons correspond à peu de chose près au diamètre du tube de remontée dans lequel circule le câble.
- ✓ L'extrémité inférieure de ce tube trempe dans la réserve d'eau à pomper.
- ✓ La **chaîne est actionnée par une roue et une manivelle.**
- ✓ Lorsque le nœud remonte, il emprisonne un peu d'eau dans le tube.
- ✓ Celle-ci s'écoule dans une gouttière placée au sommet du tube de remontée.
- ✓ Ces pompes peuvent être construites par **des artisans métallurgistes.**

4. Pompes à chaîne ou à nœuds (suite)



5. Pompes à vis d'Archimède

- ✓ Une **pièce hélicoïdale** (vis d'Archimède) tourne dans une rigole **arrondie** ou un tube entraînant l'eau avec elle.
- ✓ La **hauteur de pompage** ne dépasse pas **quelques mètres** mais le **débit peut être important**.
- ✓ La **construction** de la vis elle-même exige une grande compétence technique.



VI.2. Emplacement des pompes

- ❑ Les pompes hors pression (godets, vis, nœuds,...) doivent nécessairement relier le point de prise et le point de lâchage.
- ✓ La hauteur de pompage est donc limitée par la longueur de l'équipement.
- ✓ **Plus cet équipement est long, plus importants sont les problèmes mécaniques (frottements, grippages, fuites, etc.) et la consommation d'énergie utilisée pour les contrecarrer.**
- ✓ Les pompes "hors pression" sont donc surtout intéressantes lorsque le coût **de l'énergie est faible.**
- ❑ Les pompes sous pression doivent être placées le plus près possible du niveau de prise et jamais à plus de 6 mètres au-dessus du plan d'eau.
- ✓ **Certains modèles peuvent être immergés.**
- ✓ **La hauteur de refoulement dépend de la puissance et de la hauteur manométrique totale (HMT) déterminée par le constructeur.**

VI.3. Pressions et pertes de charge dans les pompes

- ✓ **Deux types d'éléments** interviennent pour caractériser les installations de pompage sous pression : ce sont **la pression et la puissance**.

1. Pression et dépression d'eau dans les pompes

- ✓ L'élévation de l'eau se fait en deux temps. L'eau est d'abord aspirée dans le tronçon AB, puis refoulée dans le tronçon CD. C'est pourquoi on parle de pompes aspirantes refoulantes.
- ✓ Dans le tronçon d'aspiration, la pompe crée une dépression comparable à celle que nous pouvons créer en aspirant avec la bouche dans un tuyau.
- ✓ Dans le tronçon de refoulement, il se crée des pressions correspondant à chaque niveau, au poids de la colonne d'eau se trouvant au-dessus de ce niveau.
- ✓ Le tronçon d'aspiration ne doit jamais dépasser 6 mètres de hauteur. Au-delà de 6 mètres, la force de gravité s'exerçant sur le volume d'eau contenu dans le tuyau risque de devenir supérieure à la force d'aspiration.
- ✓ Notons que plus la **pompe est puissante**, plus la hauteur **d'aspiration doit être faible**.
- ✓ C'est **pourquoi les motopompes très puissantes** sont installées quasiment au **niveau de l'eau, au besoin sur des flotteurs**.
- ✓ La hauteur du tronçon de refoulement dépend des caractéristiques de construction de la pompe et de la résistance des tuyauteries et de leurs raccordements.
- ✓ Ils doivent en effet supporter la pression occasionnée par la colonne d'eau soulevée

1. Pression et dépression d'eau dans les pompes (suite)

- ✓ Outre la puissance, les constructeurs indiquent généralement la hauteur d'eau maximale qui peut être refoulée par la pompe. Elle est inscrite en hauteur manométrique totale (HMT).
- ✓ **La HMT** indique la différence de niveau qui peut exister entre l'entrée de la pompe et le point le plus élevé de la tuyauterie de refoulement.
 - En pratique, il est nécessaire de prévoir une marge de sécurité de 10 à 15%.
- ✓ Si on ne respecte pas cette indication, on court les risques suivants :
 - la pompe et le moteur surchargés s'échaufferont,
 - la surpression à l'intérieur de la pompe et aux raccords peut entraîner leur éclatement.
- ✓ **Lorsqu'il s'impose d'élever l'eau à grande hauteur**, mieux vaut peut-être utiliser 2 ou plusieurs pompes **en paliers successifs**, avec des réservoirs intermédiaires.
- ✓ La **hauteur géométrique totale (HGT)** correspond à la hauteur entre la prise d'eau et le point le plus élevé du tuyau de refoulement.
- ✓ Elle (HGT) est donc **la somme des hauteurs d'aspiration et de refoulement**.

Installation des réservoirs et châteaux d'eau

- ✓ Le tuyau d'aspiration de la pompe devra toujours être muni **d'une crépine**.
- ✓ **La crépine** est un filtre dont les mailles, plus ou moins fines, servent à empêcher la pénétration de matières pouvant détériorer la pompe.
- ✓ **Dans les aménagements hydrauliques**, il n'est pas toujours possible de faire correspondre le débit fourni par une pompe et celui qui est demandé par le consommateur.
- ✓ C'est pourquoi on place, entre l'équipement de pompage et le réseau de distribution de l'eau, des réservoirs ou des châteaux d'eau.



2. Pertes de charge

✓ **Les pertes de charge sont les pertes occasionnées par l'ensemble des défauts de l'installation de pompage.**

□ Ces pertes sont diverses et nous pouvons les caractériser de la manière ci-après :

- Les frottements dans les tuyauteries
- Les **rétrécissements** de sections : ils modifient les débits. Ils sont souvent à l'origine de vibrations dans les tuyaux. Celles-ci peuvent être la cause de ruptures.
- Les **coudes** : l'eau qui butte sur la paroi du coude est ralentie.
- Dans toute la mesure du possible, on évite de couder fortement les tuyaux de pompage.
- Les **coups de bélier** : sont des phénomènes fréquents lorsque les canalisations sont coudées ou équipées de vannes et de robinets.
- L'eau en mouvement butte contre le coude ou la vanne et elle a tendance à les bousculer.
- Une onde puissante remonte alors vers le haut de la tuyauterie et peut en provoquer la rupture.

Comment réduire les pertes de charge

- ✓ en **supprimant les coudes**. Les changements d'orientation des tuyaux se font en respectant une courbe large ;
- ✓ en **évitant les rétrécissements** ;
- ✓ en fermant les **vannes et robinets** de façon **progressive** ;
- en **évitant Les fuites**.
 - Les fuites dans le tube d'aspiration sont fatales puisqu'elles provoquent l'interruption de la colonne d'eau.
 - Les fuites dans le tube de refoulement sont autant de pertes qui viennent en déduction du débit de sortie.
 - Il est donc indispensable de resserrer tous les raccords et de réparer les orifices de fuite.
 - Le rendement de la pompe n'est jamais de 100 % et même le **rendement du moteur**.

VI.4. Puissance des pompes et moteurs

- ✓ Un problème courant consiste à rechercher la puissance de la pompe ou des pompes dont il faut équiper un périmètre d'irrigation de superficie connue.
- ✓ Connaissant la puissance et la hauteur de refoulement, on peut estimer le débit :
 - La puissance doit s'exprimer en kgm/sec
 - La hauteur de refoulement doit s'exprimer en m.
 - Ainsi, **le débit** : Puissance (kgm)/hauteur de pompage (m).
- ✓ Correspondance entre les unités de puissance
 - $1 \text{ CV} = 75 \text{ kgm/sec}$
 - $1 \text{ kW} = 102 \text{ kgm/sec}$
 - $1 \text{ CV} = 0,736 \text{ kW}$
 - $1 \text{ kW} = 1,36 \text{ CV}$

VI.5. Couplage des pompes avec leur source d'énergie

- ✓ Les trois éléments que l'on doit trouver dans tout système de pompage sont :
 - le moteur ou l'éolienne,
 - la pompe,
 - la transmission et l'embrayage.
- ✓ La transmission est ce qui raccorde la pompe au moteur. Il peut s'agir d'un axe, d'une chaîne ou d'une courroie.
- ✓ L'embrayage est la pièce qui permet de connecter ou de déconnecter les axes respectifs du moteur et de la pompe. Le rôle de cet organe de transmission est triple : **associer ou dissocier** le moteur et la pompe, permettre la **progressivité** du démarrage de la pompe lorsqu'on l'associe au moteur, dissocier le moteur et la pompe au cas où celle-ci se gripperait. Il joue donc un rôle de sécurité.

❑ Autres pièces du système de transmission

- ✓ des **engrenages** qui sont des roues dentées reliant deux axes ne se trouvant pas dans le prolongement l'un de l'autre. Les engrenages peuvent servir de multiplicateurs ou de réducteurs de vitesse selon le diamètre des roues dentées qui le composent;
- ✓ les **manivelles** sont des pièces qui permettent de transformer un mouvement rotatif en mouvement de va-et-vient. Elles sont montées sur l'axe d'entraînement.
- ✓ Les **bielles** toujours associées aux manivelles sont les pièces intermédiaires entre les manivelles et les tringles mues en translation;
- ✓ les **coussinets** sont les pièces qui maintiennent un axe en position axiale.
- ✓ Les **butées** limitent les mouvements de translation.

Le bon fonctionnement des systèmes de couplage exige :

- ✓ la solidité des fixations,
- ✓ des caractéristiques mécaniques correctes en relation avec la puissance et le mode de manipulation : précision dans la confection des coussinets, des butées, des axes, des volants d'inertie, des manivelles, des leviers, etc.,
- ✓ des graissages constants.

VI.6. Organisation du travail d'arrosage et puissance de pompage

- ✓ **L'organisation** du travail d'arrosage a une incidence directe sur l'importance des moyens d'exhaure.
- ✓ Elle doit donc être étudiée préalablement (choix de ces moyens).
- ✓ Il faut éviter le surdimensionnement des pompes dont les conséquences économiques sont toujours désavantageuses.
- **Le surdimensionnement entraîne en effet :**
 - des coûts d'équipement, puis de fonctionnement, trop élevés par rapport aux besoins réels,
 - une sous-utilisation de l'équipement,
 - une mauvaise répartition du travail, la main-d'œuvre ne travaillant que les jours de pompage et restant inactive sur le périmètre les autres jours.

VI.7. Economie de l'exhaure

- ✓ Le choix des moyens d'exhaure dépend d'éléments techniques et économiques :
 1. Quelle est la **surface** des parcelles à irriguer, la **population** à approvisionner, le **troupeau** à abreuver... ?
 2. Quelle est la **méthode** d'irrigation ? submersion, ruissellement, goutte à goutte, aspersion... ? Quels sont les **besoins** en eau totaux et périodiques ?
 3. Quelle est l'importance des **ressources en eau disponibles** : localisation?, évolution périodiques?, moyens de transports proposés?, les pertes en cours de transport ?
 4. Si les ressources sont capables de répondre aux besoins : les **débits journaliers**? le **plan d'irrigation** ? la **périodicité** ou les **fréquences** d'arrosage? la **durée journalière du travail** ? les **débits**?
 5. Les **ressources énergétiques** disponibles et **leurs coûts**.
 6. Si on décide d'utiliser de **la main-d'œuvre** : **disponible en temps opportun**? **coût** ? main-d'œuvre **familiale** ou **salariée**?
 7. Les moyens financiers et les solutions techniques possibles.

Chapitre VII. TECHNIQUES DE DEFENSE ET RESTAURATION DES SOLS (TDRS)

VII.1. Généralité

- ✓ Le sol est d'une nécessité pour l'homme car ce dernier tire sa nourriture de l'exploitation du sol.
- ✓ En 1962, le Directeur général de la FAO disait que chaque habitant de la terre disposait de 5 ha de terre pour se nourrir.
- ✓ La population mondiale ne fait qu'augmenter : 3 milliards en 1960 ; 4,8 milliards en 1984, 5 milliards en 1987, 6,1 milliards en 2000, 7 milliards en 2014.
- ✓ On peut donc affirmer que cette disponibilité en terre/ habitant est aujourd'hui moindre par rapport aux 5 ha de 1962.
- ✓ On estime que chaque année, 10 millions de terres arables sont perdues pour l'agriculture.

VII.1. Généralité (suite)

- ✓ **L'érosion** est le déplacement des composants du sol à la surface de la terre sous l'action de l'eau ou de l'air en mouvement.
- ✓ L'érosion **hydrique** résulte des mouvements de l'eau à la surface du sol. **L'érosion éolienne** est la conséquence des vents.
- ✓ **Trois mouvements sont essentiels (érosion hydrique) :**
 - le **splash** qui est le choc des gouttes de pluie sur le sol,
 - le **ruissellement** qui est le déplacement de l'eau à la surface du sol,
 - l'**infiltration** qui est le déplacement de l'eau à l'intérieur du sol.

VII.2. Etude des facteurs de l'érosion

- ✓ Deux auteurs américains : WISHMEIER et SMITH, ont donné en 1978 une équation empirique qui lie la partie de terre aux différents facteurs d'érosion.
 - $E = R.K.SL.C.P$
 - E = érosion
 - R = Ruissellement
 - C = couvert végétal
 - P = pratiques antiérosives
 - K = facteur de résistance du sol
 - SL = pente

VI.2.1. Indice des pluies ou d'agressivité climatique R

- ✓ $R = E_g \cdot I_m / 100$
 - E_g : Energie de chute de pluie en tonne métrique/km²/mm
 - I_m : intensité maximale en mm/heure
- ✓ La pluie agit de deux façons :
 - **Par son énergie cinétique** : les gouttes de pluies détachent les particules de surface du sol et les entraînent en suspension par ruissellement.
 - **Par sa fréquence** : Quant les pluies se succèdent dans un laps de temps très court, le sol n'a plus le temps de se ressuyer.

VII.2.2. Erodabilité du sol (K)

- ✓ L'erosabilité du sol dépend des propriétés physiques et chimiques de celui-ci.
- ✓ Le sol argileux résiste à l'érosion aussi longtemps que ses particules ne sont pas dispersées.
- ✓ La pente intervient dans le phénomène d'érosion par son intensité, sa longueur, et sa forme.

□ $K = A/R \times SL \times 2,24$

- A : quantité érodée en T/ha/an
- R : Indice de pluie
- LS : Le facteur topographique (pente)
- SL : $(0,76 + 0,53 S + 0,076 S^2)$.
- L : longueur de la pente en m
- S : pente en %.

VII.3. Principes de lutte contre l'érosion

- ✓ Les principes de lutte contre l'érosion du sol sont les suivants :
 - protéger le sol contre les agressions des pluies;
 - garder l'eau là où elle tombe;
 - créer des voies d'infiltration;
 - combattre l'érosion à son origine;
 - canaliser et contrôler les eaux ruisselantes;
 - forcer l'eau ruisselante à déposer sa charge.

VII.4. Formes essentielles d'érosions hydriques

✓ On distingue 4 phases dans le processus d'érosion par l'eau :

1. Erosion par éclaboussement

- Cette phase se caractérise par la destruction des agrégats et le déplacement des petites particules du sol.

2. Erosion en nape

- Elle consiste par l'enlèvement des particules du sol par l'eau du sol qui s'écoule sur toute la surface. S'il y a une moindre pente, les particules sont entraînées et transportées par les eaux de ruissellement jusqu'aux cours d'eau.

3. Erosion en rigoles

- Elle se produit quand les gouttes d'eau s'organisent en filets qui coulent le long de la pente et creusent des petits sillons.

4. Erosion en ravine

- Quand les eaux ruisselantes ont une énergie suffisante, elles ouvrent dans le sol des larges crevasses formant des ravins.

VII.5. Mesures et travaux de défense et de restauration des sols

- ✓ La première mesure à prendre est de conserver le couvert végétal ou reboiser toutes les zones qui présentent les risques d'érosion (le long des routes, rivières, forte pente, etc.).
- ✓ Les arbres doivent être plantés dans les situations suivantes :
 - Les berges des ravins et cours d'eau,
 - Le terrain trop mouillé à risque de glissement,
 - Le terrain difficilement cultivable,
 - Le long des routes,
 - Sur les crêtes de montagnes,
 - Pour le cas de talus à forte pente, il convient d'associer le reboisement avec les ouvrages de DRS.

Les ouvrages de lutte contre les érosions

1. Le **clayonnage** : c'est un assemblage de pierres et de branches en forme de claie.
2. Les **fascines** : ce sont des fagots serrés de branchages fixés à des poteaux.
3. Le **gabion** : c'est un panier fait des branches tressées, de grillage de fer, destinés à retenir les pierres.
4. Les **perrés** : ce sont de revêtements constitués par l'empilement des pierres.
5. Les **murets** ou **murettes** : ce sont des ouvrages fait des pierres disposées de telle sorte que l'eau coule dans le sens opposé de la pente.
6. Les **collecteurs exutoires** : dans tous les travaux de DRS, il est nécessaire de collecter les eaux de ruissellement et de les conduire dans un endroit où elles ne pourront plus nuire.

Chapitre VIII. ROUTES RURALES_

VIII.1. Introduction

- ✓ L'exploitation agricole et le dynamisme du milieu rural sont pour beaucoup une affaire de transport et de communication.
- ☐ Toutefois, ses méfaits peuvent être notés dans tous les domaines notamment :
 - Sur l'environnement
 - Sur l'occupation spatiale et l'organisation sociale
 - Sur l'agriculture et le foncier
 - Sur l'intégration des populations rurales à l'économie locale et nationale
 - Sur la politique
 - Sur la mobilité des gens et des idées
 - Sur l'éducation
 - Sur la santé.

VIII.2. Types de voies de communication

✓ Techniquement on peut distinguer :

1. **Le sentier** : il contourne les obstacles, franchit les cours d'eau aigue et est praticable toute l'année.
2. **La piste** : les ouvrages d'art sont souvent en bois. Praticables généralement pendant la saison sèche. Une vitesse maximum de 50 km/heure.
3. **La piste améliorée** : circulable en toutes saisons et ces ouvrages peuvent être démontables. Charge maximum de 5 tonnes et une vitesse de 50 km/heure. La couche de roulement en matières sélectionnées.
4. **La route en terre non revêtue** : La largeur minimum de la plate-forme est de 7,5 m sans fossés et de 9 m au moins si le stationnement est envisagé. Elle admet une vitesse de 80-100 km/heure pour les voitures et de 60 à 80 km/heure pour les gros véhicules. Débit de 300 à 500 véhicules/jour.
5. **La route revêtue** : chaussée traitée pour un trafic important, lourd et rapide : (l = 6 m ou deux voies pour un débit de 3000 véhicules/jour ; l = 7 m ou deux voies pour 3500-4000 véhicules/jour ; l = 10,5 m ou 3 voies pour 7500 véhicules/jour).
6. **L'autoroute** : elle comporte des chaussées séparées par un séparateur. Elle doit comporter des voies de décélération aux issues et d'accélération aux accès. Débit est de 1000 à 1500 véhicules/heure/voie.

VIII.3. Données de base pour la construction d'une route

- ✓ L'étude de faisabilité de la route commence par la description générale de la région. Il s'agit de relever les éléments suivants :
 - La **situation** géographique de la zone et du bassin versant: les latitudes et les longitudes de la zone, les villages traversés, la surface du bassin versant ;
 - Le rang administratif de la zone (province, territoire, secteur, village, etc.) ;
 - Etudier les caractéristiques physiques de la région notamment la géomorphologie (chaîne de montagnes, vallées, végétation, cultures, rivières, lacs...) ; le climat (température, pluviométrie, humidité, insolation, hygrométrie), la démographie (nombre et répartition des habitants, densité, structure, migration, sexe, évolution démographique, etc.) ;
 - Le transport et la circulation : déterminer la nature, l'importance et le volume de circulation sur la route en étude (recenser par catégorie tous les véhicules qui circulent dans la zone et calculer le débit par jour, étudier les raccordements aux routes principales, les autres moyens de communication existant dans la région : voies d'eau, chemin de fer, trafic aérien ; on note aussi les transporteurs importants, le parc automobile de la zone ainsi que les liaisons avec d'autres régions ou zones) ;
 - L'économie de la zone (relever les activités principales : élevage, agriculture, mines, pêche, produits forestier, etc.).

VIII.4. Techniques de construction d'une route

- ✓ Dans l'analyse de l'état d'une route, on note :
 - ❑ La longueur de la route,
 - ❑ La praticabilité : on cherche tous les obstacles en lignes (pente, montagnes, etc.).
 - En principe, en terrain peu accidenté, on établit les routes sur les crêtes, cela évite le tassement et facilite le drainage. En terrain fortement accidenté, les routes sont établies dans les vallées en franchissant les cours d'eau.
 - Il est préférable de construire les routes loin de rivières et de lac pour éviter les érosions.
 - ❑ L'examen géologique et mécanique des sols.

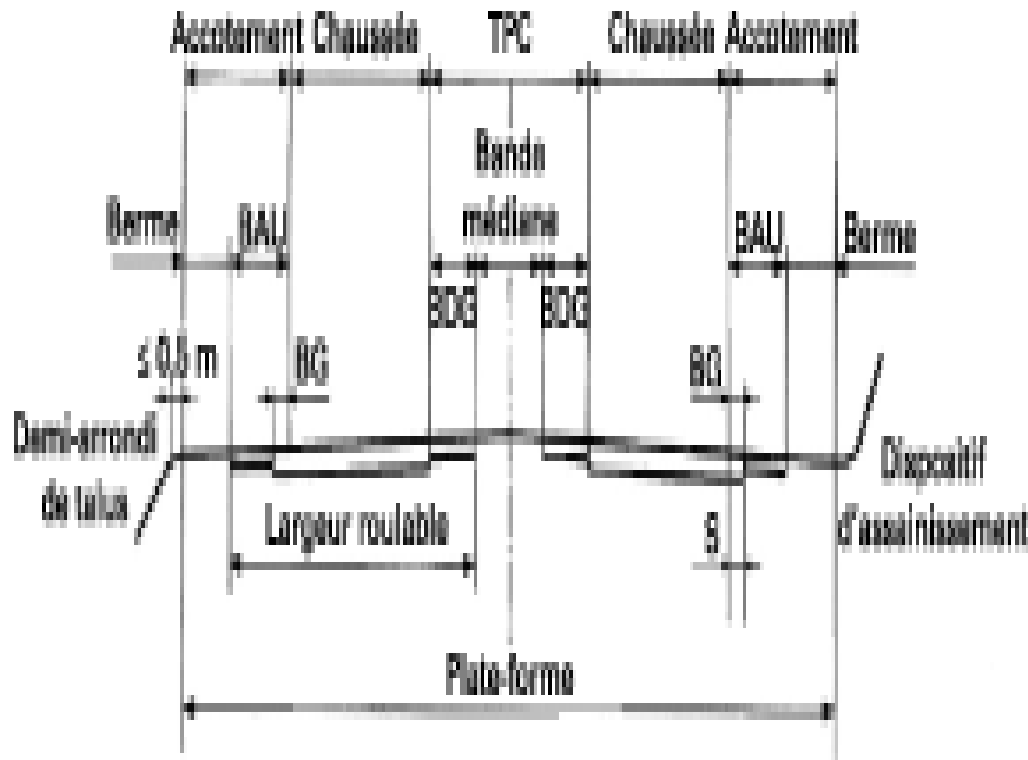
VIII.4. Techniques de construction d'une route (suite)

- 1. Tracé en plan** : en se servant du plan coté représentant le relief, on peut concevoir des lignes horizontales ou lignes de niveau ainsi que les lignes de grande pente perpendiculaire aux précédentes.
 - Le plan coté représente les lignes de niveau obtenues à partir des lignes topographiques.
 - 2. Profil long** : il indique le tracé de la route et détermine le niveau de chaque point de l'axe de la route par rapport à celui du terrain naturel.
 - 3. Profil à travers** : il représente la section transversale de la voie (route) tel qu'elle est réalisée aux différents points du profil en long.
- **Ils (profils) fournissent les données suivantes :**
- Les largeurs et les pentes transversales de la route ;
 - Les dimensions des fossés ;
 - Les déclivités des talus ;
 - L'épaisseur de la couche de la route.

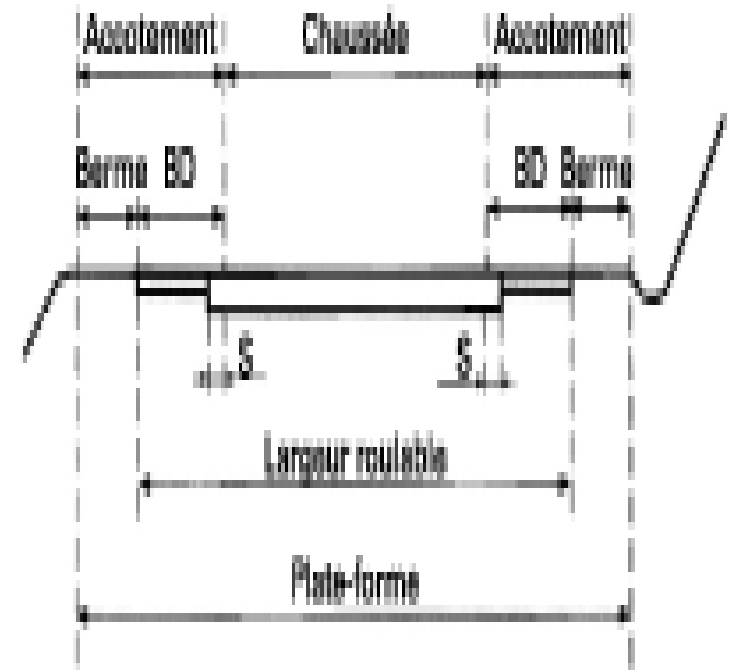
Constitution du profil à travers d'une route

1. **La chaussée** : partie affectée à la circulation des véhicules. Pour éviter la stagnation de l'eau, on donne à la chaussée une pente transversale très faible. L'idéal pour une chaussée est de 3 à 4 m (pente 3 à 5%)
2. **Les accotements** : parties qui viennent après la chaussée et font partie de la plate-forme. Les accotements ont les mêmes caractéristiques physiques que la chaussée.
3. **Les fossés longitudinaux** : canaux aménagés venant de la chaussée et des accotements qui recueillent l'eau de ruissellement.
4. **Les talus** : ce sont des terrains qui peuvent être surélevés ou abaissés par rapport à la route. Le talus jusqu'à une petite distance fait partie de l'emprise.
5. **Les banquettes** : ce sont des petits remblais latéraux de protection. Actuellement, on les remplace par des points dangereux (glissières de sécurité).
6. **La plate-forme** : Partie de la route comprenant la chaussée et les accotements
7. **L'assiette de la route** : Elle est formée par la surface du terrain réellement occupé par la route.
8. **L'emprise de la route** : terrain public réservé à la route.

Constitution du profil à travers d'une route (suite)



(a) autoroute



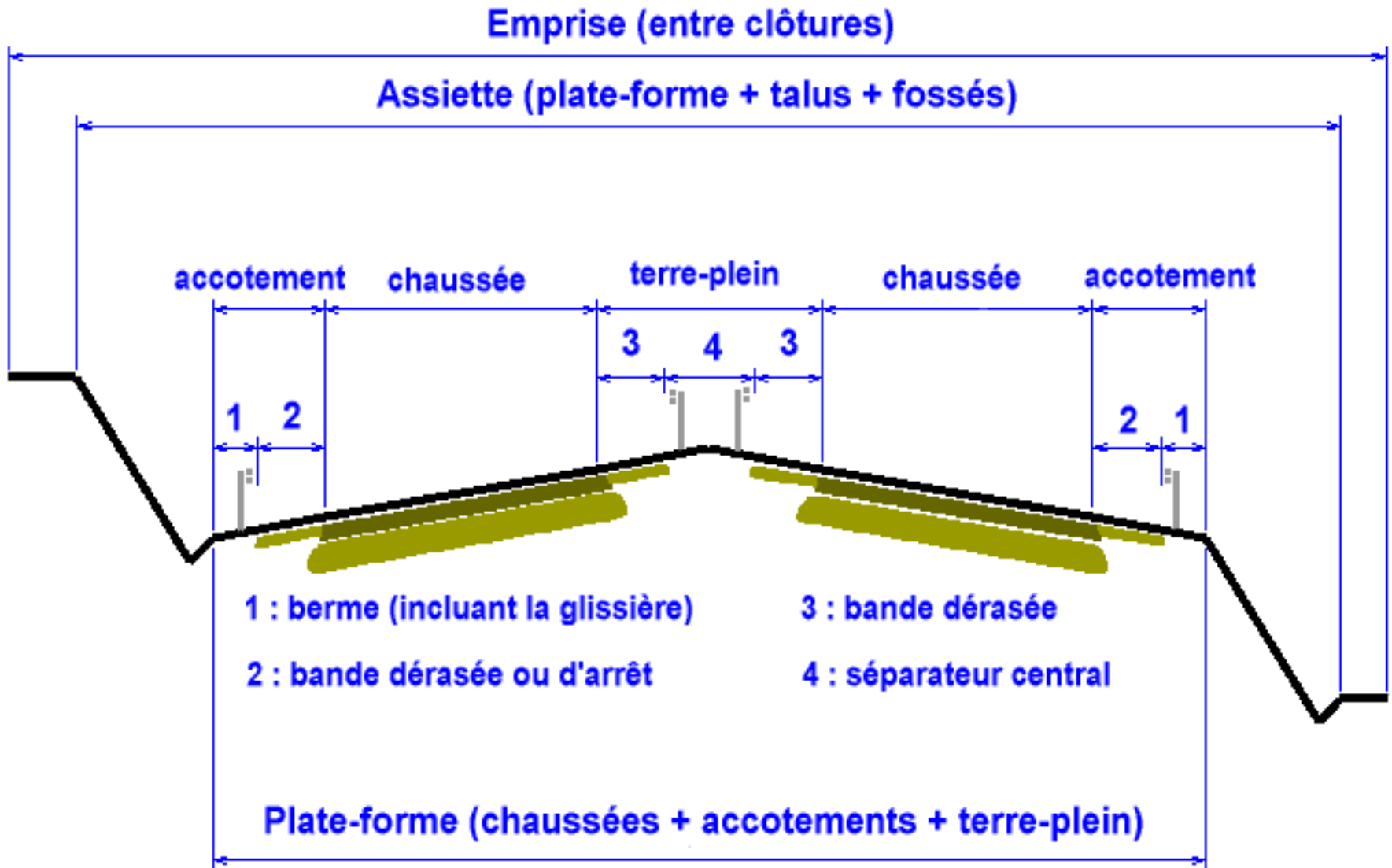
(b) route à 2 ou 3 voies

BAU Bande d'arrêt d'urgence
BD Bande déviée

BDA Bande déviée de gauche
BG Bande de guidage

s Surlargueur (structurale) de chaussée
TPC Terra-plain central

Constitution du profil à travers d'une route (suite)



VIII.5. Ouvrages d'art

✓ Ce sont les ponts, les dalots, les buses, etc.

1. Le pont : sert pour franchir une rivière et peut être en bois, en béton ou en acier. Les règles à observer dans la construction d'un pont sont les suivantes :

- L'ouvrage doit être perpendiculaire au courant d'eau,
- Il faut installer les fondations sûres,
- Il faut éviter les fortes pentes aux abords du pont,
- Il faut connaître le régime de la rivière à franchir (connaître la hauteur de crue),
- Il faut éviter le ruissellement aux endroits de franchissement,
- Il faut stabiliser les cotes de la route par enrochement à l'approche de ponceau.

□ On distingue généralement trois types de pont :

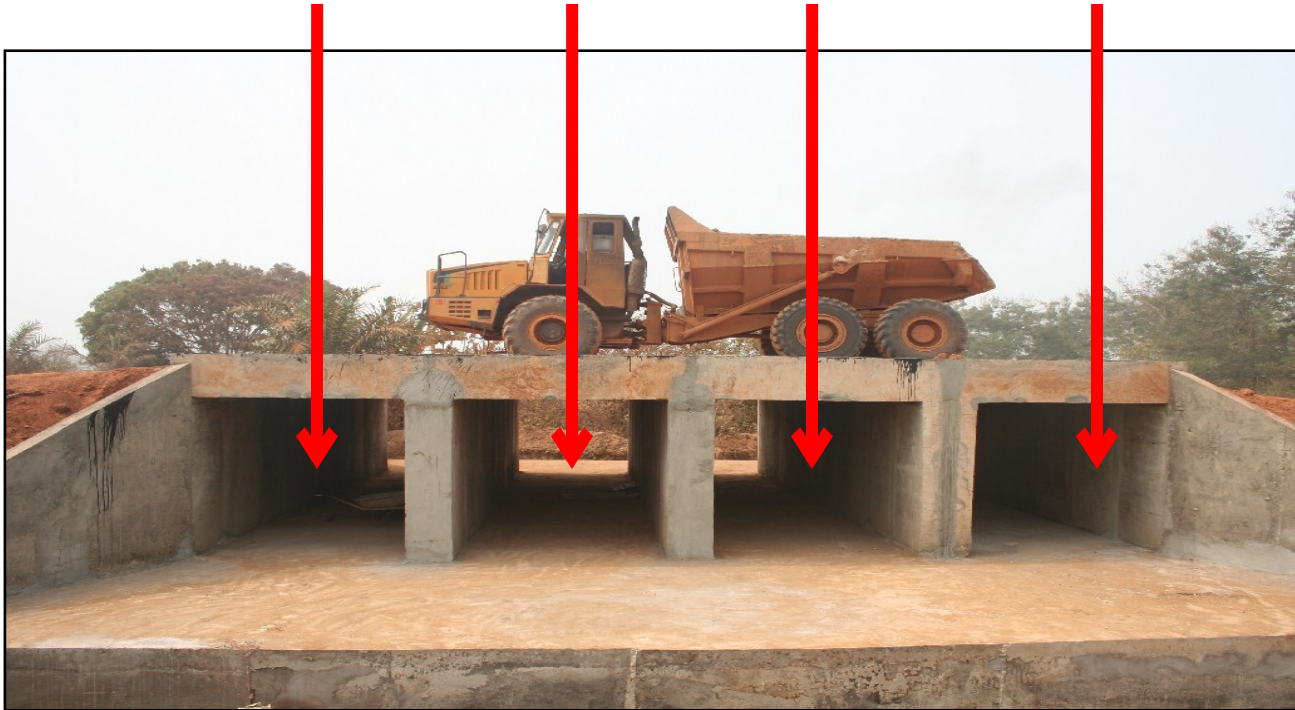
- a. **Le pont provisoire** : ouvrage pour lequel on cherche à réduire en priorité les dépenses. Les risques sur les fondations et les débouchés.
- b. **Le pont semi-définitif** : on emploie des matériaux périssables à des parties d'ouvrage non essentiel à la stabilité comme le plâtrage. Les appuis et les poutres sont en béton ou acier.
- c. **Le pont définitif** : Les matériaux sont non périssables et faciles à protéger (cas des métaux). Sécurité rassurée au niveau des fondations et des débouchés.

2. Les buses et dalots

- ✓ lorsqu'on doit franchir les cours d'eau de petites importance, on doit faire appel à des buses ou des dalots.
 - **2.1. Les buses** sont des conduites à section circulaire noyées dans les remblais. Les buses sont souvent en béton ou en métal ; mais les buses en béton sont plus lourdes, résistantes et inoxydables.



- **2.2. Les dalots** sont des ouvrages à section rectangulaire qui permettent le passage de l'eau sous la chaussée. Ils sont en béton.



3. Les fossés : servent pour l'écoulement des eaux

4. Les ouvrages de retenue et de protection de talus.

VIII.6. Entretien des routes rurales et des ouvrages d'art

- ✓ Une bonne route doit avoir les caractéristiques suivantes :
 - Une bonne fondation en matériaux bien tassés pour éviter les déformations.
 - Elle doit être dépourvue des terres noires végétales et de débris de végétaux.
 - Avoir une bonne épaisseur de la couche d'amélioration qui peut être de 10 à 20 cm avant tassement et constituée de cailloux, de sable et de graviers.
 - Avoir un bon écoulement d'eau grâce à des fossés de protection de cotes.
 - Avoir un bon tassement de matériaux et un bon bombage de revêtement en fin d'évacuer rapidement les eaux et d'empêcher l'entraînement des particules des terres.
 - Avoir des exutoires suffisants (soignés) pouvant suppléer les fossés latéraux.
 - Avoir une bonne protection contre les dégâts d'eau grâce aux ouvrages d'art.
 - Posséder des bons ouvrages de franchissement des obstacles.

Détérioration de la route

- ✓ En effet, la route se détériore par 2 actions que l'on peut considérer comme normales :
 - l'usure de la couche de roulement provoquée par le passage des véhicules. Les véhicules en roulant, rejettent les matériaux de la route sur le côté et le centre de la route.
 - L'eau des pluies qui provoque les nids de poule : Ce sont les trous qu'on voit sur les routes, dans ces trous, l'eau stagne.
 - Pour évacuer l'eau stagnante, il faut faire les saignées aux endroits où l'eau stagne.
 - Quant aux buses, il convient de les déboucher soigneusement.
- ❑ Les méthodes DRS peuvent être appliquées là ou c'est nécessaire.
- ❑ La végétation est aussi à la base de la dégradation des routes

Chapitre IX. ENERGIE EN MILIEU RURAL

IX.1. Energies renouvelables

- ✓ Ce sont des énergies dont le rythme de consommation est égal au rythme de renouvellement.
- ✓ Les Energies propres sont des énergies qui émettent moins des GES dans l'atmosphère.
- ✓ L'énergie nucléaire fait partie des énergies propres mais non renouvelables.
- ✓ Une source d'énergie renouvelable est une source dont le gisement se reconstitue en permanence à un rythme au moins égal à celui de la consommation.
- ✓ Ces énergies proviennent d'éléments naturels présents partout sur la planète : soleil, eau, vent, chaleur de la terre et matières organiques.

IX.1. Energies renouvelable (suite)

L'essor des Energies Renouvelables :

- ✓ A la crise énergétique : épuisement et hausse continue de cours des ressources énergétiques fossiles ;
- ✓ Au réchauffement climatique (CO_2 , CH_4 , NO_x , etc.).
- ☐ La **conséquence** : les économies des pays non producteurs de ces énergies sont touchées et le développement hypothéqué.

IX.2. Potentiel en ressources énergétiques renouvelables de la RDC

- ✓ La RDC dispose d'un grand potentiel en énergies renouvelables mais :
 - La consommation énergétique est faible par rapport aux pays émergents,
 - 6-9 % de la population ont accès à l'électricité,
 - 22 % de la population ont accès à l'eau potable,
 - L'agriculture est moins mécanisée,
 - Un faible développement industriel.
- ☐ Σ = Prolétarisation des masses populaires, pays pauvre très endetté.

Potentiel en énergies renouvelables de la RDC

- 1. Hydraulique** : La RDC dispose 13 % du potentiel mondial (1 kWh émet 4 à 6 g CO₂).
- 2. Eolienne** : Trois sites sont favorables pour le développement de cette forme d'énergie en RDC: La cote à Moanda, le Plateau des Batéké à Kinshasa et le plateau de Kundelungu au Katanga (1 kWh émet 5-30 g CO₂). Les éoliennes en mer sont appelées « offshore ».
- 3. Solaire** Le rayonnement solaire permet de produire de la chaleur et de l'électricité (: (1 kWh 20-130 gCO₂). Il ya **les Solaires thermiques et les Solaires photovoltaïques**
- 4. Biomasse** : désigne l'ensemble des sources d'énergie issues des plantes, arbres, matières organiques et déchets.
 - 4.1. Bois-énergie**
 - 4.2. Biocarburants**
 - 4.3. Biogaz**

IX.3. Intérêts et menaces des biocarburants

✓ Intérêts

▪ **Sur le plan environnemental**

1. La réduction des émissions des gaz à effet de serre par la substitution des énergies fossiles par les renouvelables
2. Les plantations des cultures énergétiques peuvent servir de puits de carbone
3. Les tourteaux peuvent être utilisés comme engrais de bonne valeur azotée (cas de *Jatropha*)

▪ **Sur le plan économique**

1. La réduction de la dépendance énergétique
2. La diversification des revenus chez les producteurs

▪ **Sur le plan social**

1. La valorisation des terres sous-exploitées (cas de *Jatropha*)
2. La création d'emplois en cas d'investissement important

✓ Menaces des biocarburants

1. Sécurité alimentaire et accaparement des terres

1. Utilisation des cultures alimentaires pour la production des biocarburants
2. La production des biocarburants sur des terres destinées à la production alimentaire

2. Destruction de la biodiversité et forêts

3. L'installation des plantations énergétiques sur les sites sensibles
4. Le remplacement des forêts par des plantations énergétiques

3. Emissions de GES

5. CO₂ : par l'utilisation des combustibles fossiles NO₂ : par l'utilisation des engrais minéraux surtout azotés._

IX.4. Agriculture et émissions des GES

- ✓ Les activités agricoles génèrent 3 Gaz à Effet de Serre (GES) :
 - Le Méthane (CH_4) : issu de la fermentation entérique des ruminants et émis lors du stockage des déjections.
 - Le dioxyde de carbone (CO_2) : lié à la combustion des énergies fossiles consommées sur l'exploitation.
 - Le protoxyde d'azote (N_2O) : résultant des apports de fertilisants minéraux et organiques.
- ✓ L'activité agricole agit donc à la fois comme une source de CO_2 et comme un puits où celui-ci peut être emmagasiné.

La durée de séjour approximative dans l'atmosphère des gaz à effet de serre

Gaz	Durée de vie dans l'atmosphère
Gaz carbonique CO ₂	100 ans
Méthane CH ₄	12 ans
Protoxyde d'azote N ₂ O	120 ans
Halocarbures (PCF, HFC, SF6)	Jusqu'à 50 000 ans

Sources d'émission des GES :

- Le dioxyde de carbone (CO₂) : consommation d'énergie fossile, déforestation, procédés industriels
- Le méthane (CH₄) : extraction, transport et consommation de gaz, fermentation entérique, fermentation des déjections animales, traitement des déchets
- Le protoxyde d'azote (N₂O) : utilisation d'engrais azotés, émissions des sols agricoles
- Les halocarbures (PCF, HFC, SF6) : fuites des systèmes de réfrigération, production de mousses isolantes...

Le pouvoir de réchauffement (à 100 ans) des gaz à effet de serre se présente comme suit :

- 1 tCO₂ = 1 tonne équivalent CO₂
- 1 tCH₄ = **21** tonnes équivalent CO₂
- 1 tN₂O = **310** tonnes équivalent CO₂
- 1 tPFC = **6 500 à 9 200** tonnes équivalent CO₂
- 1 tSF₆ = **23 900** tonnes équivalent CO₂
- 1 tHFC = **140 à 11700** tonnes équivalent CO₂

Les conséquences observées du réchauffement climatique sont :

- **+ 0,7°C** de hausse des températures moyennes au cours du 20ème siècle (+ 0,9°C pour la France)
- **+ 15 cm** pour le niveau des mers et des océans au cours du 20ème siècle
- Décalage des **périodes de floraison et de récoltes**
- Modification des **périodes et des trajectoires de migration** (oiseaux, ressources halieutiques)
- **Recul des glaciers**, diminution des jours de gel, diminution des périodes de gel des cours d'eau.

Merci de votre aimable attention