

1-1 Introduction :

Ce chapitre introductif a pour objet de présenter la chaîne de fourniture d'électricité, et en particulier la production d'énergie électrique. Les systèmes électriques présentent des caractéristiques spécifiques de fonctionnement, qui les différencient des autres types d'industrie. La prise en compte de ces caractéristiques et la coordination entre les différents acteurs du système est essentielle pour garantir un système électrique fiable en permanence.

1-2 Description du réseau électrique :

Les réseaux électriques présentent des caractéristiques spécifiques propres à la technologie actuelle de l'industrie électrique et indépendante des formes institutionnelles d'organisation (le monopole ou la concurrence). Or le choix et la conception des formes organisationnelle et les performances inhérentes dépendent de la manière dont ses caractéristiques spécifiques sont prises en compte.

1-2-1 Définition et organisation :

On entend par le réseau électrique la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique. L'énergie électrique est tantôt un produit de consommation intermédiaire (les KWh utilisés dans les processus industriels par exemple) et tantôt un produit de consommation finale (électricité utilisé pour l'éclairage ou le chauffage domestique). Cependant, le cadre de réflexion dans lequel nous devons agir se restreint aux systèmes électriques parallèle-série, c'est-à-dire pour lesquels nous aurons besoin d'une configuration spéciale pour obtenir des performances d'alimentation.

L'organisation entre chacun de ces blocs est décrite sur la figure ci-dessus :

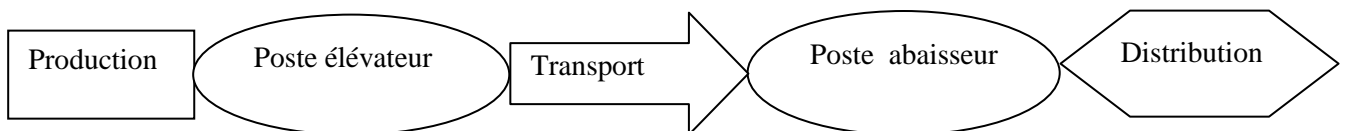


Fig. (1-1): Structure générale d'un réseau électrique

- Le bloc production électrique, regroupant l'ensemble des éléments des unités de production, tels que les alternateurs, les moteurs, les turbines etc...
- Les blocs poste élévateur abaisseur regroupant l'ensemble des éléments pouvant transformer l'énergie par changement de niveau de tension.

- Les blocs transport et distribution regroupant l'ensemble des éléments d'acheminement d'énergie électrique vers les consommateurs.

Pour satisfaire les consommateurs, on suggère qu'il soit nécessaire d'investir dans un système électrique pour minimiser les défaillances ou les interruptions dans le but d'améliorer la fiabilité du système. Dans une perspective à long terme, il est important que les investissements soient choisis afin de minimiser les coûts de l'atteinte de la fiabilité.

Les systèmes électro-énergétiques ont été conçus dans le but de veiller à :

- La fiabilité de la fourniture de l'énergie électrique: Le système de production tient à relier toutes les unités de production et visent à assurer une fonction de secours en cas de panne et/ou de défaillances.
- La possibilité d'une disponibilité de l'énergie électrique aux consommateurs avec un prix raisonnable.
- Permettent d'acheminer l'énergie produite par des sources délocalisées vers les points de consommations.
- La continuité de service tout en maintenant l'outil de production et le confort d'exploitation.

Le but premier d'un réseau électrique est de pouvoir satisfaire la demande des consommateurs. Comme l'énergie électrique ne peut être stockée, il faut pouvoir maintenir en permanence la légalité :

$$\text{Production} = \text{consommation} + \text{pertes} \quad (1-1)$$

De plus la qualité de service est un souci majeur de l'exploitant : le maintien de la tension et de la fréquence dans les plages contractuelles.

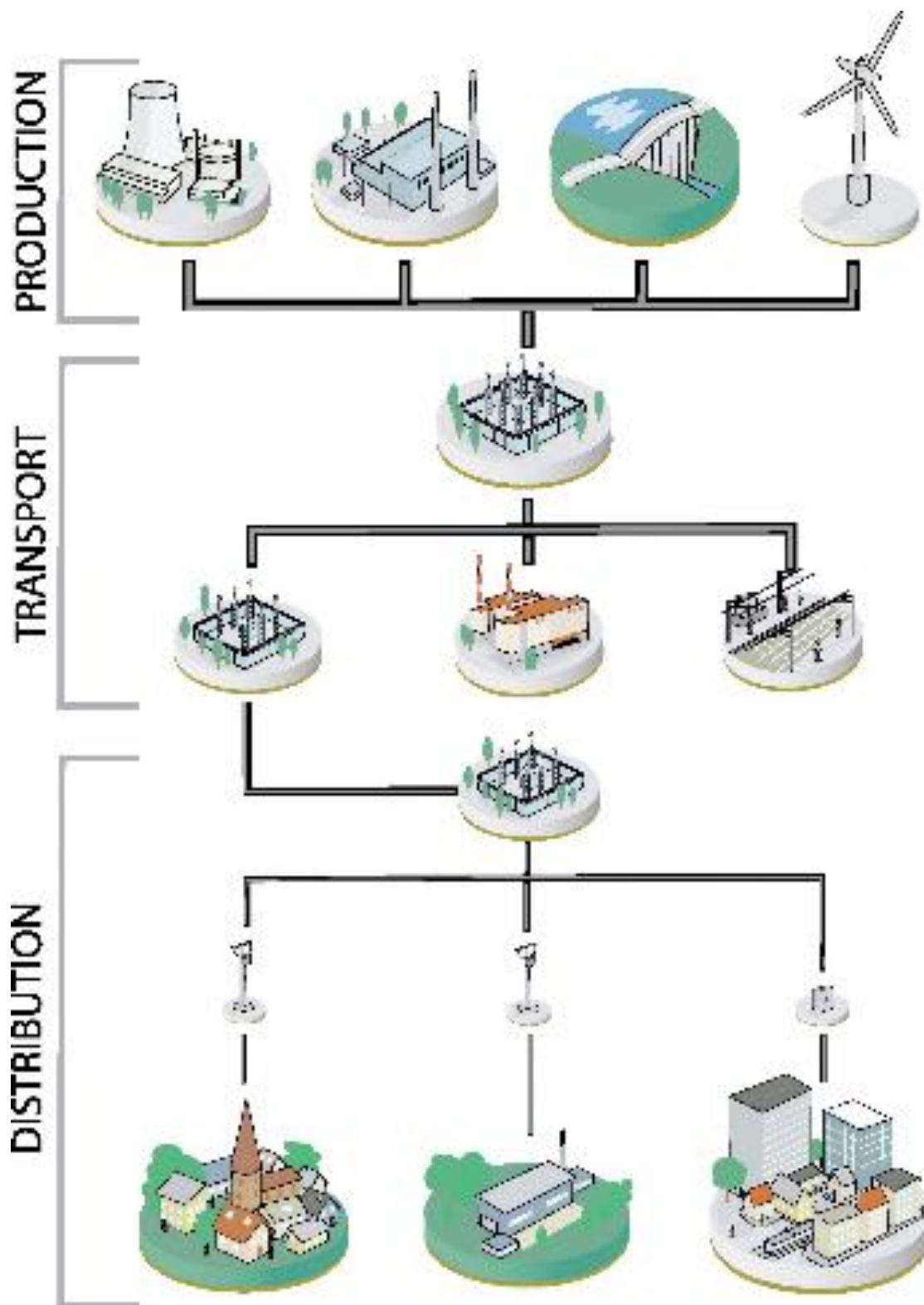


Fig. (1-2) : Production, transport et distribution de l'énergie électrique

1-3 Les composantes d'un réseau électrique : [1] [2]

Le système électro énergétique est une installation complexe assumant un objectif fonctionnel de haut niveau (production, transport et distribution). Pour assurer ces objectifs, le processus fait appel à un ensemble des systèmes interconnectés. Chaque système assure une ou plusieurs fonctions bien définies.

Le réseau est décomposé en sous- systèmes. Les sous-systèmes sont décomposés en composants bien déterminés. En règle générale et en pratique ce sont sur ces composants que l'on effectuera de la maintenance et non sur le système. Chaque composante peut être ensuite décomposé en pièce élémentaire qui en générale un élément qui fera l'objet d'un échange standard.

Pour satisfaire les besoins décrits précédemment, la chaîne énergétique doit avoir une description (modèle) qui représente précisément son fonctionnement, ses associations, ses priorités, etc.

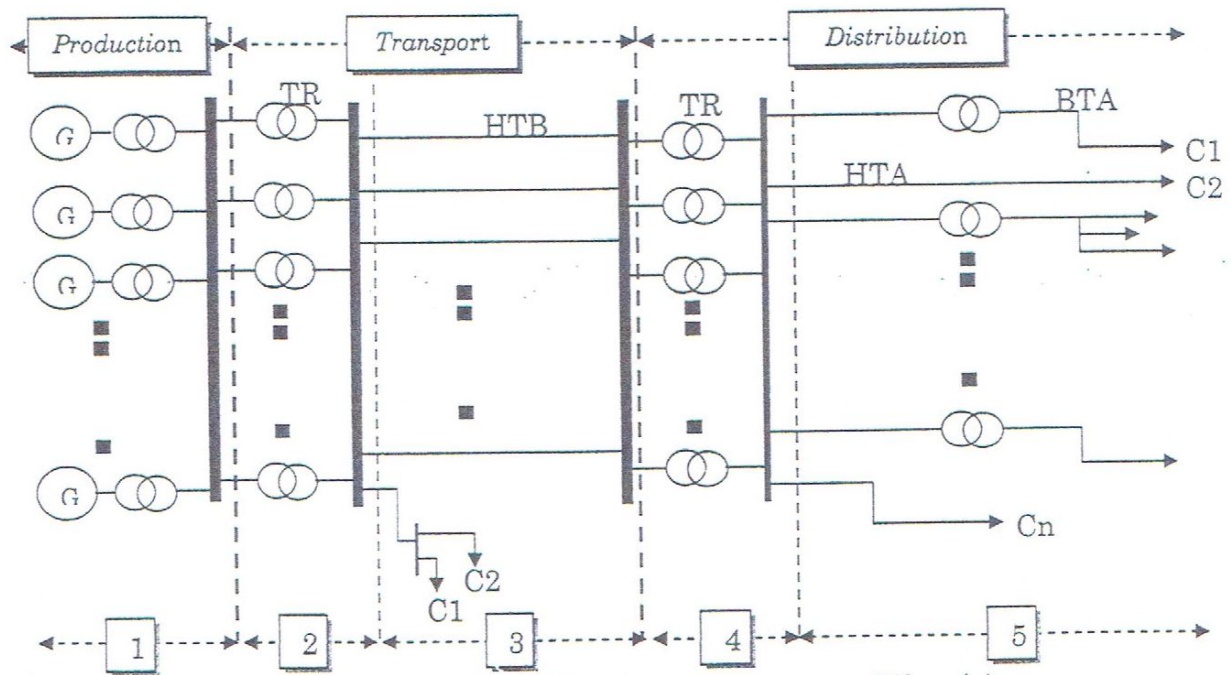


Fig. (1-3):Réseau électrique structure parallèle-série

1-3-1 La production : [3] [4]

La production de l'électricité constitue entre 35 et 50% du coût total de l'électricité fournie aux consommateurs, elle fait appel à différents types de principes.

Le principe de conversion où la centrale de production de l'électricité convertit une source d'énergie primaire en énergie électrique. La source d'énergie primaire est un élément déterminant qui permet de distinguer entre les différentes centrales de production. Ces principes varient aussi selon leurs structures de coût, leurs économies d'échelle et leurs capacités à réaliser leurs fonctions. Il est à noter que l'énergie électrique n'est pas stockable. Nous distinguons les centrales nucléaires, les centrales thermiques, les centrales hydrauliques, les centrales éoliennes et les centrales solaires.

1-3-1-1 Centrales hydrauliques

Il existe deux types de centrales hydrauliques.

Les centrales au fil de l'eau qui utilisent l'énergie cinétique de l'eau au fil des courants des cours d'eau pour produire l'électricité et les centrales hydrauliques à réservoir qui, après avoir stockées l'eau dans des barrages, son énergie cinétique est utilisée selon les besoins pour produire l'électricité.

Le facteur climat joue un rôle prépondérant dans la productivité de ces centrales, car elles dépendent des précipitations. Leur coût variable est généralement faible par rapport aux centrales thermiques. Cependant, l'investissement dans le développement de cette technologie est limité pour le futur en l'absence de sites encore disponible pour l'implantation de nouvelles centrales. Enfin, elles sont appelées pour produire spécialement en périodes de tensions.

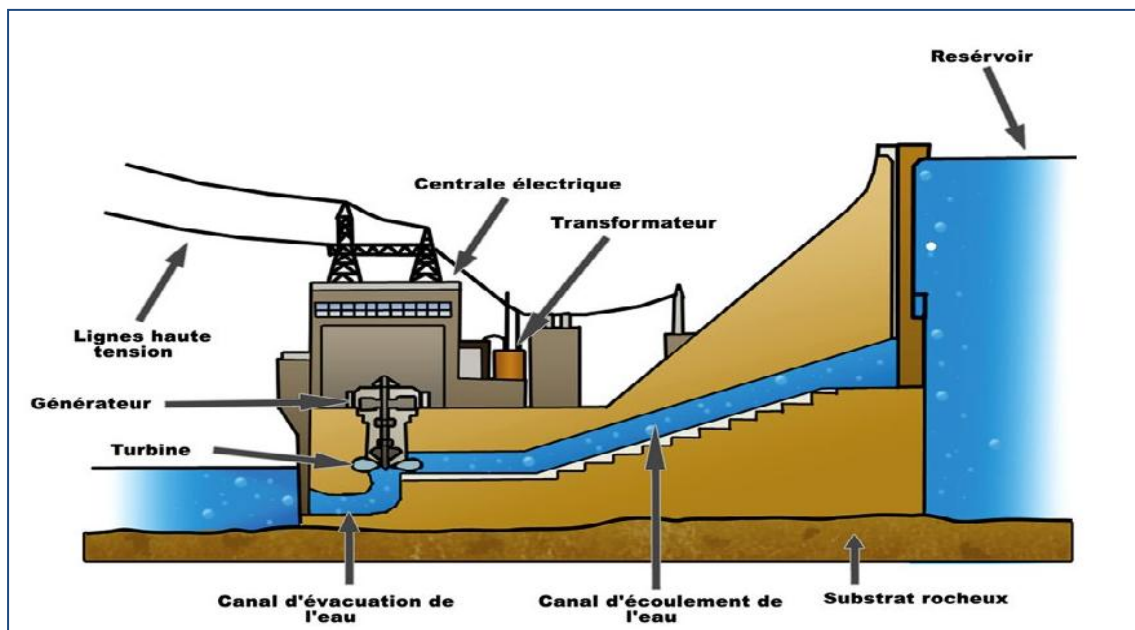


Fig. (1-4) : Schéma en coupe d'un barrage hydroélectrique

1-3-1-2 Centrales thermiques :

A partir du charbon, du gaz ou du pétrole, une centrale thermique produit de l'électricité par combustion de l'un de ces combustibles. L'efficacité de ces centrales dépend de la manière avec laquelle ce combustible est exploité.

- **Les centrales thermiques à vapeur** utilisent la vapeur d'eau comme force motrice pour faire tourner une turbine à vapeur. La productivité de ces centrales est généralement moyenne à cause de leur temps de démarrage assez long. Leurs coûts variables sont élevés et dépendent principalement du prix du combustible utilisé.
- Contrairement aux centrales thermiques à vapeur, **les turbines à combustion** produisent de l'électricité à partir des gaz fournis par la combustion de pétrole ou de gaz. Leur mise en production est rapide mais leur productivité est généralement faible. Ils constituent des technologies privilégiées pour répondre aux pics de consommation (quelques centaines d'heures par an). Elles sont appelées à répondre aux périodes de pointes lorsque la consommation d'électricité est élevée.
- Finalement, **les cycles combinés (CCGT)** font appel à la fois à une turbine à combustion et une turbine à vapeur pour produire l'électricité. Ils se distinguent par une très bonne productivité et un coût variable faible comparé

aux précédentes centrales thermiques. Elles sont aussi qualifiées de technologies de *semi-base* car caractérisés par une durée de fonctionnement annuelle entre 1000 et 3500 heures environ.

Si l'on compare les centrales thermiques aux centrales nucléaires, leurs coûts variables sont plus élevés. Par ailleurs, leurs coûts sont largement dépendants du prix du combustible, ce qui rend incertain leur efficacité dans le futur. Cependant, ils ont trois avantages. Le premier en termes de disponibilité comme leurs délais de construction sont assez faibles par rapport aux centrales nucléaires. Le second en termes de coût d'investissement qui est aussi plus faible. Enfin, ils sont plus rapides au démarrage que les centrales nucléaires.

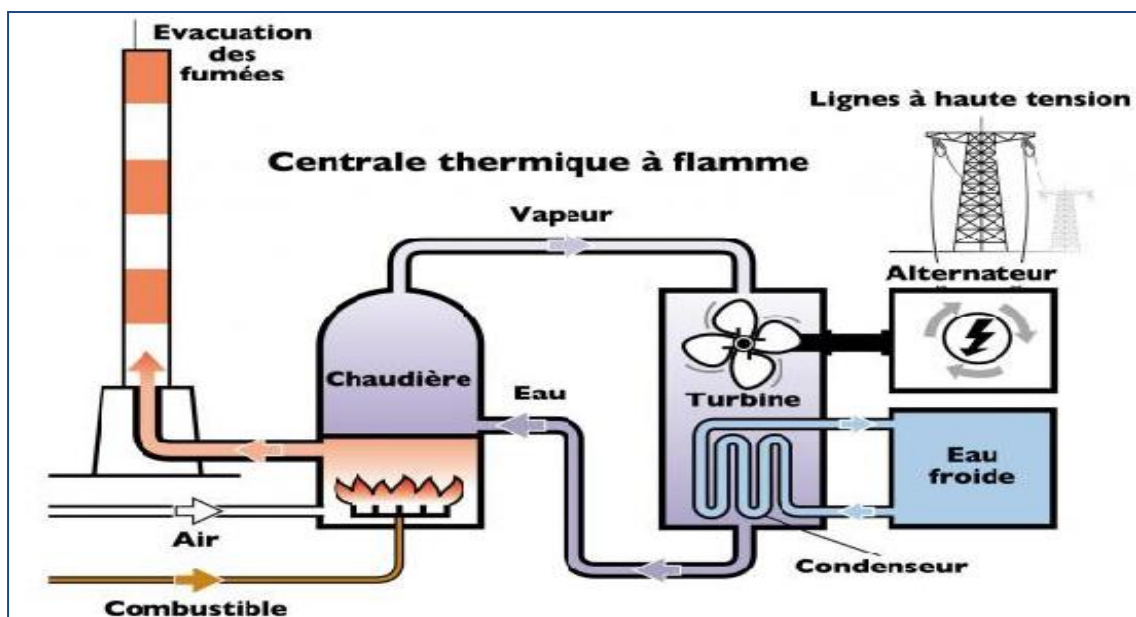


Fig. (1-5): Fonctionnement d'une centrale thermique

1-3-1-3 Centrales nucléaires :

A base d'uranium, le réacteur nucléaire produit de la vapeur transformée en énergie mécanique au moyen d'une turbine à vapeur. L'alternateur utilise ensuite cette énergie mécanique pour produire de l'électricité. Ces centrales sont caractérisées par un coût variable très faible. Ce coût reflète le coût de combustible utilisé et les autres coûts d'exploitation et de maintenance de la centrale. Cependant, elles ont un temps de démarrage assez long, ce qui les rend moins flexibles à une variation brusque de la demande. La construction d'une telle centrale nécessite des coûts fixes élevés et un long délai de construction, qui varie entre cinq et sept ans. Pour assurer la rentabilité de la centrale nucléaire, une exploitation continue sur

toute l'année est requise soit une durée de fonctionnement annuelle de 5000 à 6000 heures. C'est ce qu'on appelle la production en base de l'électricité.

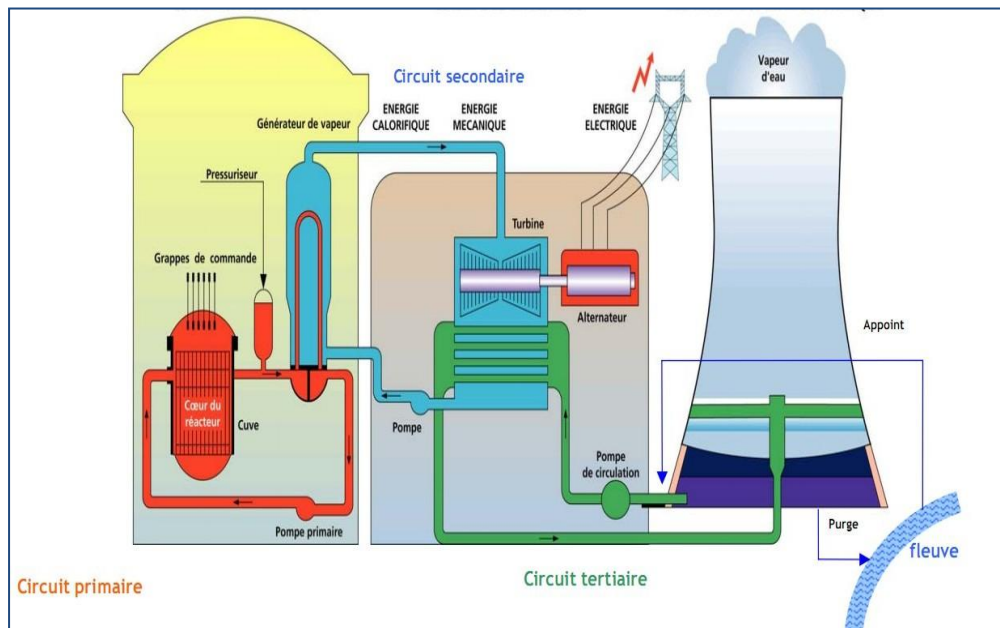


Fig. (1-6) : Principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire

1-3-1-4 La biomasse :

Il s'agit d'énergie stockée sous forme organique grâce à la photosynthèse. Elle est ensuite exploitée par combustion. Cette énergie est renouvelable à condition que les quantités brûlées n'excèdent pas les quantités produites. A cet effet, la biomasse n'est pas inépuisable.

Quand on l'exploite de manière naturelle elle est peu menacée mais lorsqu'il s'agit d'une biomasse cultivée (pour les biocarburants par exemple) ou en cas de surexploitation massive de la ressource (comme la déforestation), la production d'une telle énergie peut rapidement avoir de lourds impacts environnementaux.

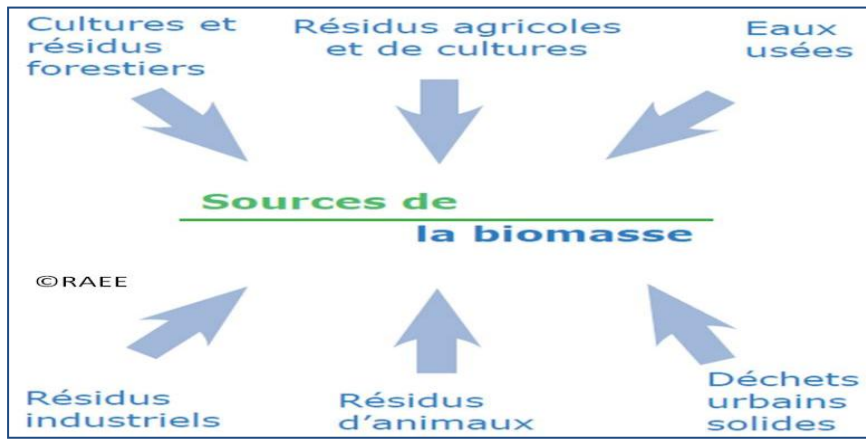


Fig. (1-7) : les différentes sources de la biomasse

1-3-1-5 L'énergie éolienne :

L'activité solaire est la principale cause des phénomènes météorologiques. Ces derniers sont notamment caractérisés par des déplacements de masse d'air à l'intérieur de l'atmosphère. C'est l'énergie mécanique de ces déplacements de masse d'air qui est à la base de l'énergie éolienne. L'éolienne consiste ainsi à transformer cette énergie par l'intermédiaire d'un rotor et des pales. Parmi les avantages de cette source est qu'elle est non polluante (une fois installée sur le site). Néanmoins l'énergie éolienne est intermittente, et l'installation de parc éolien engendre des impacts environnementaux et sonores

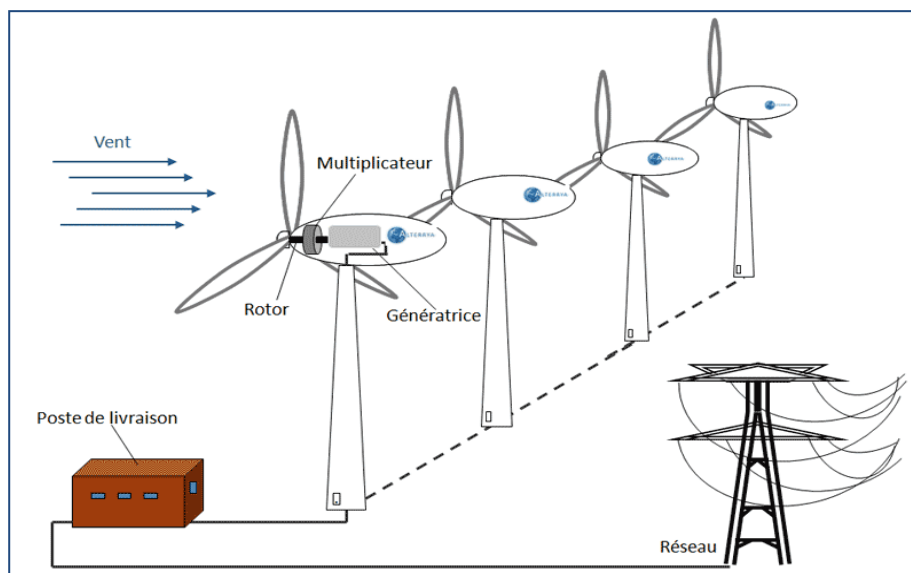


Fig. (1-8) : Principe de fonctionnement d'une ferme éolienne

1-3-1-6 La géothermie :

Il existe dans la croûte terrestre un gradient de température qui est en moyenne de 3 °C par 100 mètres. La géothermie vise à étudier et exploiter ce phénomène d'augmentation de la température en fonction de la profondeur.

L'exploitation de cette ressource consiste à extraire l'énergie géothermique contenue dans le sol pour l'utiliser sous forme de chauffage ou pour la transformer en électricité à l'aide de turbines. Cette ressource a l'avantage de préserver l'environnement et d'être indépendante des conditions météorologiques (disponible continuellement), elle est donc fiable et stable dans le temps. Malheureusement cette ressource nécessite des forages dont les résultats sont parfois aléatoires et dont le temps de réalisation et de mises en service sont importantes.

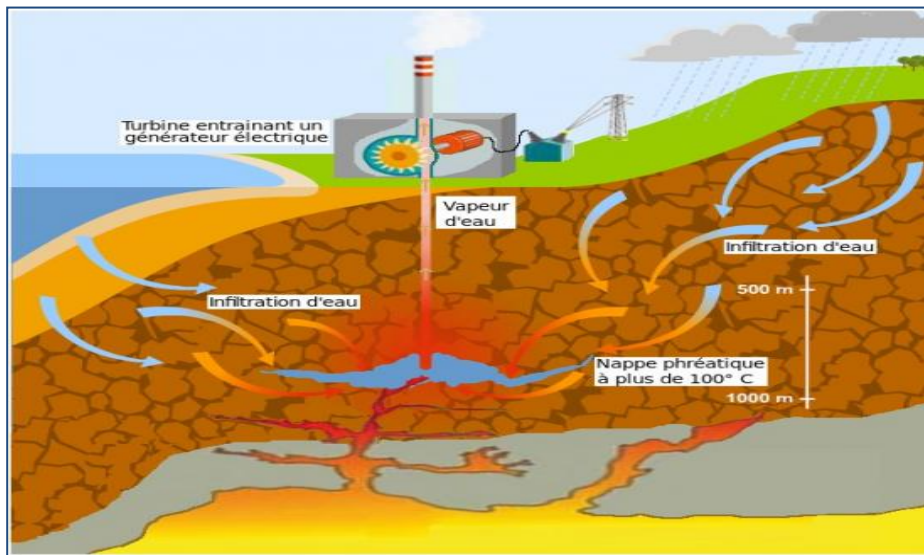


Fig. (1-9): Production d'électricité par énergie géothermique

1-3-1-7 Le solaire thermique et photovoltaïque :

L'énergie solaire est l'une des ressources renouvelables les plus abondantes sur terre, le flux d'énergie solaire reçu annuellement sur la surface de la terre représente environ 15000 fois la consommation d'énergie.

L'énergie solaire est actuellement exploitée selon trois techniques :

- **le solaire photovoltaïque :**

L'énergie photovoltaïque est basée sur l'effet photoélectrique créant un courant électrique continu à partir d'un rayonnement électromagnétique émis par le soleil. Cette ressource a donc l'avantage d'être inépuisable et utilisable en tout point d'un territoire. C'est également une énergie « propre » puisque la production énergétique à partir des modules PV n'engendre pas de GES. Cette ressource a toutefois deux inconvénients majeurs, la production est invariablement liée aux conditions climatiques et une surface considérable est nécessaire pour produire de grande quantité d'énergie sachant que le rendement des panneaux PV est relativement faible (typiquement entre 10 et 18 %)

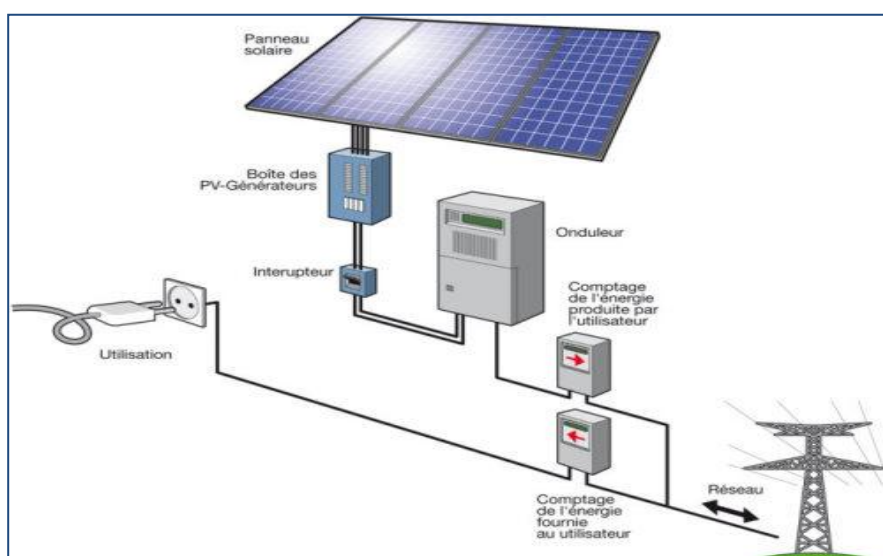


Fig. (1-10) : Les différents composants d'un système photovoltaïque

- **Tour solaire (thermique) :**

Certaines centrales thermiques solaires sont constituées d'une tour solaire thermique et d'héliostats. La tour reçoit la lumière du soleil concentrée par les héliostats. Cette technique basée sur le solaire thermique concentrée est vue comme une solution viable d'énergie renouvelable. Elle permet une production d'énergie sans pollution.

Les premiers modèles utilisaient les rayons concentrés pour chauffer de l'eau, et utilisaient la vapeur produite pour alimenter une turbine. De nouveaux modèles utilisant du sodium liquide ont été testés, et des systèmes utilisant des sels fondus (40 % de nitrate de potassium et 60 % de nitrate de sodium) comme fluides sont maintenant en fonctionnement. Ces fluides

ont une capacité calorifique élevée, qui peut être utilisé pour stocker l'énergie, avant de l'utiliser pour faire bouillir l'eau afin d'actionner des turbines. Ces conceptions permettent de générer de la puissance lorsque le soleil ne brille pas.

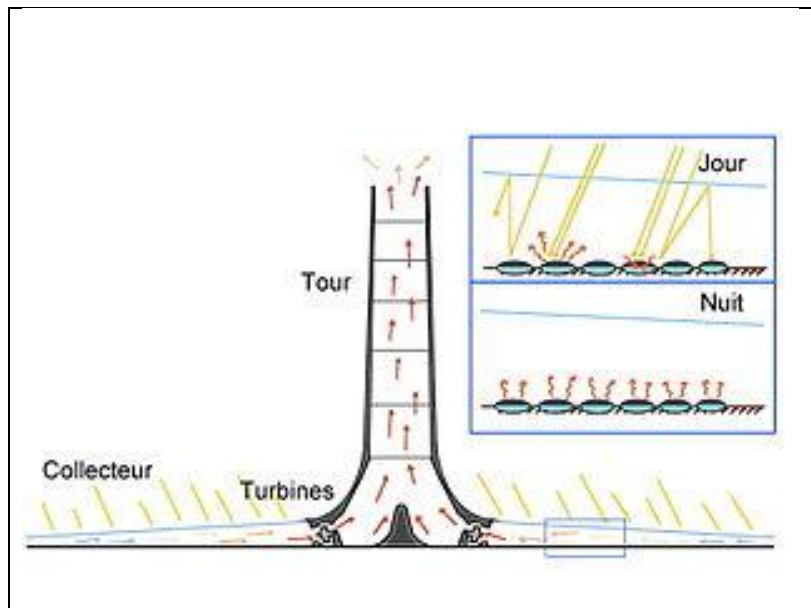


Fig. (1-11) : Les différents composants d'un système Tour solaire

- **Le solaire thermique : [5]**

Les centrales solaires thermiques sont d'une technologie relativement récente, possédant un important potentiel de développement. Elles offrent une opportunité aux pays ensoleillés comparable à celle des fermes éoliennes pour les pays côtiers.

La production d'électricité à partir du rayonnement solaire est un processus direct. L'énergie solaire étant peu dense, il est donc nécessaire de la concentrer pour obtenir des températures exploitables pour la production d'électricité. Le rayonnement est concentré en un point ou en une ligne où l'énergie thermique est transmise au fluide caloporteur. L'intensité de la concentration est définie par le facteur de concentration. Plus celui-ci est élevé, plus la température atteinte sera importante.

La figure (1-12) montre les 4 principaux systèmes de concentration. Les systèmes à concentration en ligne ont généralement un facteur de concentration inférieur à ceux des concentrateurs ponctuels.

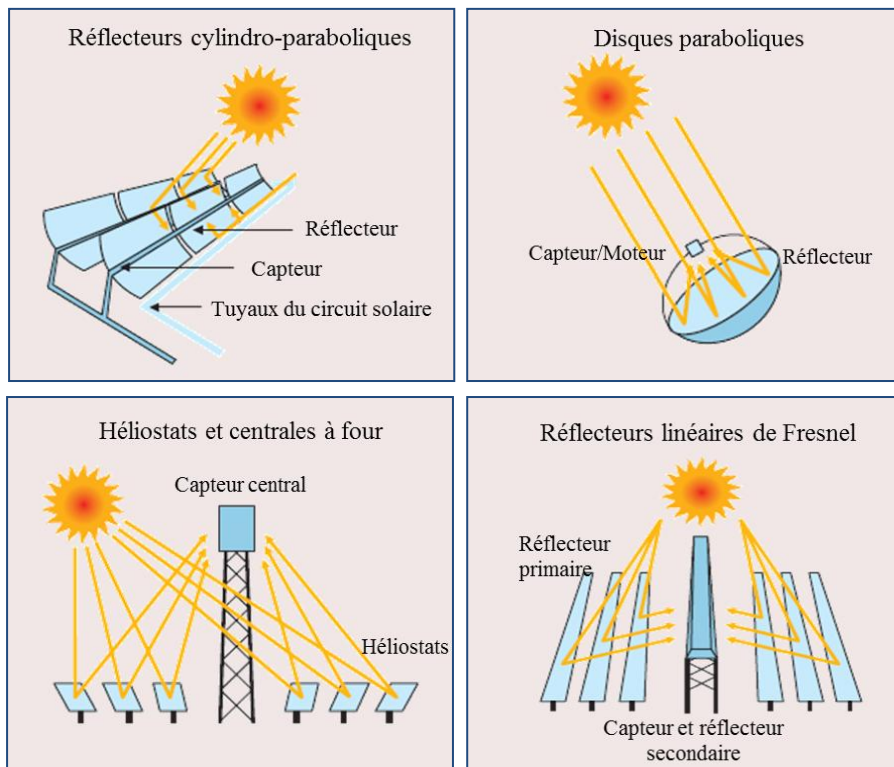


Fig. (1-12) : Les différentes technologies de concentration

Les centrales à capteur cylindro-parabolique : [6] [7]

La technologie des capteurs cylindro-paraboliques est actuellement la plus éprouvée des techniques de concentration solaire. De nombreuses installations ont déjà été testées et commercialisées, dont certaines dans les années 80.

L'installation typique est constituée de trois éléments principaux : le champ solaire, le système de transfert de la chaleur et le système de génération électrique.

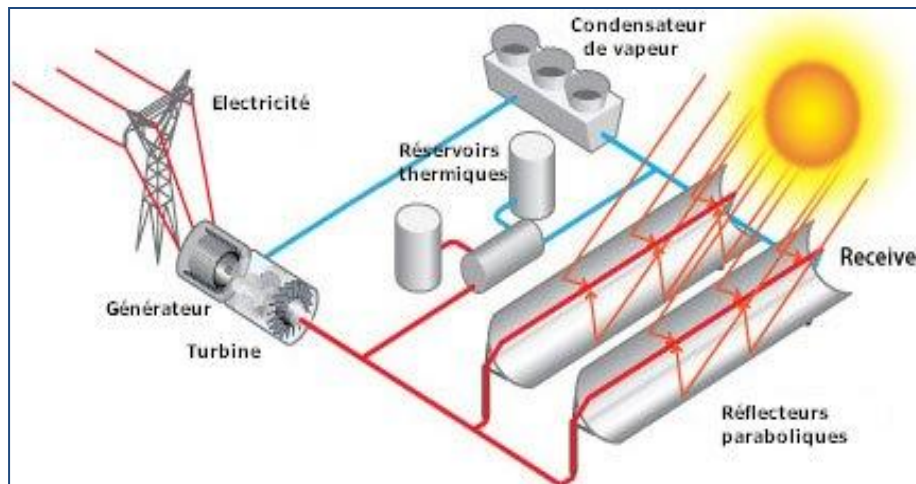


Fig. (1-13) : Les différentes technologies de concentration

L'énergie thermique reçue au collecteur est absorbée par un tuyau métallique à l'intérieur d'un tube en verre sous vide. Le fluide (huile synthétique) qui circule à l'intérieur du tuyau, est chauffé à une température d'environ 400°C. Ce fluide est ensuite pompé à travers des échangeurs conventionnels afin de produire de vapeur surchauffée qui fait fonctionner une turbine/générateur électrique.

Système d'énergie hybride :

Le terme « système d'énergie hybride » concerne les systèmes de production d'énergie électrique utilisant plusieurs types de sources. La combinaison des sources d'énergies renouvelable comme l'éolienne, le photovoltaïque ou les petites centrales hydroélectriques peut constituer un complément ou une alternative aux groupes électrogènes diesels. Les systèmes d'énergies hybrides sont généralement autonomes par rapport aux grands réseaux interconnectés et sont souvent utilisés dans les régions isolées mais la présence du générateur diesel dans ce type de système hybride autonome suscite certaines discussions quant aux notions d'environnement et de durabilité.

Définition et missions des systèmes hybrides : [3] [8]

Un système d'énergies hybride (SEH) est défini comme une installation qui utilise deux ou plusieurs sources de production d'énergie classique (groupe diesel, turbine à gaz, etc.) et au moins une source de production d'énergie renouvelable. L'objectif est d'utiliser des technologies multiples et de réunir les avantages et les meilleures caractéristiques opérationnelles de chaque système.

Les performances d'un SEH (le rendement et la durée de vie) sont influencées d'une part par sa conception, c'est-à-dire le dimensionnement des composants, leurs types, leurs architectures etc. D'autre part par le choix de la stratégie de fonctionnement et leurs paramètres permettant d'évaluer ces performances tels que l'économie de carburant, le coût du kW, le nombre et la durée des pannes, le nombre d'arrêts pour l'entretien etc.

Le champ d'application des SEH est très large et par conséquent, il est difficile de classer ces systèmes. On peut néanmoins essayer de réaliser un classement par gamme de puissance (tableau 1-1).

Puissance du SEH [KW]	Application
Faible : <5	Système autonome : station de télécommunication, pompage de l'eau,.....
Moyenne : 10-250	Micro réseau isolés : alimentation d'un village
Grande : >500	Grand réseaux isolés (ex : réseaux insulaire)

Tableau (1-1): Classification des SEH par gamme de puissance

Avantages et inconvénients :

La réalisation d'un système hybride offre les avantages suivants:

- Un bon lissage de la courbe de production ;
- Augmentation de la fiabilité ;
- Diminution du stockage ;
- Réduction des coûts de production ;

Par contre on est confronté aux inconvénients suivants :

- Augmentation de la complexité du système ;
- Difficulté d'optimisation des divers organes de l'ensemble

Type d'énergie	Avantages	Inconvénients
Eolienne	<ul style="list-style-type: none"> - C'est une énergie renouvelable où le vent est 100 % gratuit. - C'est une énergie dont l'utilisation ne pollue pas (pas de gaz à effet de serre, ni de production de déchets). - Les coûts d'installation ne sont pas très élevés. - Les principales techniques sont simples, même si leur mise en application technologique est relativement complexe. - Utilisable dans tous les endroits fortement exposés aux vents. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'énergie change suivant la météo. - Les éoliennes génèrent un bruit acoustique en continue pas vraiment supportable. - Dans le cas d'installations autonomes, il est nécessaire de recourir au stockage ou à l'association d'une installation de groupe électrogène Diesel, ce qui augmente le coût.
Solaire	<ul style="list-style-type: none"> - Energie renouvelable, et gratuite. - Energie dont l'utilisation ne pollue pas, elle ne dégage pas de gaz à effet de serre et ne produit pas de déchets toxiques. - Pour le chauffage, les coûts d'installation ne sont pas très élevés. 	<ul style="list-style-type: none"> - La nuit, la source d'énergie n'existe plus, il faut donc prévoir des systèmes de stockage. - La production d'électricité solaire est pour l'instant encore assez coûteuse car les cellules photovoltaïques sont chères à fabriquer.
Thermique	<ul style="list-style-type: none"> - Permet de couvrir quasiment l'intégralité des besoins en eau chaude et du chauffage en fonction de la surface utilisée. - Des aides financières sont proposées par l'état et les régions. - Les frais de maintenance sont réduits. 	<ul style="list-style-type: none"> - Assez chère à l'achat, l'amortissement d'investissement est d'environ 5 ans, - La surface installée est souvent inférieure au besoin. - Elle est variable dans le temps (variable en fonction des saisons).
Photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> - Durée de vie d'environ 30 ans selon les techniques utilisées, - Pose facile. - Peu d'entretien. - Subventionné par l'état. 	<ul style="list-style-type: none"> - Souvent utilisée comme énergie d'appoint car la surface en capteurs est souvent trop petite. - Coût d'achat élevé.

Type d'énergie	Avantages	Inconvénients
Hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> - L'hydroélectricité fait partie des énergies renouvelables gratuites. - Elle est non polluante et joue un rôle majeur en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre.- Elle ne produit pas de déchets toxiques.- Les risques d'accident (rupture de barrage) sont très faibles, grâce à un contrôle continu des ouvrages.- Exploite l'eau mais ne la consomme pas.- Haut rendement de production par comparaison aux autres sources d'énergies.- L'entretien de l'installation est simple et les frais de fonctionnement sont réduits.- Longue durée de vie des centrales hydrauliques. 	<ul style="list-style-type: none"> -Les problèmes d'environnement et de perturbation de l'équilibre écologique, avant et après la construction du barrage, qui nécessitent des études sérieuses. -L'investissement consenti à la construction des barrages est très cher. - L'installation des centrales hydroélectriques nécessite des sites appropriés
Géothermie	<ul style="list-style-type: none"> - C'est une source d'énergie gratuite et renouvelable. - Son exploitation ne génère pas de flamme, d'odeurs et ne coûte pas cher. - Les installations qui utilisent la géothermie ne polluent pas. - La production d'électricité en même temps que la chaleur peut encore augmenter l'intérêt porté à la géothermie. - On peut l'utiliser à n'importe quel moment, jour et nuit. - Elle ne dépend pas des conditions atmosphériques telles que la pluie, le soleil ou le vent. 	<ul style="list-style-type: none"> - C'est une énergie qui se transporte difficilement, elle doit donc être utilisée sur place. - Les investissements pour pomper l'eau chaude peuvent parfois être importants. - Risques de tremblements de terre avec certains types de géothermie.

Biomasse	<ul style="list-style-type: none"> - Energie renouvelable. - Réduire la quantité de déchets envoyés à la décharge. - Absorbe du gaz carbonique 	<ul style="list-style-type: none"> - Complexité de transformation. - Beaucoup de dégagement de chaleur par combustion
----------	---	---

1-3-2 Les sous-systèmes de transformation :

Pour transporter une énergie électrique à grande distance, il est essentiel, sur le plan économique de minimiser l'énergie perdue par effet Joule le long de la ligne de transport. La solution la plus rentable consiste à élever le niveau de tension et de l'abaisser à l'utilisation. Les deux opérations de changement de niveau de tension sont effectuées par des transformateurs.

Ces sous-systèmes sont formés d'un ensemble de transformateurs (élévateurs ou abaisseurs) placé en série dont la capacité ou bien la performance totale est la somme des différentes versions et type de transformateur.

1-3-3 Les moyens de transport de l'énergie électrique :

Comme l'énergie électrique ne se stocke pas en grande quantité, la production doit s'adapter sans cesse à la consommation. C'est pourquoi l'énergie produite doit être acheminée en temps réel jusqu'aux consommateurs. On appelle réseau électrique, l'ensemble des infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les centres de consommation.

Le réseau de transport d'électricité est situé en amont des réseaux de distribution, il se compose de deux sous-ensembles :

1-3-3-1 Le réseau transport et d'interconnexion :

Il est destiné à transporter des quantités importantes d'énergie sur de longues distances (vu la dispersion géographique entre les lieux de production et centres de consommation). Il constitue l'ossature principale pour l'interconnexion des grands centres de production.

Ce réseau peut être assimilé au réseau d'autoroutes. Ces lignes atteignent parfois des milliers de kilomètres.

1-3-3-2 Les réseaux de répartition régionale ou locale : [9]

Ils sont destinés à répartir l'énergie sur des distances plus courtes. Le transport est assuré en très haute tension (225000 volts) et en haute tension (90000 et 63000 volts). Ce type de réseau est l'équivalent des routes nationales dans le réseau routier. La fonction principale de ce réseau est avant tout d'acheminer l'électricité du réseau de transport vers les grands centres de consommations. Ces derniers sont: soit du domaine public avec l'accès au réseau de distributions HTA, soit du domaine privé avec l'accès aux abonnés à grande consommation (supérieure à 10 MVA) livrés directement en HT. Fait à base d'une configuration arborescente de même niveau de tension, alors ces lignes sont placées en parallèle et servent à transiter l'énergie électrique d'un point A vers le point B. Ces lignes se caractérisent par leurs capacités de transport, de fiabilité, ainsi que de leurs coûts. De plus les puissances transportées sont telles, que l'utilisation d'une tension basse entraînerait des sections de câble tout à fait inadmissibles. L'usage des tensions élevées se trouve donc imposé malgré les contraintes d'isolement qui se traduisent par des coûts de matériel plus importantes, la solution la plus facile étant l'utilisation des lignes aériennes.

Dans tous les cas, le choix d'une tension de transport est avant tout un compromis technico-économique entre les puissances à transporter et les distances à parcourir. La structure de ces réseaux est généralement de type aérien (parfois souterrain à proximité des sites urbains). Dans ce domaine, les politiques de respect de l'environnement et de protection des sites.

1-3-4 Distribution de l'énergie: [9]

La finalité de ce réseau est d'acheminer l'énergie électrique du réseau de répartition aux points de consommation. Les réseaux de distribution sont destinés à acheminer l'électricité à l'échelle locale, c'est-à-dire directement vers les consommateurs de plus faible puissance. La distribution est assurée en moyenne tension (HTA) et en basse tension (BTA). C'est l'équivalent des routes départementales et des voies communales dans le réseau routier.

La majeure partie des consommateurs d'énergie électrique sont alimentés par le réseau basse tension (230 et 400 volts): pavillons, immeubles d'habitation, écoles, artisans, commerçants, professions libérales, exploitations agricoles, d'autres sont alimentés en moyenne tension: grande hôtels, hôpitaux et cliniques, petites et moyennes entreprises. Les

gros industriels sont par contre alimentés directement par le réseau de transport, avec un niveau de tension adapté à la puissance électrique dont ils ont besoin.

Le choix d'une topologie fixe les principaux éléments de conception d'une distribution.

Plusieurs topologies peuvent être rencontrées.

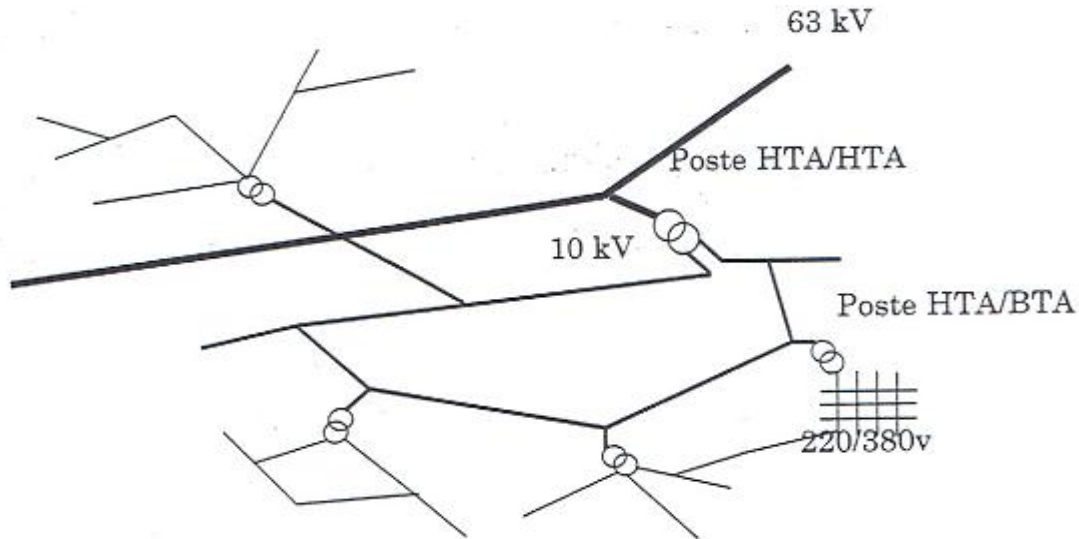


Fig. (1-14): Schéma d'un réseau de distribution

1-3-4-1 Réseau radial (simple dérivation) :

Ce schéma est aussi appelé en antenne, son principe de fonctionnement est à une seule voie d'alimentation. Ce schéma est particulièrement utilisé pour la distribution de la HTA en milieu rural. En effet, il permet facilement et à moindre coût d'accéder à des points de consommation de faible densité de charge. Il est très souvent un schéma radial lié à une distribution de type aérienne; de plus la réparation d'un incident exige la mise hors tension d'une partie du réseau sans possibilité de réalimentation de secours.

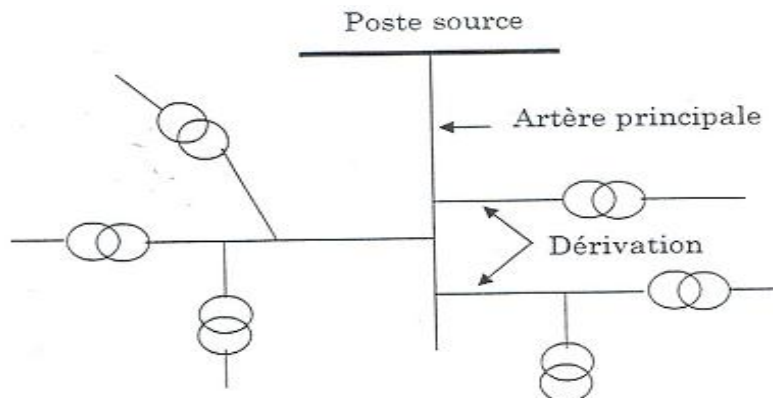


Fig. (1-15): Exemple de réseau simple dérivation

- Avantage: Coût minimal
- Inconvénient : Disponibilité réduite

1-3-4-2 Réseau boucle ouverte :

Il est aussi appelé coupure d'artères où le fonctionnement est à deux voies d'alimentation. En temps normal, les boucles sont ouvertes ce qui rend la protection et l'exploitation plus difficiles. Ce réseau est un peu plus compliqué que le précédent, un peu plus coûteux et un peu plus difficile à exploiter, mais il assure une meilleure continuité du service. Très souvent ce schéma est associé à une distribution de type souterraine.

- Avantage :
 - Bonne disponibilité, dans la mesure où chaque source peut alimenter la totalité du réseau.
 - Maintenance possible du jeu de barres avec un relayage vers le deuxième jeu de barres.
- Inconvénients :
 - Solution plus coûteuse que l'alimentation simple antenne.
 - Ne permet qu'un fonctionnement partiel du jeu de barres en cas de maintenance.

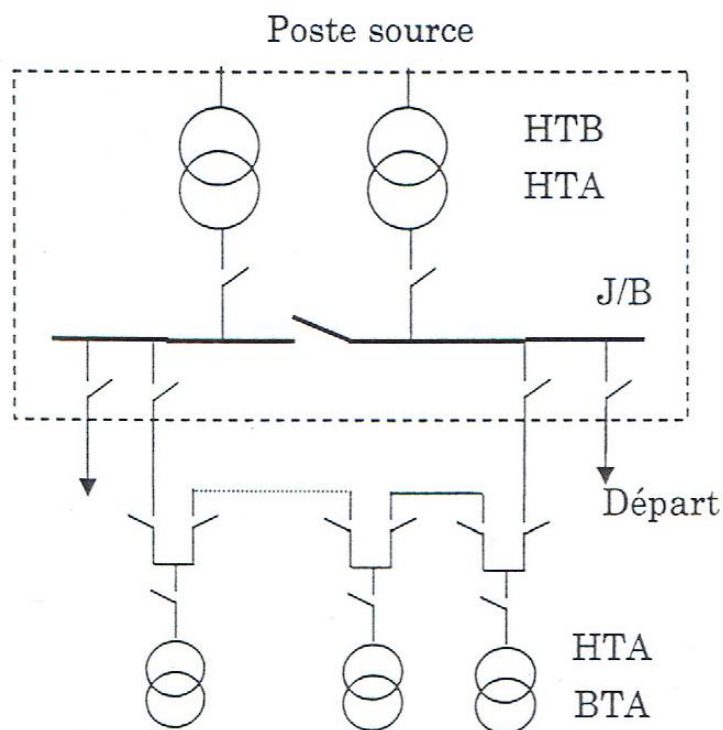


Fig. (1-16) : Représentation d'un réseau HTA en boucle

1-3-4-3 Schéma double dérivation :

Chaque poste est alimenté par deux câbles avec permutation automatique en cas de manque de tension sur l'une des deux arrivées.

- **Avantage:**
 - Bonne disponibilité d'alimentation ;
 - Très grande souplesse d'utilisation pour l'affectation des sources et des charges pour la maintenance des jeux de barres ;
 - Possibilité de transfert de jeu de barres sans coupure (lorsque les jeux de barres sont couplés, il est possible de manœuvrer un sectionneur si un sectionneur adjacent est fermé).
- **Inconvénients :**
 - Surcôt important par rapport à la solution simple jeu de barres ;
 - Les trois types peuvent être utilisés aussi bien pour la HTA que pour la BTA, le choix ne peut se faire qu'après une étude tenant compte du prix de revient du réseau et de la qualité du service qui doit être assuré.

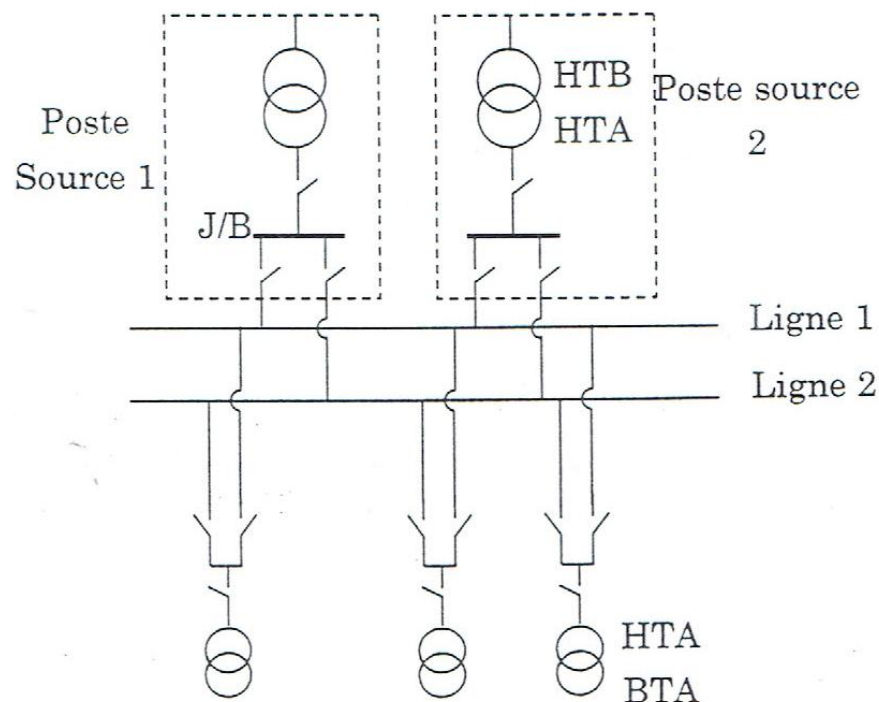


Fig. (1-17):Exemple de réseau HTA en double dérivation

1-4 Usages et consommation :

Si l'utilisation de l'énergie électrique est très largement répandue dans le monde au cours du XXe siècle, en 2015, on estimait qu'environ 1,3 milliard de personnes (sur un total de 7,3 milliards) n'avait pas d'accès à cette énergie 7. L'ONU a ainsi intégré parmi ses objectifs de développement durable l'accès à l'énergie et l'extension des infrastructures existantes.

Classement par type d'usage

- **On distingue souvent deux types d'usages :**
 - **les usages dits « spécifiques » (parfois aussi dits « nobles ») :** ce sont ceux que seule l'énergie électrique peut assurer la continuité de leur service (téléphone, électronique, informatique, médias audiovisuels, éclairage nocturne, etc.). Après une tendance aux économies d'énergie (réfrigération plus économique, lampes à faible consommation, etc.), les consommations par foyers et par appareil se voient augmenter avec l'utilisation des climatiseurs, le développement de l'informatique et des matériels audiovisuel et divers gadgets électriques. En particulier les écrans plasma, grands écrans LCD, home cinéma ont multiplié par 5 à 10 la consommation électrique par appareil. Certains automates ainsi que les communications numériques (internet et réseaux) consomment de plus en plus d'électricité. Si les ordinateurs portables consomment 5 à 6 voire 10 fois moins d'énergie qu'un ordinateur de bureau et son écran (jusqu'à 15 Watts pour le portable contre 150 pour un PC fixe), ils se sont multipliés, et souvent s'ajoutent simplement aux PC fixes au lieu de les remplacer.
 - **les usages dits « à substitution » :** Ce sont les usages desservis par d'autres sources d'énergie (moteurs au fioul, gaz, hydrogène, climatisation/réfrigération, et chauffage par combustibles). Le chauffage thermique direct est bien plus économe que le chauffage électrique par résistance ; ce dernier nécessite 3,2 kWh en amont pour produire 1 kWh de puissance final, et par contre, il émet plus de CO₂ qu'un chauffage utilisant du gaz ou fioul, ce qui a motivé l'interdiction du chauffage électrique direct au Danemark, il a été remplacé par des pompes à chaleur, ou d'autres alternatives (solaire, puits canadien, etc.).

1-5 Conclusion :

Le bon fonctionnement du système électro énergétique est essentiellement basé sur le bon fonctionnement du premier maillon de départ à savoir le système de production d'énergie ou centrale électrique. Quoique ces centrales diffèrent dans leur principe, l'objectif reste le même, celui de produire l'énergie électrique à partir d'une énergie primaire. Le choix entre les différents types était auparavant dirigé par la disponibilité de l'énergie primaire. Les préoccupations environnementales et les accords signés au niveau mondial tel que le protocole de Kyoto pour la réduction des gaz à effet sers d'une part, de l'autre, les accidents graves tels que celui de la centrale nucléaire du Japon ont forcé les décideurs politique à choisir les solutions visant à satisfaire l'opinion public par une orientation vers les énergies renouvelables (COP 21). Dans notre pays ayant une situation géographique sur une zone d'ensoleillement privilégiée, les centrales solaires sont une solution inégalée. En occurrence, la présence continue du soleil ne peut satisfaire la consommation de manière continue. Pour surmonter ce problème, les centrales hybrides offrent un meilleur compromis entre continuité de production et préservation d'environnement. Dans ces conditions la centrale hybride gaz-solaire de Laghouat est un bon début pour l'application des énergies renouvelables en Algérie. Comme toute centrale elle ne peut être en dehors des pannes, ce qui rend l'étude de ses performances et notamment sa fiabilité importante. Le chapitre suivant entame de manière progressive la théorie de la fiabilité.