**Les énergies en Inde**

**1) - Observations au cours du voyage en Inde du Sud**

Au cours du périple en Inde du Sud du 10 au 30 octobre 2013 du groupe piloté par Sylvie MAYER (Association Ap2E – Association pour une Economie Equitable), j’ai particulièrement observé la production et l’utilisation des diverses ressources énergétiques : énergie humaine, énergie des animaux, énergie du bois et des déchets organiques, énergie solaire, énergie éolienne, énergie hydraulique, énergie des combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz) et énergie nucléaire.

A ces observations faites au cours des visites d’entreprises et au cours des déplacements, j’ajoute quelques informations tirées de la lecture des journaux en anglais « The Times of India » et « The Hindu » et du magazine d’Air India.

**Energie humaine**

La population de la république indienne est évaluée à 1 milliard 300 millions d’habitants, ce qui représente un potentiel énorme, près de trois fois la population de l’Europe entière.

* Bidonville DHARAVI de 1 million d’habitants dans l’agglomération de Bombay : ateliers de tri et de transformation de déchets en matières premières pour d’autres entreprises, avec participation d’enfants de 8 à 15 ans au travail.
* Coopérative SWACH (Solid WAste Collect and Handling) à Pune, regroupant environ 2500 ouvrières sur les 6000 qui gagnent leur vie en collectant et triant les déchets qu’elles remettent aux entreprises qui en assurent la transformation et le recyclage, dans cette ville.
* Entreprise TATA Motors à Pune : 40 000 salariés, dont 28 000 employés à la fabrication des composants et à l’assemblage des véhicules (camions, autocars et voitures diverses) et 12 000 dans des activités de bureau d’étude et d’ingénierie (automatisation, robotique,…) : un complexe industriel qui n’a rien à envier aux usines européennes comparables.
* A Bengalore, entreprises d’ingénierie aéronautique (AIRBUS) et d’analyse économique et financière (GENPACT), employant chacune plusieurs centaines de techniciens et ingénieurs.
* A Valparai, entreprises de culture du thé et de sa transformation : nombreuse main d’œuvre féminine notamment pour la récolte manuelle des feuilles de thé.
* Dans la région de Cochin, récolte et transformation de tous les constituants de la noix de coco (aliments, cordes,…), pécheurs utilisant des pirogues à rame,…
* A Kumily, dans les monts des Cardamones, récolte manuelle des épices de toutes sortes.
* A Madurai, à l’institut d’ophtalmologie ARAWIND, personnel nombreux de tous les niveaux de qualification, avec un équipement moderne, pour répondre à la forte demande de soins pour les diverses maladies des yeux.
* La culture du riz emploie une main d’œuvre nombreuse, essentiellement des femmes pour le repiquage des jeunes plants de riz.
* Les petits commerces omniprésents dans tous les villages et villes occupent également un personnel très nombreux. Aperçu un magasin AUCHAN à Bengalore….
* Sur tout le parcours, nombreux ateliers artisanaux : par exemple, travail de la soie à Pune, fonderie de bronze et peinture d’art à Thanjavur, broderie à Madras (Chennai) dans une entreprise employant environ 200 salariés (essentiellement des hommes).
* Pour les transports individuels, vélos et cyclopousse ont en grande partie cédé la place d’une part aux mobylettes, scooters et motos 125 cm3 et d’autre part aux « tchouk-tchouk » jaunes (sorte de « vespas » à 3 roues) appelés « autos » en Inde, sans compter les voitures particulières.

**Energie des animaux**

 Une mécanisation notable des travaux agricoles est engagée, mais l’utilisation des buffles pour le labourage des rizières et des zébus pour le transport des récoltes reste importante.

**Bois et déchets organiques**

 Le bois est largement utilisé pour faire bouillir l’eau et cuire les aliments, malgré la concurrence des bouteilles de gaz.

 A Pune, visite d’une installation produisant du méthane à partir de déchets organiques (collectés dans des restaurants et cantines) : 5 tonnes de déchets transformés par jour en méthane et compost, par l’entreprise MAILHEM Engineers. Cette entreprise a installé environ 250 installations de ce type en Inde.

**Energie solaire**

 Compte tenu du climat entre le 10ème et le 18ème degré de latitude Nord, peu de véritables chauffe-eau solaires sont installés : en effet, les réservoirs en plastique noir sur les toits semblent suffisants pour alimenter en eau chaude sanitaire.

 Quelques installations photovoltaïques, par exemple à Auroville près de Pondichery.

**Energie éolienne**

 Des éoliennes artisanales sont installées dans les rizières probablement pour actionner des pompes nécessaires à l’irrigation.

 Quelques groupes d’éoliennes industrielles aperçus dans la région de Coimbatore. Le plan 2011 de développement de cette énergie prévoyait une puissance installée de 10 000 MW (The Hindu - 27/10/13).

**Energie Hydraulique**

 Le représentant de TATA Motors nous a indiqué que toutes les centrales électriques exploitées par le groupe TATA (470 000 salariés) étaient hydrauliques.

**Combustibles fossiles**

 L’exploitation du charbon est marquée par un scandale de corruption dans le processus d’adjudication par appel d’offres des lots de mines de charbon à diverses entreprises. Le premier ministre Manmohan SINGH (à la tête d’une coalition emmenée par le parti du Congrès) est concerné parce qu’il a été ministre du charbon dans les années 2004-2005. Ce scandale (exploité par les conservateurs hindouistes du BJP – Bharatiya Janata Party) a des conséquences à l’approche des prochaines élections du printemps 2014. (Times of India 17/10/2013).

 Des entreprises chinoises ont installé en Inde des centrales électriques utilisant le charbon pour une puissance de 60 000 MW (The Hindu 24/10/2013). Au Tamil Nadu, trois compagnies chinoises et une compagnie indienne répondent à un appel d’offres de TANGEDCO (Tamil Nadu Generation and Distribution Corporation) pour la construction d’une centrale thermique de 1 320 MW à Udangudi, dans le district de Tuticorin. De plus, le ministère de l’environnement et des forêts a donné son accord pour le Cheyyur Ultra Mega Power Project de 4 000 MW dans le district de Kancheepuram. Nous avons aperçu de loin le chantier d’une centrale thermique entre Thanjavur et Pondichery sur la côte de Coromandel.

 A la mi-octobre 2013, les dégâts occasionnés par le cyclone Phailin au réseau ferroviaire dans le district de Odisha ont menacé l’approvisionnement en charbon de plusieurs centrales électriques dans les états d’Orissa et d’Andhra Pradesh, sur la côte du golfe du Bengale. Cela aurait pu aggraver les défaillances de l’alimentation en électricité déjà fortement perturbée par les dégâts sur le réseau de distribution électrique.

**Pétrole et gaz naturel**

 La compagnie ONGC (Oil and Natural Gaz Corporation) se présente comme la 3ème compagnie mondiale pour l’exploration et la production de pétrole et de gaz, pour l’année 2012, fournissant de l’énergie à plus d’un milliard d’indiens. Son essor date de 1974 avec la découverte du colossal champ pétrolier « Bombay High » au large de Bombay dans la mer d’Arabie. Sa filiale OVL (ONGC Videsh Limited) a acquis des participations pour l’exploitation des hydrocarbures sur 32 sites dans 16 pays de 4 continents. Elle est présente dans toute la chaîne de l’industrie pétrolière avec des raffineries, des centrales électriques alimentées au gaz, mais aussi l’exploitation du gaz de charbon et du gaz de schiste. Enfin, elle diversifie ses activités dans l’énergie éolienne (une installation de 50 MW au Gujarat et une autre en projet de 102 MW au Rajasthan), dans l’énergie solaire thermique, l’industrie de l’uranium, la production d’hydrogène, la géothermie et l’énergie hydraulique. (article du magazine d’Air India d’octobre 2013).

Enfin, lors des récentes négociations entre le premier ministre indien Manmohan SINGH et le président russe Vladimir POUTINE, elle a marqué son intérêt pour coopérer avec l’industrie russe dans l’exploration des ressources en pétrole et gaz dans l’océan arctique suite à sa participation à l’exploitation du champ de Sakhaline avec Exxon et Rosneft. Des projets d’oléoduc et gazoduc (en traversant l’Afghanistan et le Pakistan), ainsi que le transport de gaz naturel liquéfié, de Russie vers l’Inde sont mis à l’étude (The Hindu – 22/10/2013). Il y a d’autres projets : Iran- Pakistan – Inde et Myanmar – Inde.

Pour les transports collectifs et de marchandises, autobus et camions semblent dominants par rapport aux transports ferroviaires.

**Energie nucléaire de fission**

 La première unité VVER 1000 MW de la centrale électronucléaire de Kudankulam, dans l’état du Tamil Nadu, a été synchronisée au réseau électrique régional Sud à la puissance de 160 MWe, le 22 octobre 2013, dans le cadre de ses essais de démarrage. Par une montée par paliers de puissance, elle devrait atteindre son régime nominal de 1000 MWe dans un mois. La deuxième unité en fin de construction sera mise en exploitation en 2014. (The Hindu – 23/10/2013)

De plus, au cours de la récente rencontre au sommet Inde-Russie, le contrat concernant les unités 3 et 4 de cette centrale a été finalisé, dans le cadre de l’accord de 2010 entre les deux pays qui prévoit la construction de 14 à 16 réacteurs en Inde. (The Hindu – 20/10/2013).

Pour la puissance électronucléaire installée, la mise en service industriel de la première unité de Kudankulam place l’état du Tamil Nadu à la première place des états de l’Inde avec une puissance de 1440 MWe, devant la Maharashtra (1400 MW), le Rajasthan (1180 MW), le Karnataka (880 MW) et l’Uttar Pradesh (880 MW). Cela porte la puissance électronucléaire totale de l’Inde à 5780 MW. (The Times of India – 23/10/2013). Les 19 autres réacteurs du parc sont 17 réacteurs de technologie dérivée des réacteurs canadiens CANDU à eau lourde, d’une puissance moyenne d’environ 200 MW chacun et 2 réacteurs à eau bouillante de 500 MW chacun de technologie dérivée de la licence américaine General Electric.

Au cours de notre voyage, nous avons aperçu de loin :

* A Bombay, le centre de recherche atomique de l’Atomic Energy Commission situé de l’autre côté de la baie, depuis la colline de l’île d’Elefanta lors de la visite des célèbres temples cavernes.
* Au sud de Madras, depuis la route de Pondichery à Madras, le centre de Kalpakam (Indira GANDHI Centre for Atomic Research) avec ses deux réacteurs CANDU, son usine de traitement des combustibles usés, son réacteur expérimental à neutrons rapides FBTR (Fast Breeder Test Reactor) fonctionnant depuis 27 ans et le chantier du PFBR (Power Fast Breeder Reactor), prototype 500 MWe de réacteur à neutrons rapides (dit de 4ème génération) qui devrait être mis en service en 2014 (conférence sur les réacteurs à neutrons rapides à Paris au printemps 2013) . Ce site côtier a été affecté par le Tsunami de 2004 venant de l’île de Sumatra : en conséquence, il a fait l’objet de gros travaux de modifications pour le mettre en situation sûre même en cas d’événements extrêmes. La suffisance de ces modifications a été réexaminée dans le cadre des revues de sûreté post-Fukushima.

**2)- Bilan des énergies de la République Indienne**

Aux observations forcément superficielles faites au cours de cette visite de la région Sud de l’Inde, je tente d’ajouter un bilan annuel global des énergies en Inde, établi à partir des données recueillies dans la « littérature » (CEA – Memento sur l’énergie ; Agence Internationale de l’Energie ; Ministry of New and Renewable Energy of India ; etc…) pour les années 2009, 2010, 2011 et 2012 :

* Energies primaires consommées, produites en Inde et importées, en Mtep (million de tonnes équivalent pétrole) : voir tableau 1.
* Energies finales utilisées, en Mtep : voir tableau 2.
	+ parts des diverses énergies primaires,
	+ répartition par catégorie d’utilisations.
* Electricité répartie par énergies primaires : voir tableau 3.
	+ Puissance installée, en MW,
	+ Production d’électricité en TWh.

Quelques ordres de grandeur - L’Inde est :

* un pays dont la population est évaluée à 1 milliard 200 millions d’habitants,
* avec environ 0,6 tep par habitant et un total d’environ 700 Mtep, le 4ème pays consommateur d’énergie primaire après la Chine (1,8 tep/hbt et 2400 Mtep), les Etats Unis (7,1 tep/hbt et 2200 Mtep), et la Russie (3,3 tep/hbt et 1000 Mtep),
* avec environ 1,5 t de CO2 / an par habitant et un total de 1600 Mt de CO2 / an, le 3ème pays émetteur de gaz à effet de serre après la Chine (5,1 t de CO2 /hbt et 7000 Mt de CO2 / an) et les Etats Unis (17 t de CO2/hbt et 5300 Mt de CO2 / an).

 Remarque : On notera que deux formes d’énergie ne sont pas comptabilisées dans les diverses statistiques : l’énergie humaine et celle des animaux. Or, pour la première, si on estime à 100 Watt la puissance moyenne d’un être humain et le pourcentage d’actifs dans la population indienne à 50%, soit 600 millions, la puissance humaine « potentielle » de l’Inde est : 100 x 600 x 106 =60.109 W = 65 000 MW, soit 65 / 212 = 31% de la puissance électrique installée en Inde.

|  |
| --- |
| Rappel sur les unités de mesure :Dans le système international de mesures MKS (mètre, kilogramme masse, seconde) :* Unité de force = 1 N (Newton) = 1 kg masse x 1m/s2,
* Unité de travail (énergie) = 1 J (Joule) = 1 N x 1m,
	+ Unités courantes : 1 Wh = (1 J / 1 s) x 3600 s = 3600 J
	+ 1 kWh = 3 600 000 J
	+ 1 MWh = 1000 kWh
	+ 1 TWh (térawattheure) = 1 000 000 kWh
	+ 1 tep (tonne équivalent pétrole) = 42 GJ (gigajoule) = 11,66 MWh (mégawattheure)
	+ 1 Mtep (million de tonnes équivalent pétrole) = 11,66 TWh
* Unité de puissance = 1 W = 1 J / 1 s = 1 N x 1 m / 1 s = 1 kg masse x (1m)2 / s3
	+ 1 kW (kilowatt) = 1000 W – 1 MW (mégawatt) = 1 000 000 W
	+ 1 ch (cheval vapeur) = 735,5 W
 |

**Tableau 1 - Energies primaires consommées**



**Tableau 2 - Energie finale utilisée**



**Tableau 3 - Electricité : Puissance installée et production annuelle**

