

quelquefois jusqu'à 2^m,95 au-dessus de son plus bas niveau, n'arrivant que du 16 juillet au 29 septembre, l'arrêt aurait pu, dans la saison où nous sommes, se prolonger pendant un temps de beaucoup plus long que la durée des maux qui viennent de désoler et de dévaster le pays.

De cet aperçu et de mon ouvrage il suit qu'avec une dépense de 8 millions, en soulageant les riverains du lac que les hautes eaux gênent dans le pays de Vaud et dans le Valais, en améliorant la navigation du Léman, défectueuse auprès de Genève en basses eaux, en embellissant Genève, en donnant une bonne navigation sur le Rhône français pendant l'automne et l'hiver, on réduirait toutes les grosses eaux de ce fleuve à des crues inoffensives jusqu'à Lyon inclusivement, et presque inoffensives au-dessous; car c'est là la dernière goutte qui fait déborder le vase. Tel est le service immense qui peut être rendu à la France et à la vallée du Rhône. Jamais peut-être les circonstances ne seront aussi favorables qu'aujourd'hui à l'exécution de ce projet, tant à cause de l'état des choses à Genève, qu'à cause de la sollicitude éclairée du gouvernement pour les besoins des populations souffrantes.

Il y a pour le Rhône un lac de Genève, avantage que n'a malheureusement pas la Loire; la mission providentielle de ce lac est au grand jour, le zèle paternel des autorités fera le reste.

Aux avantages qui précèdent de la réserve proposée du lac de Genève, il faut ajouter celui qui résulterait de ce que le produit du Rhône en basses eaux serait considérablement augmenté à Lyon et même en aval de Lyon, ce qui donnerait au fleuve, pour s'approfondir, une grande puissance.

La Loire, à Roanne, donne 5000 mètres par seconde en grosses eaux et en basses eaux 5 seulement (1 millième). Or, dès qu'une crue est en décroissance, les vitesses diminuent et les sables se déposent; mais vers les sources, où les déclivités sont fortes, elles continuent d'amener des alluvions qui s'accumulent de Digoïn à Orléans et au-dessous, ce qui oblige à exhausser les levées et rend les malheurs de plus en plus redoutables.

Le Rhône est plus heureux, parce que son produit à Lyon, grâce au lac tel qu'il est, se trouve en basses eaux du vingt-et-unième de son produit dans les grandes crues. C'est un avantage qui serait augmenté par un approvisionnement d'un milliard de mètres cubes d'eau à former dans le lac. De là une puissance de curage immense; car elle agirait de Genève à la

mer sur un parcours dont la pente est de 375 mètres, et pendant une durée d'environ cent jours, ce qui donnerait une force de 217 400 000 chevaux travaillant pendant vingt-quatre heures, *ôtée en partie aux crues qui dégradent le lit, et ajoutée aux basses eaux qui doivent l'approfondir et le régulariser.*

On peut dire que, en peu d'années, soit qu'on eût recours à des moyens d'action qui commencent à s'employer et qui sont très-susceptibles d'être améliorés, soit qu'on abandonnât, comme aujourd'hui, la force draguante du courant à ses effets naturels, le régime du fleuve deviendrait tout autre qu'il n'est, et de beaucoup plus avantageux à la navigation et aux propriétaires de la vallée en cas d'inondations.

Des avantages aussi manifestes ont pu malheureusement être négligés en 1840; ils doivent aujourd'hui être pris en grande considération.

L'antiquité a célébré le lac Mœris comme une merveille; or, il a toujours été séparé du Nil par un canal de quelques dizaines de lieues, dans lequel les eaux du fleuve auraient dû descendre, pendant une partie de l'année, pour y retourner en montant pendant l'autre, ce qui est impossible; ainsi, cette merveille n'a jamais pu servir comme on le suppose. Mais la postérité peut voir en Europe un lac remarquable, plus merveilleux que le lac Mœris, parce que le Léman est à cheval sur le Rhône; parce qu'il est tout fait, et parce qu'il n'attend qu'un barrage du prix au plus d'un million pour fonctionner à la satisfaction du monde entier, et notamment des nombreux voyageurs qui visitent Genève et la Suisse.

Manœuvres à faire à Genève. — La télégraphie transmettrait à Lyon, où serait centralisé le service, les observations locales faites avec les pluviomètres et aux échelles des ponts. Les eaux du Rhône mettant de seize à vingt heures pour descendre de Genève au confluent de la Saône, et celle de la Saône, du Doubs, de l'Ain, etc., allant beaucoup moins vite, on prévoirait plusieurs jours à l'avance ce qui va se passer dans tout le bassin du Rhône.

Si, entre autres circonstances à étudier, l'air brûlant du siroco d'Afrique, après s'être saturé d'eau sur la Méditerranée, vient donner des pluies et fondre les neiges des Cévennes et des Alpes pour grossir nos rivières, selon les remarques de M. Fabre (voir le *Compte rendu* de la séance du 9 juin) on serait sur ses gardes plus de trois ou quatre jours avant les événements.

En cas de malheurs probables, on viderait le plus possible la réserve du lac en attendant la crue; le danger approchant, on fermerait en partie le barrage de Genève; puis on le fermerait tout à fait; enfin, le mal devant bientôt être à son comble, on jetterait l'Arve dans le lac. Mais les grandes inondations arrivant avec l'été et à l'approche de l'hiver, époques où les eaux du lac ne sont pas hautes, on doit présumer qu'il ne serait jamais nécessaire d'opérer ainsi. On a, sur ce point, des renseignements très-détaillés, qui devront être consultés avec soin dans l'étude approfondie d'un projet dont la réussite ne serait pas douteuse, et qui par cette raison semble dominer tous ceux dont on s'occupe.

Quant aux manœuvres, elles se feraient par les soins et sous l'autorité de la ville de Genève, au moyen d'un consul qui recevrait de Lyon les demandes nécessitées par l'état des eaux dans le bassin du Rhône.

Estimations. — J'ai porté le barrage éclusé de Genève placé en amont de l'île et présentant 430 mètres de longueur, avec les terrasses, à 320 000 francs. Celui qu'il faudrait faire pour recevoir l'Arve à l'aval de Genève aurait plus de longueur.

Je l'estime à.....	500 000 fr.
Deux petits ponts et une machine à refaire, embellissements, etc.....	500 000
Total, pour la réserve seule.....	1 000 000
Dérivation par Plainpalais.... 600 000	} 1 000 000
Barrages pour l'Arve et somme à valoir..... 400 000	
Total pour la réserve et la dérivation par Plainpalais.....	2 000 000

Avec la dérivation par l'amont de Genève la dépense, comme je l'ai dit, n'atteindrait probablement pas 3 millions.

4

Observations diverses sur le déboisement des montagnes considéré comme cause des inondations. — Mémoire de M. Tchihatchef sur le résultat du déboisement dans l'Asie Mineure. — Observations générales de M. de Gasparin sur l'utilité du reboisement pour prévenir les inondations. — Gazonnement des montagnes proposé par M. Lambot-Miraval.

La question, toujours si controversée, de l'influence des déboisements sur l'abondance de pluies et sur la température des régions déboisées, a été naturellement discutée à l'occasion des inondations de 1856. Les renseignements positifs sont extrêmement rares sur ce point important de l'histoire du globe: aussi a-t-on accueilli avec intérêt des faits, ou plutôt une discussion sur cette matière, qui se trouve exposée dans un rapport lu par M. Becquerel à l'Académie des sciences, à propos des grands travaux météorologiques exécutés dans l'Asie Mineure par M. Tchihatchef. M. de Gasparin a ensuite exposé avec beaucoup de lucidité son opinion sur cette matière. Nous allons mettre sous les yeux du lecteur les résultats de ces deux études scientifiques.

M. Tchihatchef est un grand seigneur russe qui s'est dévoué, corps et biens, à l'avancement des sciences; il a abandonné foyers, amis, famille, pour aller, pendant un grand nombre d'années, et au prix des plus grands dangers, recueillir des observations météorologiques dans les déserts de l'Asie Mineure et jusque sur les montagnes de l'Arménie. En 1856, il a présenté à l'Académie des sciences un ouvrage manuscrit, intitulé *Études climatologiques sur l'Asie Mineure*, pays qui, jusqu'à présent, était à peu près inconnu des physiciens. Voici dans le rapport fait par M. Becquerel, à propos de cet important travail, les fragments qui se rapportent à la question du déboisement.

L'Asie Mineure manque aujourd'hui de grandes forêts ; on y trouve de vastes étendues de terrains dépourvues de toute végétation arborescente et même frutescente. On se demande dès lors s'il en a toujours été ainsi. Or, de nombreux témoignages d'auteurs anciens prouvent que cette contrée était autrefois beaucoup plus boisée qu'elle ne l'est aujourd'hui. Les progrès de la civilisation et les guerres sont les causes de la destruction des forêts du Gange à l'Euphrate, et de l'Euphrate à la Méditerranée, sur une étendue de plus de mille lieues en longueur. Trois mille ans de guerre ont ravagé ces contrées ; Ninive et Babylone, si renommées par leur civilisation avancée, Palmyre et Balbec par leur magnificence, n'offrent plus aujourd'hui aux voyageurs que des ruines, au milieu de déserts dans lesquels on ne rencontre que çà et là des traces de cette riche végétation dont les anciens ont parlé. D'un autre côté, le littoral septentrional de la mer Noire, du temps d'Hérodote, était couvert de forêts, là où il n'en existe plus aujourd'hui.

M. Tchihatchef pense que la destruction de toutes ces forêts a exercé une grande influence sur le climat de l'Asie Mineure, en abaissant la moyenne de la température de l'été, et relevant celle de l'hiver. Il appuie son opinion, à cet égard, sur plusieurs passages de Théophraste, dans lesquels ce philosophe mentionne certains végétaux que le défaut de chaleur empêchait jadis d'y prospérer, et qui viennent aujourd'hui parfaitement.

M. Tchihatchef, en exprimant ainsi son opinion touchant l'influence exercée sur la température par le déboisement de grandes étendues de forêts, tranche une difficulté qui est encore un sujet de discussions, et sur laquelle, comme nous l'avons dit plus haut, les meilleurs esprits ne sont pas d'accord.

Dans le sein de la commission nommée en 1836, pour examiner s'il y avait lieu ou non de rapporter l'article 219

du Code forestier, Arago et Gay-Lussac émirent des opinions fort opposées.

Voici d'abord ce que pensait Arago :

« Si l'on abattait un rideau de forêts sur la côte maritime de la Normandie ou de la Bretagne, disait le célèbre astronome, ces deux contrées deviendraient accessibles aux vents d'ouest, aux vents tempérés venant de la mer ; de là une diminution dans le froid des hivers. Mais si une forêt toute pareille était défrichée sur la côte orientale de la France, le vent d'est glacial s'y propagerait plus fortement, et les hivers deviendraient plus rigoureux. La destruction d'un rideau de bois aurait donc produit, ici et là, des effets diamétralement opposés. »

Gay-Lussac tenait un autre langage :

« A mon avis, disait le grand physicien, on n'a acquis jusqu'à présent aucune preuve positive que les bois aient, par eux-mêmes, une influence réelle sur le climat d'une grande contrée ou d'une localité particulière. En examinant de près les effets du déboisement, on trouverait peut-être que, loin d'être un mal, c'est un bienfait ; mais ces questions sont tellement compliquées, quand on les examine sous le point de vue climatologique, que leur solution est très-difficile, pour ne pas dire impossible. »

D'un autre côté, suivant M. de Humboldt, les forêts agissent sur le climat d'une contrée comme cause frigorigène, comme abri contre les vents et comme entretenant les eaux vives.

En résumé, il n'est pas parfaitement démontré que le déboisement sur une grande étendue de pays ait pour résultat d'élever sa température moyenne ; mais un grand nombre d'observations tendent à le faire croire. On peut citer, à l'appui de cette opinion, les observations météorologiques de Jefferson dans la Virginie et la Pensylvanie ; celles, beaucoup plus récentes, faites par MM. de Humboldt, Boussingault, Hall, Rivière et Roulin, sous les tropiques, depuis le niveau de la mer jusqu'à des hauteurs où l'on

trouve des climats tempérés et polaires. Ces derniers observateurs ont reconnu que l'abondance des forêts et l'humidité qui en résulte tendent à refroidir le climat, et que la sécheresse et l'aridité produisent un effet contraire. Il pourrait se faire néanmoins que la température moyenne restant la même, la répartition de la chaleur dans tout le cours de l'année se trouvât changée, et dans ce cas, le climat se serait modifié. Mais, nous le répétons, on ne sait encore rien de bien certain touchant l'influence du déboisement sur la température dans les contrées situées hors des tropiques.

Toutefois, l'influence des abris ne saurait être contestée; un grand nombre de faits le prouvent; nous en citons un seul. Dans les marais Pontins, un bois, interposé sur le passage d'un courant d'air humide chargé de miasmes pestilentiels, préserve les parties qui sont derrière lui, tandis que celles qui sont découvertes demeurent exposées aux maladies. Les arbres sembleraient donc tamiser l'air infecté en lui enlevant les miasmes qu'il transporte.

M. Tchihatchef affirme, en second lieu, que le déboisement a eu pour effet, dans l'Asie Mineure, d'y développer des marécages, dont l'extension considérable est un des traits caractéristiques de l'aspect de cette contrée. Le savant russe rapporte, à ce sujet, des témoignages irrécusables d'auteurs anciens, qui prouvent que, de leur temps, les marécages qui infectent aujourd'hui l'Asie Mineure n'étaient pas aussi étendus qu'ils le sont actuellement. Ces auteurs ne signalent point, par exemple, les fièvres paludéennes dans les régions que ces affections rendent aujourd'hui inhabitables, et qui étaient jadis couvertes de florissantes cités.

L'opinion émise par M. Tchihatchef, touchant la production des marécages à la suite de grands déboisements, se trouve confirmée par de nombreux exemples que M. Bec-

querel a déjà signalés dans son ouvrage sur les climats. Vient-on, en effet, à défricher une forêt à sous-sol imperméable sans cultiver le sol, la terre n'offre plus qu'un accès difficile aux eaux pluviales, qui, ne pouvant plus s'infiltrer, restent dans les parties basses. Le pays devient alors marécageux et malsain, et les habitants sont en proie aux fièvres paludéennes. C'est ce qui est arrivé à la Sologne, à la Brenne, à la Dombe, à la Bresse, etc., à la suite de grands déboisements. Des documents authentiques prouvent qu'il y a mille ans, la Brenne était couverte de forêts, entrecoupées de prairies arrosées d'eaux courantes et vives, et qu'elle était renommée alors par la fertilité de ses pâturages et la douceur de son climat. Aujourd'hui il n'en est plus ainsi; le pays est devenu marécageux et malsain.

Tel est le résumé de la discussion faite par M. Becquerel, à propos du mémoire de M. Tchihatchef, sur la question du déboisement, question qui présente un haut degré d'intérêt comme se rattachant à l'étude des causes des inondations. Mais les considérations présentées par M. Becquerel ne touchent qu'un peu de loin à la question générale de l'influence qu'aurait le reboisement des montagnes pour s'opposer au retour des inondations qui ont désolé la France en 1856.

Cette question générale de l'utilité du reboisement pour empêcher le retour des inondations, a été traitée avec supériorité par un illustre agronome, M. de Gasparin. Le *Journal d'agriculture pratique* a publié, au mois de juillet 1856, un article dans lequel les vues générales de ce savant sont exposées avec beaucoup de netteté par son fils, M. Agénor de Gasparin. Nous renvoyons à ce numéro du *Journal d'agriculture* les personnes qui voudront prendre connaissance des opinions de ce profond observateur sur le sujet difficile dont nous parlons.

Pour terminer cette matière, nous signalerons, comme se rapportant à la question qui vient de nous occuper, un travail publié à Toulon par M. Lambot-Miraval, et qui a pour titre : *Observations sur les moyens de reverdir les montagnes et de prévenir les inondations.*

L'auteur de ce mémoire n'est pas partisan absolu du reboisement comme moyen de prévenir les inondations, et en cela nous nous rangeons à son avis. Le reboisement peut sans aucun doute contribuer à diminuer les inondations; mais il produira ce résultat dans une proportion moins étendue qu'on ne l'admet généralement. Le gazonnement des montagnes, moyen plus prompt et plus facile dans sa réalisation, doit accompagner le reboisement pour qu'il produise ses effets les plus utiles. Il est évident que les bois, là où ils sont bien établis, forment sur le sol un revêtement solide propre à retenir les eaux pluviales, à retarder leur écoulement, et, par conséquent, à prévenir l'irruption subite des eaux dans le lit des rivières. Toutefois, une jeune forêt n'est pas pour cet objet d'une efficacité absolue; surtout quand elle se trouve sur un sol en pente, à moins qu'elle ne forme un fourré très-épais, et que l'eau pluviale n'ait pas à descendre d'une trop grande hauteur.

La création de forêts nouvelles ne serait donc pas un moyen radical, et surtout un moyen actuel de précaution.

M. Lambot-Miraval recommande d'arrêter les ruisseaux et les torrents formés par les eaux pluviales, en les faisant absorber par le sol au moyen de fossés horizontaux, munis d'un réservoir à chacune de leurs extrémités. S'appuyant sur les conseils donnés à ce propos par MM. Chevandier, Polonceau et de Saint-Venant, il propose aussi, pour conserver la terre qui reste sur les montagnes, et par suite nos forêts et nos sources, *d'établir des barrages là où la localité s'y prête, et des fossés partout.*

Les barrages peuvent être envisagés sous deux points de vue différents et aussi essentiels l'un que l'autre : 1° celui d'arrêter les eaux pluviales pour prévenir les inondations; 2° celui d'emmagasiner les eaux pour les faire servir aux irrigations des terres. Il serait surtout avantageux de construire ces barrages au bas des montagnes dénudées, sur lesquelles les fossés n'ont plus rien à faire, et de rétablir en quelque sorte l'équilibre, en faisant produire à la plaine une surabondance de fourrages que la montagne ne peut plus fournir. Mais les barrages, nécessitant presque toujours des dépenses considérables, ne peuvent être entrepris que par l'État ou par des compagnies. Les fossés peuvent, au contraire, être établis par tout le monde.

Le nombre des fossés doit être, en moyenne, selon M. Lambot-Miraval, de quatre par hectare. Ils donneront lieu à une dépense d'environ 60 francs pour cette surface. C'est là sans aucun doute une forte dépense, mais elle paraîtra moins importante si on considère l'amélioration notable des terrains qui en résultera.

Les moyens indiqués par M. Lambot-Miraval méritent d'être pris en considération sérieuse pour les pays en vue desquels ils sont proposés, c'est-à-dire pour le midi de la France.

5

Lettre de l'Empereur sur les moyens de prévenir les inondations. —
Commentaire de ce document.

Nous venons de rapporter les travaux les plus importants qui ont été publiés en France, à propos des inondations de 1856. Au moment où d'immenses désastres venaient de couvrir notre pays de ruines et de deuil, la science a rassemblé toutes ses ressources pour rechercher

les causes de ces effrayants cataclysmes, et les moyens d'en empêcher sinon le retour, du moins les plus redoutables effets. On vient de lire quelles ont été les opinions et les vues de nos savants sur ce grave sujet. Elles se résument dans l'abandon du système qui a été adopté jusqu'à ce jour, c'est-à-dire l'excessif et continuel endiguement des fleuves et rivières, moyen préventif illusoire que l'expérience et le raisonnement condamnent sans retour. Il nous reste à citer la *Lettre de l'Empereur* qui a paru dans le *Moniteur* le 22 juillet, et qui adopte pleinement ces vues en indiquant quels sont, dans la pensée du gouvernement, les moyens que l'administration se propose de mettre en œuvre pour réaliser l'ensemble des mesures dont il prend l'initiative. Voici donc le texte de ce document important qui a fait en France une impression si profonde :

Monsieur le ministre, après avoir examiné avec vous les ravages causés par les inondations, ma première préoccupation a été de rechercher les moyens de prévenir de semblables désastres. D'après ce que j'ai vu, il y a dans la plupart des localités des travaux secondaires indiqués par la nature des lieux, et que les ingénieurs habiles mis à la tête de ces travaux exécuteront facilement. Ainsi, rien de plus aisé que d'élever des ouvrages d'art qui préservent momentanément d'inondations pareilles les villes telles que Lyon, Valence, Avignon, Tarascon, Orléans, Blois et Tours. Mais quant au système général à adopter, pour mettre, dans l'avenir, à l'abri de si terribles fléaux nos riches vallées traversées par de grands fleuves, voilà ce qui manque encore et ce qu'il faut absolument et immédiatement trouver.

Aujourd'hui chacun demande une digue, quitte à rejeter l'eau sur son voisin. Or, le système des digues n'est qu'un palliatif ruineux pour l'État, imparfait pour les intérêts à protéger, car, en général, les sables charriés exhaussant sans cesse le lit des fleuves, et les digues tendant sans cesse à le resserrer, il faudrait toujours élever le niveau de ces digues, les prolonger sans interruption sur les deux rives, et les soumettre à une surveillance de tous les moments. Ce système,

qui coûterait seulement pour le Rhône plus de cent millions, serait insuffisant, car il serait impossible d'obtenir de tous les riverains cette surveillance de tous les moments, qui seule pourrait empêcher une rupture, et, une seule digue se rompant, la catastrophe serait d'autant plus terrible que les digues auraient été élevées plus haut. Au milieu de tous les systèmes proposés, un seul m'a paru raisonnable, pratique, d'une exécution facile, et qui a déjà pour lui l'expérience.

Avant de chercher le remède à un mal, il faut en bien étudier la cause. Or, d'où viennent les crues subites de nos grands fleuves? Elles viennent de l'eau tombée dans les montagnes, et très-peu de l'eau tombée dans les plaines. Cela est si vrai, que, pour la Loire, la crue se fait sentir à Roanne et à Nevers vingt ou trente heures avant d'arriver à Orléans ou à Blois. Il en est de même pour la Saône, le Rhône et la Gironde, et, dans les dernières inondations, le télégraphe électrique a servi à annoncer aux populations plusieurs heures ou plusieurs jours d'avance le moment assez précis de l'accroissement des eaux.

Ce phénomène est facile à comprendre : quand la pluie tombe dans une plaine, la terre sert pour ainsi dire d'éponge ; l'eau, avant d'arriver au fleuve, doit traverser une vaste étendue de terrains perméables, et leur faible pente retarde son écoulement. Mais, lorsqu'indépendamment de la fonte des neiges, le même fait se représente dans les montagnes où le terrain, la plupart du temps composé de rochers nus ou de graviers, ne retient pas l'eau, alors la rapidité des pentes porte toutes les eaux tombées aux rivières, dont le niveau s'élève subitement. C'est ce qui arrive tous les jours sous nos yeux quand il pleut : les eaux qui tombent dans nos champs ne forment que peu de ruisseaux, mais celles qui tombent sur les toits des maisons et qui sont recueillies dans les gouttières forment à l'instant de petits cours d'eau. Eh bien ! les toits sont les montagnes, et les gouttières les vallées.

Or, si nous supposons une vallée de 2 lieues de largeur sur 4 lieues de longueur, et qu'il soit tombé dans les 24 heures 0^m,10 d'eau sur cette surface, nous aurons dans ce même espace de temps 12 800 000 mètres cubes d'eau qui se seront écoulés dans la rivière, et ce phénomène se renouvellera pour chaque affluent du fleuve : ainsi, supposons que le Rhône ou la Loire ait dix grands affluents, nous aurons le volume immense de 128 millions de mètres cubes d'eau qui se seront écoulés dans