

DAMS AND ENVIRONMENT

The Zuiderzee damming.

BARRAGES ET ENVIRONNEMENT

La fermeture du Zuiderzee.

Bulletin 66



1989

Cover by O. Magna after a photograph " Eurimage/NLR 1988 "
Couverture par O. Magna d'après une photographie « Eurimage/NLR 1988 »

This Bulletin has been prepared by J. de Jong and A. bij de Vaate (Netherlands)
on behalf of the Netherlands National Committee on Large Dams
for the Committee on the Environment

Original text in English — French translation by Y. Le May

*Ce Bulletin a été préparé par J. de Jong et A. bij de Vaate (Pays-Bas)
au nom du Comité National des Grands Barrages des Pays-Bas
pour le Comité de l'Environnement*

Texte original en anglais — Traduction en français par Y. Le May

DAMS AND ENVIRONMENT

The Zuiderzee damming.

BARRAGES ET ENVIRONNEMENT

La fermeture du Zuiderzee.

Commission Internationale des Grands Barrages
151, bd Haussmann, 75008 Paris - Tél. : 40 42 67 33 - Télex : 641320 F (ICOLD)

AVERTISSEMENT – EXONERATION DE RESPONSABILITE:

Les informations, analyses et conclusions auxquelles cet ouvrage renvoie sont sous la seule responsabilité de leur(s) auteur(s) respectif(s) cité(s).

Les informations, analyses et conclusions contenues dans cet ouvrage n'ont pas force de Loi et ne doivent pas être considérées comme un substitut aux réglementations officielles imposées par la Loi. Elles sont uniquement destinées à un public de Professionnels Avertis, seuls aptes à en apprécier et à en déterminer la valeur et la portée et à en appliquer avec précision les recommandations à chaque cas particulier.

Malgré tout le soin apporté à la rédaction de cet ouvrage, compte tenu de l'évolution des techniques et de la science, nous ne pouvons en garantir l'exhaustivité.

Nous déclinons expressément toute responsabilité quant à l'interprétation et l'application éventuelles (y compris les dommages éventuels en résultant ou liés) du contenu de cet ouvrage.

En poursuivant la lecture de cet ouvrage, vous acceptez de façon expresse cette condition.

NOTICE – DISCLAIMER :

The information, analyses and conclusions referred to herein are the sole responsibility of the author(s) thereof.

The information, analyses and conclusions in this document have no legal force and must not be considered as substituting for legally-enforceable official regulations. They are intended for the use of experienced professionals who are alone equipped to judge their pertinence and applicability and to apply accurately the recommendations to any particular case.

This document has been drafted with the greatest care but, in view of the pace of change in science and technology, we cannot guarantee that it covers all aspects of the topics discussed.

We decline all responsibility whatsoever for how the information herein is interpreted and used and will accept no liability for any loss or damage arising therefrom.

Do not read on unless you accept this disclaimer without reservation.

COMMITTEE ON THE ENVIRONMENT
COMITÉ DE L'ENVIRONNEMENT (*)
(1985-1991)

Chairman/Président	
Great Britain/Grande-Bretagne	E. T. HAWS
Members/Membres	
Brazil/Brésil	J. A. BANDEIRA DE MELLO
Canada	G. GUERTIN
China/Chine	ZHANG ZEZHEN
Finland/Finlande	T. KOVANEN
France	P. SAVEY
Indonesia/Indonésie	M. UMAR
Italy/Italie	C. LOTTI
Japan/Japon	T. KANEYASHIKI
Malaysia/Malaisie	DATO' MOHD JALALUDDIN
Netherlands/Pays-Bas	H. ENGEL
New Zealand/Nlle-Zélande	E. HEINE
Portugal	A. GONÇALVES
Spain/Espagne	E. R. PARADINAS
Sri Lanka	W.M.S.C. PIYADASA
Sweden/Suède	Bo. STEN
Switzerland/Suisse	N. SCHNITTER
USA/États-Unis	J. W. MORRIS
USSR/URSS	L. P. MIKHAILOV
Venezuela	L. CASTRO
Co-opted member/Membre coopté	L. O. TIMBLIN (USA)

(*) Composition en juillet 1988.
Membership in July 1988.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS

RÉSUMÉ

1. INTRODUCTION

2. L'AMÉNAGEMENT
DU ZUIDERZEE

3. L'ANCIEN ZUIDERZEE

4. CHANGEMENTS RÉSULTANT
DE L'EXÉCUTION DE L'AMÉ-
NAGEMENT

5. ÉVOLUTION DE LA SOCIÉTÉ
ET SES EFFETS SUR LE MILIEU
NATUREL ET L'ENVIRONNE-
MENT

6. ASPECTS ÉCONOMIQUES DANS
L'ÉTUDE ET L'AMÉNAGE-
MENT DES POLDERS ET DES
LACS

7. ÉVALUATION

8. REMERCIEMENTS

9. RÉFÉRENCES

CONTENTS

FOREWORD

SUMMARY

1. INTRODUCTION

2. THE ZUIDERZEE PROJECT

3. THE FORMER ZUIDERZEE

4. CHANGES RESULTING FROM
THE EXECUTION OF THE PRO-
JECT

5. THE INFLUENCES OF DEVE-
LOPMENTS IN SOCIETY ON
NATURE AND ENVIRONMENT

6. ECOLOGICAL ASPECTS IN
PLANNING AND SHAPING
POLDERS AND LAKES

7. EVALUATION

8. ACKNOWLEDGEMENT

9. REFERENCES

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	8
RÉSUMÉ (1 figure)	10
1. INTRODUCTION (1 figure)	16
2. L'AMÉNAGEMENT DU ZUIDERZEE	22
2.1. Résumé	22
2.2. La région	22
2.3. L'aménagement	24
2.4. Exécution des travaux	24
2.5. Gestion et exploitation	26
2.6. Prise de décision	28
(5 figures)	
3. L'ANCIEN ZUIDERZEE	38
3.1. Résumé	38
3.2. Situation physique	38
3.3. Situation biologique	38
3.4. Utilisation par l'homme	42
(4 figures)	
4. CHANGEMENTS RÉSULTANT DE L'EXÉCUTION DE L'AMÉNAGEMENT	48
4.1. Résumé	48
4.2. Changements dans la situation physique du lac IJsselmeer	48
4.3. Changements dans la situation biologique du lac IJsselmeer	50
(5 figures, 2 tableaux)	
5. ÉVOLUTION DE LA SOCIÉTÉ ET SES EFFETS SUR LE MILIEU NATUREL ET L'ENVIRONNEMENT	62
5.1. Résumé	62
5.2. Urbanisation et utilisation des terres	62
5.3. Préservation	62
(1 figure)	
6. ASPECTS ÉCOLOGIQUES DANS L'ÉTUDE ET L'AMÉNAGEMENT DES POLDERS ET DES LACS	68
6.1. Résumé	68
6.2. Les polders	68
6.3. Les lacs	70
(5 figures)	
7. ÉVALUATION	80
8. REMERCIEMENTS	82
9. RÉFÉRENCES	84

TABLE OF CONTENTS

FOREWORD	9
SUMMARY (1 figure)	11
1. INTRODUCTION (1 figure)	17
2. THE ZUIDERZEE PROJECT	23
2.1. Summary	23
2.2. The area	23
2.3. The project	25
2.4. Execution of the works	25
2.5. Management and operation	27
2.6. Decision making	29
(5 figures)	
3. THE FORMER ZUIDERZEE	39
3.1. Summary	39
3.2. The abiotic situation	39
3.3. The biotic situation	39
3.4. Use by man	43
(4 figures)	
4. CHANGES RESULTING FROM THE EXECUTION OF THE PROJECT	49
4.1. Summary	49
4.2. Changes in the abiotic situation in lake IJsselmeer	49
4.3. Changes in the biotic situation in lake IJsselmeer	51
(5 figures, 2 tables)	
5. THE INFLUENCE OF DEVELOPMENTS IN SOCIETY ON NATURE AND ENVIRONMENT	63
5.1. Summary	63
5.2. Urbanization and land use	63
5.3. Preservation	63
(1 figure)	
6. ECOLOGICAL ASPECTS IN PLANNING AND SHAPING POLDERS AND LAKES	69
6.1. Summary	69
6.2. The polders	69
6.3. The lakes	71
(5 figures)	
7. EVALUATION	81
8. ACKNOWLEDGEMENT	83
9. REFERENCES	84

LISTE DES FIGURES

- Fig. 1. — Résumé des effets les plus importants de l'aménagement du Zuiderzee.
- Fig. 2. — Situation de l'aménagement du Zuiderzee - Stade d'exécution en 1983.
- Fig. 3. — Transformations des terres dans la région du Zuiderzee.
- Fig. 4. — Régions des Pays-Bas qui doivent être protégées contre les crues.
- Fig. 5. — Le projet Zuiderzee selon la loi de 1918.
- Fig. 6. — Répartition de l'utilisation des terres dans les polders mis en valeur.
- Fig. 7. — Le barrage de fermeture (photo).
- Fig. 8. — Carte des types de sol du Zuiderzee.
- Fig. 9. — Profondeur des eaux dans l'ancien Zuiderzee, en 1923.
- Fig. 10. — Pourcentage moyen d'eau douce dans l'ancien Zuiderzee.
- Fig. 11. — Répartition des végétations submergées dans l'ancien Zuiderzee.
- Fig. 12. — Pourcentage moyen d'eau douce dans la partie occidentale de la Mer des Wadden, après l'achèvement du barrage.
- Fig. 13. — Diminution de la salinité du lac IJsselmeer après 1932.
- Fig. 14. — Types de sol dans les polders mis en valeur et dans les grands lacs subsistants (vers 1980).
- Fig. 15. — Modifications dans le phytoplancton et dans le zooplancton du lac IJsselmeer.
- Fig. 16. — Répartition de la végétation d'eau douce submergée.
- Fig. 17. — Évolution de l'utilisation des terres aux Pays-Bas, au XX^e siècle.
- Fig. 18. — Situation des forêts dans le Flevoland.
- Fig. 19. — Situation des diverses réserves naturelles dans le Flevoland et leurs destinations.
- Fig. 20. — Espaces verts dans la zone urbaine d'Almere.
- Fig. 21. — Modification du tracé de la liaison routière entre Enkhuizen et Lelystad.
- Fig. 22. — Projet de répartition entre zones de loisirs et réserves naturelles.

LIST OF FIGURES

- Fig. 1. — Summary of the most important effects of the Zuiderzee project.
- Fig. 2. — Location of the Zuiderzee project - Stage of execution in 1983.
- Fig. 3. — Land transformations in the Zuiderzee region.
- Fig. 4. — Areas in the Netherlands that have to be protected against flooding.
- Fig. 5. — The plan for the Zuiderzee project according to the act of 1918.
- Fig. 6. — Distribution of the land use in the reclaimed polder.
- Fig. 7. — The closure dam (photo).
- Fig. 8. — Soil map of the Zuiderzee.
- Fig. 9. — Depth of waters in the former Zuiderzee in 1923.
- Fig. 10. — Mean percentage of fresh water in the former Zuiderzee.
- Fig. 11. — Distribution of submerged vegetations in the former Zuiderzee.
- Fig. 12. — Mean percentage of fresh water in the western part of the Wadden Sea after the completion of the barrier dam.
- Fig. 13. — Decrease in the salinity of the IJsselmeer after 1932.
- Fig. 14. — The soils of the reclaimed polders and remaining lakes (approx. 1980).
- Fig. 15. — Changes in phytoplankton and zooplankton composition in the IJsselmeer.
- Fig. 16. — Distribution of submerged fresh water vegetations.
- Fig. 17. — Development of the land use in the Netherlands during the 20th century.
- Fig. 18. — Location of the forests in Flevoland.
- Fig. 19. — Location of the various nature reserves in Flevoland and their functions.
- Fig. 20. — Green zones in the urban area of Almere.
- Fig. 21. — Modification in the plan for the Houtribdijk between Enkhuizen and Lelystad.
- Fig. 22. — Plan for zoning between recreation and nature.

AVANT-PROPOS

Le Comité de l'Environnement de la Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB) a déjà publié quatre Bulletins : n^{os} 35, 37, 50 et 65. Le premier est en grande partie technique; le second, par contre, est destiné à l'information du grand public. Le troisième analyse les expériences d'ingénieurs confrontés aux problèmes d'impact des barrages sur l'environnement dans les grandes régions climatiques du monde, à savoir les régions tempérées, tropicales, subtropicales et arides, et à hivers rigoureux.

Le quatrième Bulletin présente cinq exemples vécus; s'agissant d'aménagements anciens, on connaît bien pour chacun d'eux dans quelle mesure les objectifs ont été atteints et quels ont été les effets sur l'environnement.

Le présent Bulletin décrit, avec beaucoup de détails, l'expérience acquise sur l'aménagement du Zuiderzee, aux Pays-Bas, où de nombreux efforts furent faits dans le domaine de l'environnement et dont beaucoup d'enseignements furent retirés. Puisse le lecteur, à travers cet exposé — comme pour le Bulletin 65 —, estimer l'impact complet de l'aménagement, considéré dans son ensemble, et apprécier le degré du succès de cette réalisation. Par contre, son ancienneté fait qu'elle ne reflète probablement pas les idées les plus récentes en matière de protection de l'environnement. Néanmoins, les enseignements acquis permettront d'accroître nos connaissances et d'améliorer nos approches.

L'exemple décrit a été fourni par le Comité National des Pays-Bas; qu'il en soit vivement remercié.

D'autres exemples seront publiés dans de prochains Bulletins.

E. T. Haws
Président
Comité de l'Environnement

Si l'on veut disposer d'un aide-mémoire et d'une approche méthodologique pour les études d'impact sur l'environnement, il est recommandé d'utiliser la matrice contenue dans le Bulletin 35; cette matrice peut être obtenue sans le bulletin par 25 exemplaires.

FOREWORD

The Committee on the Environment of the International Commission on Large Dams (ICOLD) has previously published four Bulletins (35, 37, 50 and 65). The first was largely of a technical nature, and the second for the better information of the general public. The third distilled the experiences of engineers involved with dam projects located in broadly defined climatic regions of the world, the regions chosen being designated as temperate, tropical, sub-tropical and arid, and severe winter.

The fourth gave case histories of 5 projects of significant age with a realistic picture of each scheme related both to achievement of the main project purpose and to the various environmental impacts involved.

The present Bulletin describes in considerable detail the experience with the Zuiderzee project in the Netherlands on which there has been much effort on the environmental front, with many lessons learned. As with Bulletin 65, it is intended that the reader should be able, through these descriptions, to assess the overall impact of the project in its totality on the communities involved. He can thence make his own judgment of the overall degree of success of the project. It must be emphasised that since this project is of significant age, the case probably does not indicate the most modern practice in dealing with environmental matters. Indeed lessons learned are recorded which all add to the current state of the art and best practice.

This case has been contributed from the National Committee of the Netherlands and acknowledgement is made to the authors.

It is hoped to add to the list of case histories in future bulletins.

E. T. Haws
Chairman
Committee on the Environment

For a comprehensive aide memoire and methodology approach for environmental impact studies, the matrix of Bulletin 35 is recommended, and it may be noted that the matrix is available in batches as a separate set.

RÉSUMÉ

Ce bulletin décrit les effets de la fermeture du Zuiderzee et de la mise en valeur des terres soustraites à la mer. Les travaux commencèrent en 1919. En raison du temps écoulé depuis la fermeture (réalisée en 1932) et de l'échelle de cet aménagement, il semble intéressant d'évaluer les effets de cette fermeture.

Le barrage de fermeture transforma un vaste estuaire situé au cœur des Pays-Bas, le Zuiderzee, en un lac d'eau douce d'environ 3 750 km². La décision d'une telle fermeture fut dictée par une inondation en 1916 et par le manque de nourriture pendant la première Guerre Mondiale. En 1927, la construction du barrage commença; en 1932, l'ouvrage était terminé. La mise en valeur des polders a été réalisée au cours de la période 1930-1967.

Les objectifs de la fermeture étaient les suivants :

a) Protection sûre contre les houles de tempête en mer du Nord, par la construction d'un barrage de longueur relativement faible (30 km environ), au lieu du renforcement et de l'entretien d'une digue de 300 km autour de l'estuaire.

b) Amélioration de la gestion des ressources en eau douce dans la partie centrale des Pays-Bas, en créant une retenue d'eau douce dont le niveau peut être maîtrisé.

c) Établissement possible des polders dans l'estuaire fermé comportant un sous-sol argileux excellent.

d) Amélioration des liaisons routières entre l'ouest et le nord-est des Pays-Bas.

La Fig. 1 donne un aperçu des effets positifs et négatifs les plus importants. Une évaluation des effets conduit actuellement aux conclusions suivantes :

— Les premiers objectifs concernant la sécurité et l'amélioration de la gestion des ressources en eau douce sont remplis et sont toujours très appréciés.

— La mise en valeur de polders comportant des sols de bonne qualité pour l'agriculture a donné de l'espace supplémentaire à la population dense des Pays-Bas, celle-ci augmentant annuellement de 1,25 % environ (la réduction du taux de croissance de la population au cours des dernières années et l'intérêt porté de plus en plus aux aspects écologiques et aux zones de loisirs ont suscité de vives discussions à propos du dernier polder projeté - le Markerwaard. La construction de ce polder n'est pas encore entreprise).

— La réduction de la distance par route vers le nord-ouest des Pays-Bas n'a pas entraîné d'importants progrès économiques dans le nord du pays. S'il y a des avantages pour le trafic routier, il y a, par contre, des inconvénients pour la navigation.

— A l'époque où fut prise la décision d'exécuter l'aménagement du Zuiderzee, les problèmes écologiques n'étaient pas pris en compte. Un important environnement d'estuaire a subi de profondes modifications. Cependant, lors des études des nouveaux polders, l'écologie de la région a été prise en considération (réserves

SUMMARY

In this paper the effects of the closure of and land reclamation in the Zuiderzee, are described. The works started in 1919. In view of the time elapsed since the closure (realised in 1932) and the scale of this project it seems relevant to evaluate the effects of this closure.

The closure dam changed a large estuary in the heart of the Netherlands, the Zuiderzee, into a fresh water lake of about 3 750 km². The decision was prompted by an inundation in 1916 and the food shortages during the first World War. In 1927 the construction of the closure dam was started, while in 1932 the dam was completed. Polders have been reclaimed in the period 1930-1967.

The objectives of the closure were :

a) To establish safety against storm surges in the North Sea by building a relatively short high dam (about 30 km) instead of the reinforcement and upkeep of a 300 km dike around the estuary.

b) To enhance fresh-water management in the central part of the Netherlands by creating a fresh-water basin with a controlled water level.

c) To make it possible to establish polders in the closed estuary with an excellent clay subsoil.

d) To improve the road connection between the west and the north-east of the Netherlands.

Fig. 1 gives an overview of the most important positive and negative effects. An evaluation of the effects at present leads to the following conclusions.

— The primary goals in relation to security and enhancement of fresh-water management are achieved and still very valuable.

— The reclamation of polders with valuable soils for agriculture has provided necessary extra space in the densely populated Netherlands where the population growth has been of the order of 1.25 % annually. (The reduction in population growth in recent years and the growing interest in ecological aspects and the space for water recreation brought the last polder projected (the Markerwaard) into hot debate. The polder is not yet under construction).

— The reduction of the road distance to the north-west of the Netherlands has not led to great economic development in the north of the Netherlands. Against the advantages for road traffic there are some disadvantages for shipping.

— At the time of the Zuiderzee decision, ecological considerations were not taken into account. An important estuarine environment was changed drastically. In the planning of the new polders, however, the ecology of the area has been

naturelles et terrains boisés). De ce fait, cette région nouvelle est devenue une des plus importantes réserves d'oiseaux en Europe Occidentale.

Lorsque le barrage fut construit, la qualité de l'eau douce qui arrivait dans le lac était encore relativement bonne. Toutefois, l'augmentation de la pollution dans le bassin du Rhin d'où provient l'eau douce a conduit à une détérioration de la qualité de l'eau et de la qualité des sédiments de fond, mais ces effets se seraient également produits sans le barrage de fermeture.

Le barrage influença la répartition des matières polluantes; les effets sont plus importants dans les retenues d'eau douce (eutrophisation) que dans la mer des Wadden limitrophe (zone côtière plus petite).

— Les habitants des ports de pêche le long du Zuiderzee durent changer d'activités. Environ 90 % de cette population vivaient directement ou indirectement de la pêche; une faible partie seulement a réussi à passer de la pêche en mer à la pêche en eau douce. On comprit parfaitement ce problème dès le début et on en prit soin grâce à des mesures légales.

— Au moment des études, l'aspect « loisirs » n'avait pas été examiné. Ce fut un effet positif inattendu du projet exécuté. La navigation de plaisance et les autres formes de loisirs aquatiques connurent un grand essor tandis que les loisirs terrestres se développèrent grâce au boisement.

considered (nature reserves and woodlands). This makes the new area one of the most important areas for wild birds in Western Europe.

When the closure dam was built the quality of the fresh water discharging into the lake was relatively good. However, increased pollution in the Rhine basin from which the fresh water is received, led to deterioration of water quality and quality of the bottom sediment, but these effects would also have occurred without a closure dam.

The dam did have an effect on the distribution of the pollutants; the effects in the fresh-water basins are more important (eutrophication) than in the neighbouring Wadden Sea (smaller coastal area).

— The inhabitants of the fishing ports along the Zuiderzee had to change their activity. About 90 % of these people were directly or indirectly dependent on fishery. Only a small part of this group has changed its activity successfully from salt-water fishery to fresh-water fishery. This problem was clearly recognized from the beginning and taken care of by a special regulation supported by law. In this law financial and social support was arranged during a long period for people who were the victim of the changes.

— The recreation function of the area was not assessed at the time the plans were made. This has been an unexpected positive effect of the executed plan. Yachting and other forms of water recreation increased strongly while land recreation was stimulated by afforestation.

Aménagement du ZUIDERZEE

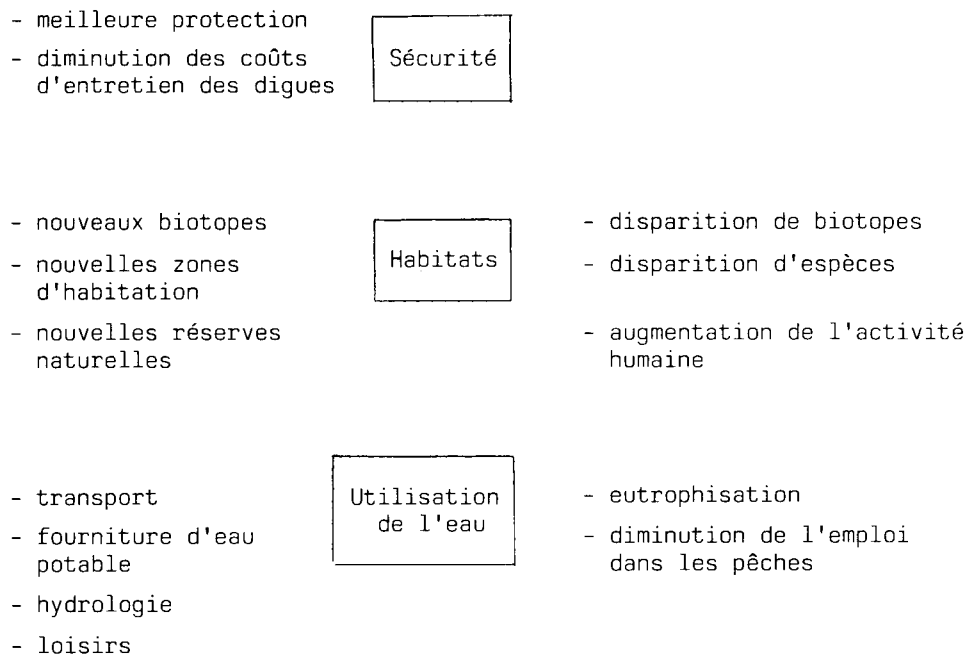


Fig. 1 : Résumé des effets les plus importants de l'aménagement du Zuiderzee

ZUIDERZEEPROJECT

- better protection
- decrease of costs
for maintenance of
dikes

Safety

- new biotopes
- new living areas
- new nature reserves

Habitats

- disappearance of biotopes
- disappearance of species
- more human activity

- transport
- drinking-water supply
- hydrology
- recreation

Water use

- eutrophication
- decrease of employment in
fisheries

Fig. 1: Summary of the most important effects of the Zuiderzee project.

1. INTRODUCTION

L'ancien Zuiderzee, une grande zone d'estuaire de plus de 500 000 ha située au nord-ouest et au centre des Pays-Bas (Fig. 2), a subi de profonds changements dus à la réalisation de l'aménagement du Zuiderzee.

Dans le cadre de cet aménagement, 375 000 ha de cette zone ont été soustraits à l'influence de la mer grâce à la construction d'un barrage.

Ces travaux ont modifié les mouvements des marées et la salinité dans la partie occidentale de la région des Wadden. Dans le lac artificiel IJsselmer, l'environnement a été changé : on est passé d'un système d'estuaire à eau saumâtre, comportant deux marées par jour, à un système à eau douce eutrophique avec un niveau d'eau constant. Les travaux de mise en valeur des terres par construction de polders sont en cours dans cette région.

Sur les cinq polders prévus, d'une surface totale de 206 000 ha, quatre ont déjà été réalisés sur une surface totale de 165 000 ha (Fig. 2).

La construction du 5^e polder, d'une superficie de 41 000 ha, est retardée. Commencé en 1919, l'aménagement sera terminé en totalité lorsque ce polder sera construit.

Ces travaux de mise en valeur des terres ont eu également des effets sur l'environnement de la région IJsselmeer.

On ne porta qu'une attention limitée aux problèmes écologiques pendant les études, en raison des conditions socio-économiques de l'époque. Cependant, les changements écologiques susceptibles de se manifester étaient considérés comme très importants du point de vue scientifique. Aussi, l'écosystème aquatique, avant et après la construction du barrage, fût-il contrôlé.

Plus tard, également, les valeurs écologiques élevées, de caractère transitoire, ont été examinées et ont fait l'objet de rapports détaillés. Lorsque les conditions socio-économiques changèrent après la seconde Guerre Mondiale et, en particulier, dans la période postérieure à 1965 environ, une base solide de connaissances biologiques et écologiques fut constituée par l'administration concernée, ce qui permit de prendre en considération les problèmes d'environnement dans l'aménagement des polders et des lacs.

La méthode d'exécution de l'aménagement du Zuiderzee — les polders étant construits l'un après l'autre — donna de la souplesse aux travaux de mise en valeur et de gestion en raison du changement d'opinions. Dans les deux polders aménagés après la seconde Guerre Mondiale, de grandes zones de forêts et de réserves naturelles ont été créées à côté des zones destinées à d'autres utilisations, telles que l'agriculture, les loisirs, l'urbanisation et les infrastructures.

Malgré d'énormes modifications dans l'environnement, les lacs et les polders présentent aujourd'hui, au niveau international, des valeurs écologiques élevées, en particulier en ce qui concerne les oiseaux.

1. INTRODUCTION

The former Zuiderzee, a large estuarine area of over 500 000 ha located in the northwestern and central part of the Netherlands (Fig. 2) has undergone great changes due to the execution of the Zuiderzee project.

Within the framework of this project 375 000 ha of the area have been dammed up and excluded from marine influences.

As a result of the works, in the western part of the Wadden region the tidal movements and salinity changed. In the created lake IJsselmeer the environment changed from a marine-brackish estuarine system with two tidal movements per day into an eutrophic fresh-water system with a fixed water level. Land reclamation works by polder construction are under execution in this area.

Five polders have been planned with a total area of approximately 206 000 ha. Four polders have already been constructed with a total area of 165 000 ha (Fig. 2).

The construction of the planned fifth polder of 41 000 ha is delayed. Started in 1919, the execution of the project will be finished when this polder is also constructed.

The land reclamation works also influenced the ecological conditions prevailing in the IJsselmeer region.

Due to the social and economic conditions of that time, only limited attention was paid to ecological aspects during the planning. However, the ecological changes that would occur were regarded to be very important from a scientific point of view. As a result, the aquatic ecosystem before and after damming up was examined.

Later on also transient high ecological values of the new polders have been well documented.

Changed social and economic conditions after the second World War and especially in the period after about 1965, installed a sound basis of biological and ecological knowledge with the state authorities involved and enabled the addition of ecological considerations into the development of the polders and border lakes.

The way the Zuiderzee project was executed — the polders were constructed one after another — allowed a flexibility in development and management due to changed visions. In the two polders constructed after the second World War, large areas of forest and nature reserves have been created next to areas for other land use such as agriculture, recreation, urbanization and infrastructure.

In spite of the drastic ecological changes nowadays both lakes and polders have high ecological values on an international level, especially for birds.

Des études, des travaux d'exécution et une gestion réalisés avec beaucoup de soin par des organismes d'état, avec l'aide de recherches continues, ont été des facteurs essentiels dans l'obtention de ces résultats.

Le but du présent document est de décrire l'aménagement tel qu'il a été exécuté, en attirant l'attention sur la façon dont les problèmes d'environnement ont été traités au cours des études, lors de la prise de décision et en cours d'exécution des travaux.

On décrira tout d'abord l'aménagement lui-même, son organisation et sa gestion. Puis, on traitera de la situation écologique existant avant 1930, et des modifications survenues dans la région par suite des travaux.

On indiquera, ensuite, comment les résultats des études écologiques et biologiques ont été exploités dans les études et l'exécution des étapes successives de l'aménagement.

Enfin, on présentera des conclusions, en attirant l'attention sur les enseignements que l'on peut tirer de la longue période de construction de cet aménagement.

Careful planning, execution and management by state organizations, assisted by continuous research, proved to be essential factors to achieve these results.

The aim of this paper is to describe the project as it has been executed with an emphasis on the way ecological aspects have been dealt with in planning, decision-making and execution.

First the project itself, its organization and management will be described. Then the ecological situation as it existed before 1930 will be discussed, followed by a description of the changes in the area which resulted from the execution of the works.

After this part the developments in the way of integrating the results of ecological and biological studies in the planning and execution of the successive stages of the project are described.

Finally the conclusions, aiming at pointing out the lessons that can be learned from the long period in which this project has been under execution, are evaluated.

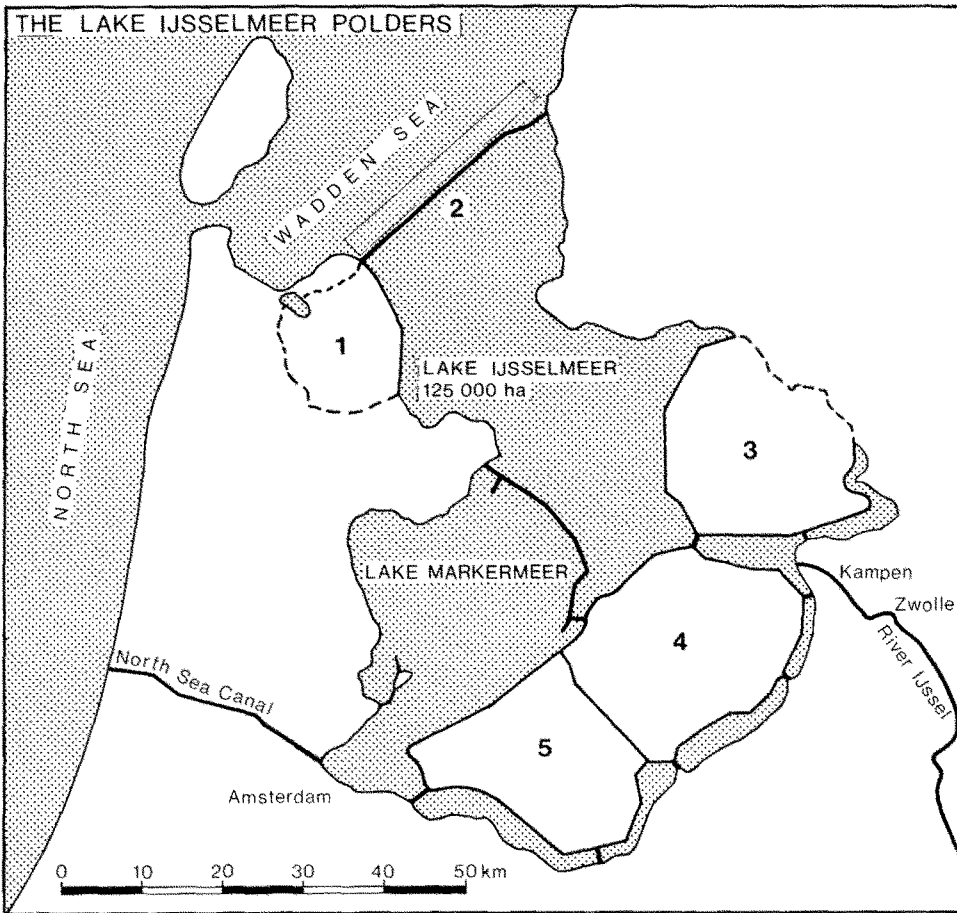
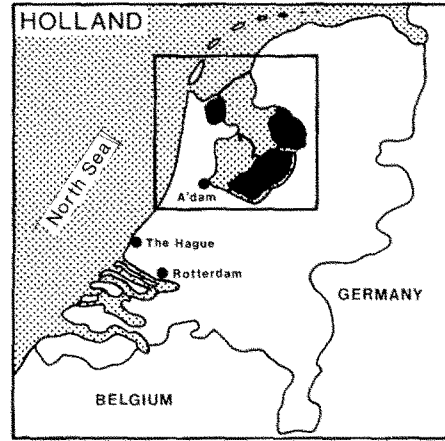
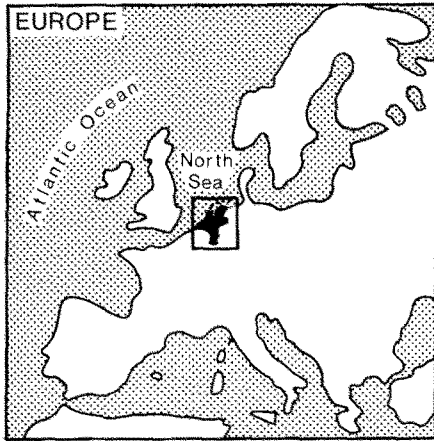
Fig. 2

The location of the Zuiderzee project in Europe and The Netherlands. The stage of execution in 1983.

Situation de l'aménagement du Zuiderzee en Europe et aux Pays-Bas. Stade d'exécution en 1983.

1. Wieringermeer
20 000 ha - drained 1930.
2. Enclosure Dam
30 km - 1932.
3. Northeastpolder
48 000 ha - drained 1942.
4. Eastern Flevoland
54 000 ha - drained 1957.
5. Southern Flevoland
43 000 ha - drained 1968.

1. *Wieringermeer*
20 000 ha - asséché en 1930.
2. *Barrage de fermeture*
30 km - 1932.
3. *Polder Nord-Est*
48 000 ha - asséché en 1942.
4. *Flevoland Est*
54 000 ha - asséché en 1957.
5. *Flevoland Sud*
43 000 ha - asséché en 1968.



2. L'AMÉNAGEMENT DU ZUIDERZEE

2.1. RÉSUMÉ

Depuis le XVII^e siècle, des projets ont été établis en vue de séparer le Zuiderzee, formé par l'érosion de la mer, de la Mer des Wadden. La raison majeure était la protection de la population avoisinante contre les inondations provoquées par les ruptures de digue.

En 1918, le Parlement des Pays-Bas accepta le projet de Lely, spécifié dans la loi du Zuiderzee. Ce projet incluait la mise en valeur des terres de la région.

Après l'assèchement du premier polder en 1930, la construction du barrage de fermeture fut achevée en 1932. Trois polders furent réalisés par la suite.

Pour l'ensemble des travaux d'aménagement, trois organismes gouvernementaux furent constitués.

Le Gouvernement et le Parlement sont directement responsables de la bonne exécution de l'aménagement.

2.2. LA RÉGION

A la fin de la dernière période glaciaire, l'époque Pléistocène, les Pays-Bas étaient une région sableuse. Les sables plongeaient vers l'ouest.

A travers cette zone, les fleuves (Rhin, Meuse, Escaut et même, pendant quelque temps, Ems, Weser et Elbe) coulaient vers la Mer du Nord.

L'époque Holocène suivit la période glaciaire. Le niveau de la mer s'éleva. De ce fait, beaucoup de terrains tourbeux se formèrent, mais plus tard, la mer submergea ces terrains et déposa des sédiments marins. Sur ces dépôts marins, la tourbe se reforma pour une longue période.

Dans la région du Zuiderzee, l'érosion de ce terrain tourbeux commença à partir de l'ouest, entre 2 000 et 1 000 ans avant J.-C., et fut suivie plus tard de dépôts d'argile et de sable. Dans l'arrière-pays, un ensemble de lacs subsista, appelé lac Flevo par les Romains. Les eaux entrant, trouvèrent au nord, une sortie vers la Mer du Nord.

Au Moyen-Âge, cette liaison s'élargit. L'ancien lac d'eau douce devint le lac d'eau saumâtre Almere. Vers 1600, la rivière IJssel perdit de l'importance. Le lac Almere, appelé à cette époque Zuiderzee, devint un lac salé (Fig. 3).

Les habitants des basses terres devaient se défendre contre les inondations en construisant des buttes, des digues et des polders. La construction de polders et l'assèchement de lacs permettaient la réduction de l'ancien littoral, la mise en valeur de terres fertiles et l'amélioration de la gestion des ressources en eau régionales. Cela intéressait non seulement les régions autour de l'ancien Zuiderzee, mais aussi toutes les basses terres des Pays-Bas (Fig. 4) et les régions limitrophes de Belgique et d'Allemagne (23).

2. THE ZUIDERZEE PROJECT

2.1. SUMMARY

From the 17th century, plans were made to separate the Zuiderzee, arisen from the eroding influence of the sea, from the Wadden Sea. The most important reason was to protect the inhabitants in the surrounding areas against floods resulting from dike bursts.

In 1918 the Dutch parliament accepted the plan of Lely, laid down in the Zuiderzee act. Land reclamation in the area was included in this plan.

After the reclamation of the first polder in 1930, the construction of the closure dam was finished in 1932. Three polders were constructed after that time.

For the total organization of the project three governmental development authorities were established.

Government and parliament are directly responsible for correct execution of the project.

2.2. THE AREA

At the end of the last Ice Age, the Pleistocene, the Netherlands were a sandy area. The sands sloped down towards the west.

Through this area, rivers (Rhine, Meuse, Scheldt and for time even Ems, Weser and Elbe) flowed towards the North Sea.

The Holocene epoch followed the Ice Age. The sea level rose. Under these conditions much peat land was formed, but later on the peat land was overwhelmed by the sea, laying down marine sediments. On top of the marine deposits again peat was formed for a long period of time.

In the Zuiderzee area between 2 000 and 1 000 B.C. this peat land started to be eroded from the west. Later on the eroded area silted up with clay and sand. In the hinterland a complex of lakes remained, called Lake Flevo by the Romans. The incoming fresh waters found, in the north, an outlet to the North Sea.

In the Middle Ages this connection widened. The former fresh water lakes complex became the brackish lake Almere. About 1 600 the river IJssel lost importance. The lake Almere, then called Zuiderzee, became saline (Fig. 3).

The inhabitants of the low lands had to defend themselves against floods by construction of mounds, dikes and polders. Construction of polders and draining lakes enabled reduction of the primary coastline, reclamation of fertile lands and improvement of regional water management. This has not only been done in the regions around the former Zuiderzee but in all the low-lying parts of the Netherlands (Fig. 4) and adjacent regions in Belgium and Germany (23).

2.3. L'AMÉNAGEMENT

En 1667, Hendric Stevin établit un projet en vue de séparer le Zuiderzee de la mer des Wadden et d'en assécher une grande partie. A cette époque, le projet n'était pas réalisable techniquement. Dans la seconde moitié du XIX^e siècle, des projets identiques furent de nouveau soutenus. Depuis l'assèchement du grand lac Haarlemmermeer (18 000 ha, au sud-ouest d'Amsterdam), en 1852, il était évident que de grands aménagements étaient techniquement faisables. Il y eut de nombreuses années de discussion, mais en 1918 la loi du Zuiderzee fut votée par le Parlement des Pays-Bas. Cette loi décrétait que le Zuiderzee serait isolé de la Mer des Wadden par un barrage et que le lac IJsselmeer ainsi créé serait asséché et mis en valeur (Fig. 5).

Le projet accepté avait été établi en 1890 pour le Dr Lely qui était aussi Ministre des Transports et des Travaux Publics lorsque la loi relative à la réalisation du projet fut votée par le Parlement en 1918. Les objectifs du projet étaient les suivants :

1. réduction de l'ancien littoral de 300 km à 30 km environ, afin d'augmenter la sécurité des zones entourant le Zuiderzee et de la partie centrale des Pays-Bas, et afin de diminuer les coûts d'entretien des digues;
2. mise en valeur de terres agricoles très fertiles, plates et facilement drainables;
3. amélioration de la maîtrise des eaux dans la partie principale du pays (maîtrise des niveaux d'eau et de la salinité);
4. amélioration du réseau routier pour une meilleure liaison entre l'ouest et le nord du pays.

La construction et la mise en valeur sont maintenant en cours depuis plus de 60 ans. Les conditions d'utilisation des terres ont énormément changé au cours de cette période. Les quatre objectifs précités sont toujours valables, mais d'autres s'y sont ajoutés. Il apparaissait très clairement que dans un pays à très forte densité de population, comme les Pays-Bas, l'utilisation de terres nouvellement asséchées devait être examinée avec beaucoup de soin.

Divers schémas possibles d'utilisation de ces terres devaient être comparés et faire l'objet d'un plan harmonieux (8). La répartition entre terres agricoles, forêts et parcs naturels, infrastructures et zones urbanisées, dans les quatre polders terminés, illustre cette mise en valeur (Fig. 6).

2.4. EXÉCUTION DES TRAVAUX

Le barrage séparant le lac IJsselmeer de la Mer des Wadden fut fermé en 1932. En vue d'assurer l'évacuation, dans la Mer des Wadden, de l'eau apportée dans le lac par la rivière IJssel, un bras du Rhin, des pertuis équipent le barrage à ses deux extrémités. Ils sont associés à des écluses permettant la navigation du lac IJsselmeer vers la Mer des Wadden.

Au cours du XIX^e siècle, on avait déjà effectué des études portant sur l'utilisation éventuelle de béton pour la construction des ouvrages hydrauliques. Les pertuis et les écluses construits à cette époque étaient parmi les premiers ouvrages de ce type

2.3. THE PROJECT

In 1667 Hendric Stevin developed a plan for separating the Zuiderzee from the Wadden Sea and draining a large part of it. At that time the plan was not feasible from a technical point of view. In the second half of the 19th century similar plans were advocated again. Since the reclamation of the large (18 000 ha) lake Haarlemmermeer (southwest of Amsterdam) in 1852, it was clear that large projects could be executed successfully in a technological way. It took many years of discussion, but in 1918 the Zuiderzee Act was passed by the parliament of the Netherlands. The Act decreed that the Zuiderzee was to be closed off from the Wadden Sea by a dam and that in the resulting lake IJsselmeer land was to be reclaimed (Fig. 5).

The accepted plan was made up in 1890 by Dr. Lely who was also the Minister of Transport and Public Works when the Act to realize the plan was passed in parliament in 1918. The objectives of the plan were :

1. shortening the primary coastline from 300 km to approximately 30 km in order to increase safety of the areas surrounding the Zuiderzee as well as the heart of the Netherlands and in order to decrease the costs of dike maintenance;
2. reclamation of extremely fertile, flat and easily drainable, agricultural land;
3. improving water control in the main part of the country (control of water levels and salinity);
4. improving road systems for better communication between the western and northern parts of the country.

Construction and development have been in progress now for more than 60 years. Circumstances concerning land use have changed drastically over this period. The four original objectives are still valid but others have been added. It became steadily clear that in a very densely populated country like the Netherlands the use of newly reclaimed land had to be considered carefully.

Various possible schemes of land use had to be compared and had to be composed into an harmonious plan (8). The distribution of the land over agriculture, afforestation and nature, infrastructure and urbanization in the four completed polders clearly illustrates this development (Fig. 6).

2.4. EXECUTION OF THE WORKS

The dam separating the Lake IJsselmeer from the Wadden Sea was closed in 1932. In order to permit the discharge of the water transported into the lake by a branch of the river Rhine, the IJssel, into the Wadden Sea, sluices have been built in this dam on both ends. They are combined with shiplocks to enable navigation from lake IJsselmeer to the Wadden Sea.

During the nineteenth century studies were already carried out on the possible use of concrete for construction in hydraulic engineering. The sluices and shiplocks constructed then were among the first of their kind in the Netherlands (7).

réalisés aux Pays-Bas (7). Aujourd'hui, plus de 50 ans d'exploitation continue démontrent la fiabilité de tels ouvrages en béton dans un milieu marin et d'eau douce (Fig. 7).

Le premier polder, appelé Wieringermeer, fut asséché en 1930 et ensuite mis en valeur à partir d'un environnement marin. Les trois polders suivants furent mis en valeur à partir d'un milieu d'eau douce, le lac IJsselmeer. Ils furent asséchés en 1942, 1957 et 1968.

Les opérations nécessitées par l'assèchement et la mise en valeur d'un polder peuvent se résumer de la façon suivante :

1. On construit tout d'abord une digue d'enceinte, en même temps que les stations de pompage qui serviront initialement à évacuer l'eau et, ensuite, à maintenir la zone à sec. Au cours de la dernière année de ces travaux, les principaux canaux sont creusés sous l'eau. Après la fin de ces opérations, le polder est asséché par pompage. Cette phase s'étend sur 7-9 ans.

2. On sème, au moyen d'un avion, des graines de roseau sur la surface boueuse mise à découvert, afin d'empêcher que d'autres mauvaises herbes ne poussent.

3. Le réseau de canaux de drainage, comprenant les canaux principaux, les fossés de division et les fossés de parcelles, ainsi que le réseau de routes, sont progressivement réalisés sur une période de dix ans environ. Au cours de cette période, les terres sont mises en culture également.

4. Les premières étapes de culture consistent à détruire les roseaux, à creuser un réseau de drainage agricole (habituellement des fossés) et à préparer les terres pour les premières semences (très souvent, graines oléagineuses de colza).

5. Les terres sont alors cultivées pendant 5 ans environ, avec l'aide de ressources et fonds gouvernementaux.

6. Au cours de ces années d'exploitation agricole temporaire, les fossés sont remplacés par un réseau de drainage souterrain (tuyaux). Des mesures d'amélioration des terres sont prises le cas échéant. La dernière année, des bâtiments de ferme et leurs équipements sont construits sur les exploitations destinées à la location pour une période fixée. De plus, les réseaux téléphoniques et électriques et les canalisations d'eau sont posés le long des routes. Des villages sont construits (avec magasins, églises, écoles, services publics, centres d'affaires, etc.).

7. L'attribution de terres à des particuliers a lieu sous la forme de fermes familiales. Les exploitants vivent sur leurs fermes.

8. Dans la période où la culture et l'attribution des terres sont en cours, les opérations d'aménagement du paysage, de boisement, de construction de zones de loisirs et de mise en valeur des ressources naturelles commencent également.

9. Lorsque la mise en valeur initiale du polder est terminée, la poursuite des tâches de gestion et d'entretien, remplies au début par les autorités gouvernementales, est prise en charge par des établissements permanents (autorités locales, commission des polders pour l'administration des propriétés de l'État, etc.).

Cette mise en valeur initiale dure, en tout, 5 à 25 ans.

2.5. GESTION ET EXPLOITATION

Il est évident qu'une organisation souple est nécessaire pour le projet et la réalisation de l'aménagement.

Nowadays, after continuous operation over 50 years, they prove the reliability of such concrete constructions in a marine and fresh-water environment (Fig. 7).

The first polder, named Wieringermeer, was drained in 1930 and hence reclaimed from a marine environment. The three following polders were reclaimed from the fresh-water lake IJsselmeer. They were drained in 1942, 1957 and 1968 respectively.

The activities for draining and developing a polder can be summarized as follows :

1. First an enclosing dike is built, together with the pumping stations which initially serve to remove the water and later on to maintain dry conditions. In the final year of these activities the main canals are dredged under water. After these operations are completed, the polder is pumped dry. This period requires 7-9 years.

2. To promote the drying-out process and to prevent the growth of other weeds, reed is sowed over the exposed mud surface by means of an aircraft.

3. The network of drainage water courses, consisting of main canals, section ditches and plot ditches, and the road system are gradually added within about ten years. During this period land cultivation is started, too.

4. The initial stages of cultivation consist of destroying the reed vegetation, digging an agricultural drainage system (usually field ditches) and preparing the land for sowing the first crop (very often oilseed rape).

5. The land is farmed then for about 5 years, supported by Governmental resources and funds.

6. During these years of temporary farming, the field ditches are replaced by a surface drainage system (pipes). Soil improvement measures are carried out where needed. In the final year farm buildings and living accommodation are constructed on sites scheduled for lease on ordinary fixed-period tenancy. In addition the telephone and electricity supply cables and the water mains are laid along the roads. Villages are built (with shops, churches, schools, central services, business premises, etc.).

7. Allocation of land to private individuals, in the form of family holdings take place. The users of the land live on their farms.

8. During the time of progressed land cultivation and allocation, the processes of landscaping, afforestation, construction of recreation areas and development of natural resources also start.

9. When the initial development of the polder is completed, the continuing administration and maintenance functions previously fulfilled by the governmental development authorities, are transferred to permanent establishments (local government, polder board for the administration of State properties, etc.).

The total period of initial development requires 5-25 years.

2.5. MANAGEMENT AND OPERATION

It will be clear that a flexible organization is needed to plan and complete the project.

Ces tâches sont confiées à trois organismes gouvernementaux, chacun intervenant dans un domaine spécifique :

1. L'Agence des Travaux du Zuiderzee, qui est chargée de construire et d'entretenir les digues, les stations de pompage, les grands ponts, les canaux et les routes principales. Elle est également chargée de la gestion des ressources en eau de la région.

2. Le Service de Mise en Valeur des Polders d'IJsselmeer. La tâche de cet organisme gouvernemental est de préparer toutes les terres asséchées pour leur utilisation temporaire ou définitive. Les aspects sociaux et économiques de cette mise en valeur, de même que la gestion temporaire des propriétés appartenant à l'État, relèvent de la responsabilité de cet organisme.

3. Le Service Public des Polders du Sud du Lac IJssel, que l'on doit considérer comme le précurseur de la future municipalité, est chargé de l'administration locale provisoire.

Ces trois Services fonctionnent seulement pendant la période de mise en valeur. L'entretien des digues, des stations de pompage, des canalisations d'eau et des routes principales est confié plus tard à une « commission des polders ». La gestion des terres et des bâtiments, à l'intérieur des propriétés de l'État, est assurée par le Département des Affaires et Propriétés de l'État du Ministère des Finances, tandis que la plupart des terrains boisés et des zones de loisirs sont transférés à l'Administration des Forêts du Ministère de l'Agriculture et des Pêches. Enfin, les tâches administratives sont prises en charge par une ou plusieurs des municipalités nouvellement créées et les autorités du comté ou de la région.

2.6. PRISE DE DÉCISION

Au XIX^e siècle, de grands polders, tels que le polder Haarlemmermeer près d'Amsterdam, ont été réalisés. Sur ce polder est situé aujourd'hui l'aéroport d'Amsterdam. Le gouvernement exécuta ces travaux pour des raisons de sécurité (protection des zones autour des lacs), mais n'était pas intéressé par l'exploitation des terres mises en valeur. Après un drainage initial et un découpage sommaire en parcelles, les nouvelles terres furent vendues dès que possible et on ne se préoccupa pas de l'avenir. Autant le polder Haarlemmermeer est prospère aujourd'hui, autant il fut très pauvre dans les premières décennies, en raison du mauvais drainage et de l'absence d'organisation pouvant prendre soin de la constitution d'une nouvelle communauté.

Cela engendra une mauvaise situation sociale dans des domaines tels que la santé (malaria), l'éducation, l'habitat et les transports.

Lorsque l'exécution de l'aménagement du Zuiderzee fut décidée, il fut entendu que non seulement le gouvernement exécuterait les plus grands travaux côtiers et d'assèchement de terres jamais entrepris dans le pays, mais qu'il prendrait soin également de la mise en valeur initiale des nouveaux polders. Le but de l'aménagement était non seulement d'augmenter la sécurité, d'améliorer la gestion des ressources en eau, de mettre en valeur les nouvelles terres, mais aussi d'établir sur celles-ci une société prospère et harmonieuse.

This task is accomplished by three government organizations, each having its own specific task :

1. The Zuiderzeeworks Agency, whose task it is to construct and maintain dikes, pumping stations, large bridges, canals and primary roads. It is also in charge of the water management in the region.

2. The IJsselmeerpolders Development Authority. The task of this government organization is to prepare all the reclaimed land for its temporary or final use. Social and economic development of the polders are a part of the responsibility as well as the temporary management of national estates.

3. The Public Authority of the Southern Lake IJssel Polders which is to be regarded as a precursor of the future municipality. This organization is in charge of the temporary local government.

These three authorities are active only during the development period. The maintenance of dikes, pumping stations, watercourses and main roads is later on to be handed over to a « polder board ». The administration of the land and buildings within the national estates is handed over to the Department of State Property Affairs of the Ministry of Finance, while most of the woodlands and recreation areas are transferred to the State Forestry Administration of the Ministry of Agriculture and Fisheries. Lastly, the administration tasks are taken over by one or more newly created municipalities, the county or regional administrations.

2.6. DECISION-MAKING

In the 19th century, large polders have been constructed in the Netherlands such as the Haarlemmermeer near Amsterdam. In this polder nowadays Amsterdam airport is located. The government carried out these works for reasons of safety (protection of the areas around the lakes) but was not interested in the exploitation of the reclaimed land. After an initial drainage and rough parcelling the new land was sold as soon as possible and no attention was paid to what happened further. Prosperous as the Haarlemmermeer polder is now, it was very poor in the first decades of its existence, due to bad drainage and the lack of an organization that could take care of the building up of a new community.

This resulted in bad social conditions such as insufficient health care (malaria), education, housing and transportation.

When it was decided to execute the Zuiderzeeproject, it was understood that the government would not only carry out this largest coastal engineering and land reclamation project ever undertaken in the country, but should also take care of the initial development of the new polders. The aim of the project was not only to increase safety, to improve water management and to reclaim new land, but also to develop a prosperous and harmonious society in that new land.

Cette idée d'une intervention plus active de l'État ne résultait pas uniquement des enseignements tirés du passé, mais était aussi l'expression des progrès sociaux au XIX^e siècle et de l'arrivée de l'État protecteur au XX^e siècle.

Le gouvernement devait ainsi jouer un double rôle. Comme propriétaire de terres, mises en valeur au moyen de fonds publics, il avait la responsabilité d'assurer une bonne gestion économique de la région. Sur le plan de la protection sociale, il devait protéger les habitants contre les échecs et promouvoir le bien-être public. Ces deux rôles n'étaient pas, et ne sont toujours pas, faciles à associer.

Dès le début, le Ministre des Transports et des Travaux Publics est responsable des études et de l'exécution des travaux, comprenant la mise en valeur initiale des terres nouvellement asséchées. Le Ministère de l'Intérieur est chargé de l'administration locale à l'origine.

Il résulte de cette organisation que le Gouvernement et le Parlement sont directement responsables des travaux d'aménagement, du fait de l'attribution des fonds et de l'approbation des plans.

Aujourd'hui, la population, intéressée par une participation active, intervient dans les prises de décision relatives à l'aménagement du Zuiderzee. Cela concerne la décision de construire ou non le cinquième polder, le Markerwaard, et aussi la mise en valeur du Flevoland (nom donné à l'ensemble des 3^e et 4^e polders).

En ce qui concerne le polder Markerwaard, des auditions publiques ont été organisées en 1973 et 1980. Les résultats de ces auditions, de même que les résultats de nombreuses études et reconnaissances, furent examinées par le Conseil Consultatif de l'État pour le programme d'équipement des Pays-Bas; il s'ensuivit un avis au Gouvernement en faveur de la construction du polder Markerwaard. Maintenant, la décision finale de réaliser ce polder doit encore être prise par le Parlement.

This idea of a more intensive intervention by the state was not a mere result of lessons learned in the past but also an expression of social developments in the 19th century and of the coming of the Welfare State in the 20th century.

The government had to play a dual role in this way. As owner of the land, developed with public funds, it had the responsibility to strive after good economic management of the area. As guardian of the Welfare-State it had to protect the inhabitants against misfortune and to promote public welfare. These two roles were and are not always easy to combine.

From the beginning the Minister of Transport and Public Works is charged with the prime responsibility for planning and execution of the works including the initial development of the newly reclaimed land. The Minister of Home Affairs is charged with the initial local government.

The result of this organization is for the project to be a direct responsibility of government and parliament because of allocation of funds and approval of plans.

Nowadays also people who are interested in participating actively, are involved in the process of decision-making concerning the Zuiderzee project. This holds for the decision whether the fifth polder, the Markerwaard, should be constructed or not, but also for the development of Flevoland (the name for the 3rd and 4th polder together).

As for the polder Markerwaard, public hearings have been held in 1973 and in 1980. The results of these hearings, together with the results of many investigations and studies were reviewed by the State Advisory Board for Physical Planning of the Netherlands resulting in advice to the government in favour of construction of the Markerwaard. Now the final decision about the construction of this polder still has to be taken by the parliament.



Fig. 3

Land transformations in the Zuiderzee region of the Netherlands.
Transformations des terres dans la région du Zuiderzee, aux Pays-Bas.

(A) The Zuiderzee at the beginning of our era.
 (B) The Zuiderzee in 1300 AD.
 (C) The former Zuiderzee nowadays.

(A) *Le Zuiderzee au début de notre ère.*
 (B) *Le Zuiderzee en 1300.*
 (C) *L'ancien Zuiderzee aujourd'hui.*

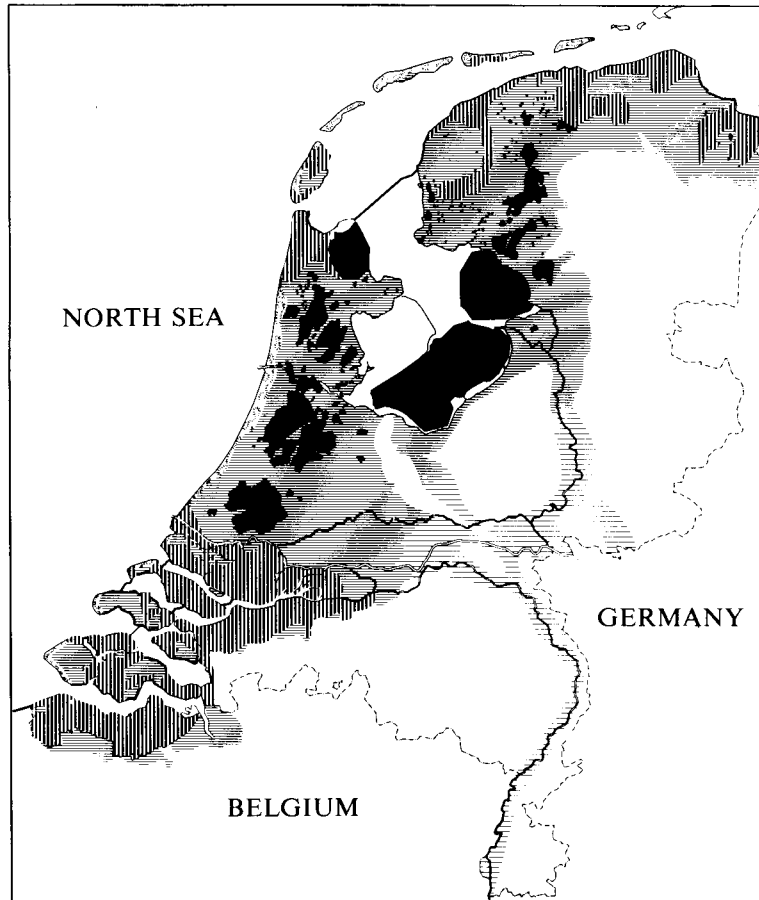









Fig. 4

Areas in the Netherlands that have to be protected against flooding (Schultz, 1982).

Régions des Pays-Bas qui doivent être protégées contre les crues (Schultz, 1982).

	area subject to flooding in the absence of sea dikes and dunes.	<i>zone sujette à inondation en l'absence de digues maritimes et de dunes.</i>
	area subject to flooding in the absence of river dikes.	<i>zone sujette à inondation en l'absence de digues fluviales.</i>
	drained lakes.	<i>lacs asséchés.</i>
	land gained on the sea.	<i>terres gagnées sur la mer.</i>
	frontier.	<i>frontière.</i>
	sea dike.	<i>digue maritime.</i>
	dune.	<i>dune.</i>

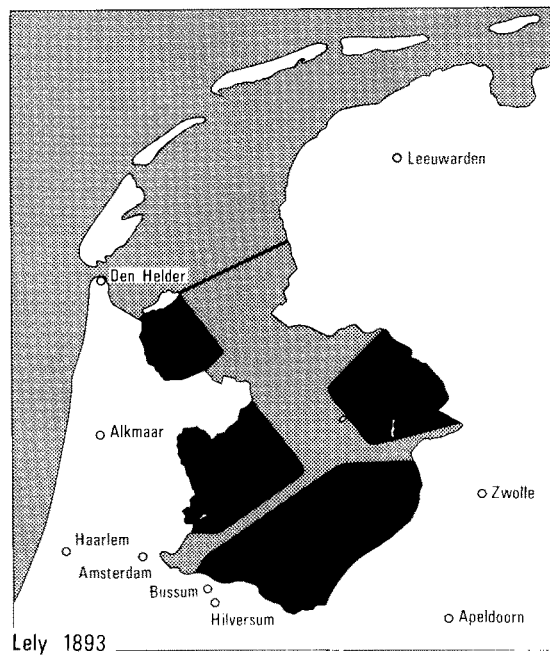


Fig. 5

The plan for the Zuiderzee project according to the act of 1918.
Le projet Zuiderzee selon la loi de 1918.

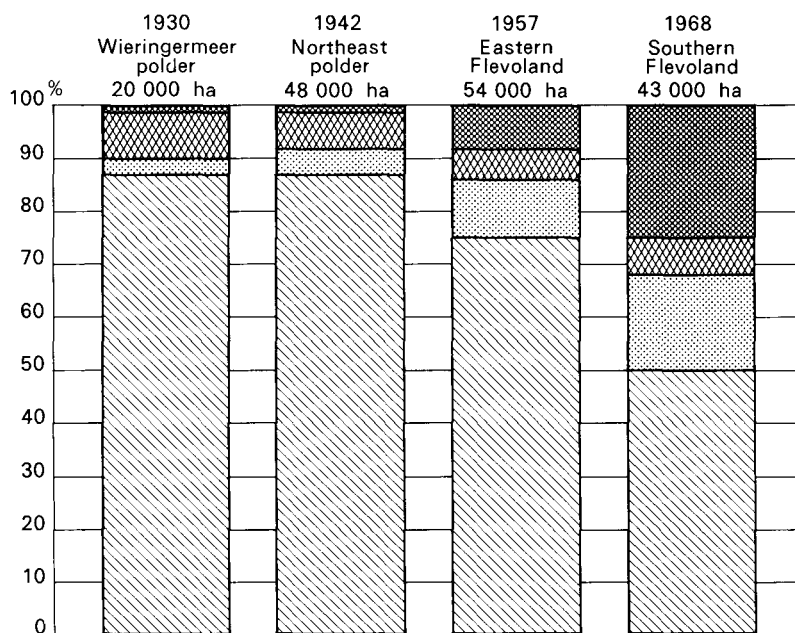


Fig. 6

The distribution of the land use in the reclaimed polders over agriculture, afforestation and nature, infrastructure and urbanization as a percentage of the polder area (Constandse e.a., 1982).

Répartition de l'utilisation des terres, dans les polders mis en valeur, entre terres agricoles, forêts et réserves naturelles, infrastructures et zones urbaines, en pourcentage des surfaces des polders (Constandse e.a., 1982).

- | | | |
|---|-----------------------------------|--|
|  | urban area. | <i>zone urbaine.</i> |
|  | canals, ditches, dikes and roads. | <i>canaux, fossés, digues et routes.</i> |
|  | forests and natural reserves. | <i>forêts et réserves naturelles.</i> |
|  | agricultural areas. | <i>zone agricole.</i> |

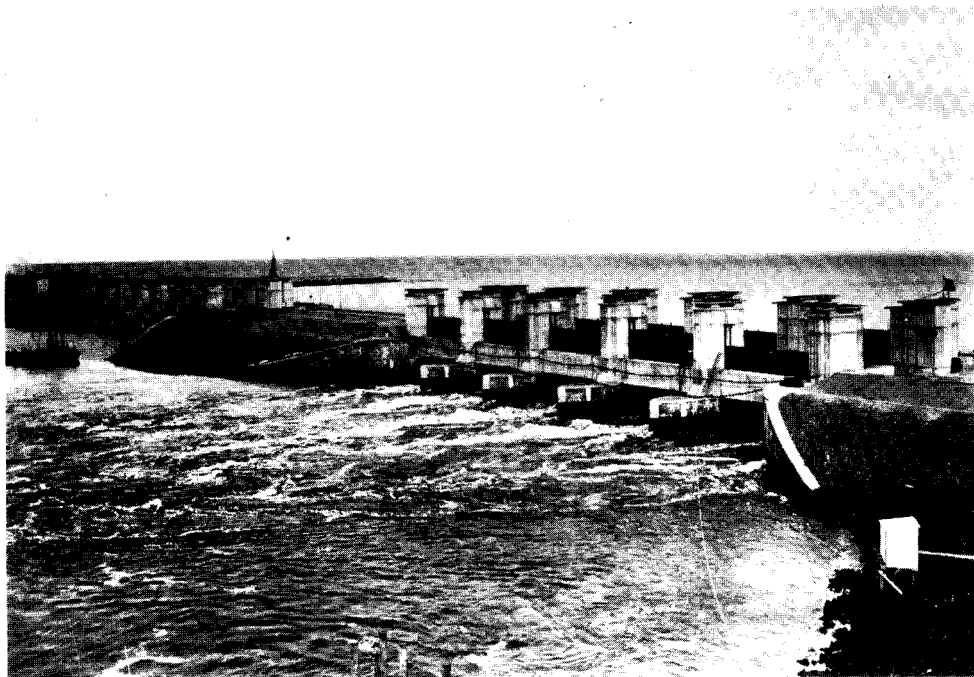


Fig. 7

The closure dam.
Le barrage de fermeture.

3. L'ANCIEN ZUIDERZEE

3.1. RÉSUMÉ

Les conditions écologiques dans la région de l'ancien Zuiderzee sont influencées, d'une part, par la mer, d'autre part, par les débits d'eau douce des ruisseaux et des rivières débouchant dans les zones du sud et de l'est.

Avant le début des travaux d'aménagement, la flore et la faune existant à l'origine ont été décrites.

L'utilisation par l'homme a été limitée à la navigation, à la pêche et à l'évacuation des eaux usées.

3.2. SITUATION PHYSIQUE

La situation physique, telle qu'elle existait dans les années précédant immédiatement l'exécution de l'aménagement du Zuiderzee, date de fort longtemps. Cela s'aperçoit sur la carte géographique de la région, indiquant qu'au cours des siècles derniers il y a eu des dépôts de matériaux argileux dans les zones où les vitesses des marées étaient faibles, et des dépôts de matériaux sableux là où les vitesses étaient grandes. Cela est également reflété par le tracé des chenaux creusés par les rivières (Fig. 8 et 9).

L'ancien Zuiderzee se caractérisait aussi par une diminution de la teneur en eau douce en allant du nord vers le sud-est, en particulier du fait de l'influence de la rivière IJssel (Fig. 10) (15). L'amplitude des marées variait également : quelques dizaines de centimètres dans la partie sud du Zuiderzee, environ un mètre ou un peu plus dans la partie nord (19).

Tout cela révèle que dans l'ancien Zuiderzee une grande variété de conditions écologiques régnaient, caractérisées par la présence de substances nutritives venant de la terre et de la mer.

3.3. SITUATION BIOLOGIQUE

Sachant que de grandes modifications résulteraient de l'exécution de l'aménagement du Zuiderzee, des biologistes hollandais relevèrent la situation initiale avec le plus de précision possible (20, 21). Au début, on ne se préoccupa pas des oiseaux. Cependant, on ne tarda pas à s'apercevoir que la région constituait une importante réserve d'oiseaux aquatiques et, dans une annexe au deuxième rapport, Redeke (1936), porta son attention sur les problèmes des oiseaux. Aujourd'hui, la région du lac IJsselmeer, avec la région des Wadden et la région Delta dans le sud-ouest du pays, constituent la réserve ornithologique la plus importante des Pays-Bas et de l'Europe Occidentale (22).

3. THE FORMER ZUIDERZEE

3.1. SUMMARY

The environmental conditions in the former Zuiderzee area are on the one hand affected by the sea and on the other hand influenced by the fresh water discharge of brooks and rivers in the southern and eastern parts.

Before the project was started the original flora and fauna were described.

Use by man was restricted to only navigation, fishing and discharge of sewage.

3.2. THE ABIOTIC SITUATION

The abiotic situation, such as existed during the final years before the execution of the Zuiderzee project, was determined by the previous eras. This is summarized in the soil map of the area, indicating the deposition during the last centuries of clay materials at places with low tidal velocities and sandy materials at places with high current velocities. This is also reflected in the pattern of stream gullies (Fig. 8 and Fig. 9).

The former Zuiderzee was characterized by an increase of fresh-water content from the north to the south-eastern parts, especially influenced by the river IJssel (Fig. 10) (15). The tidal amplitude also varied. It was only a few decimeters in the southern parts of the Zuiderzee but amounted to about one metre slightly more in the northern parts (19).

All this reveals that in the former Zuiderzee a wide variety of ecological conditions prevailed, characterized by the presence of nutrient supplies both from land and sea.

3.3. THE BIOTIC SITUATION

Knowing that great changes would result from the execution of the Zuiderzee-project, Dutch biologists described the original situation in as much detail as possible (20, 21). At first no attention was paid to birds. However it was soon realized at that time that the area was very important for waterfowl and in an annexe to the second volume attention of Redeke (1936) was paid to birds. Nowadays the Lake IJsselmeer region, together with the Wadden region and the Delta region in the southwestern part of the country, belongs to the most important areas for waterfowl in the Netherlands and in western Europe (22).

Flore

Les variations de salinité des eaux et d'amplitude des marées entraînaient une végétation aquatique variée. Cette végétation existait dans les régions nord et sud, peu profondes, du Zuiderzee.

Dans la partie nord, de salinité plus forte, la végétation comprenait principalement de la zostère (*Zostera marina*), dans les régions présentant un sol argileux. Dans les zones peu profondes, de salinité faible, on observait également différentes espèces de potamot (Fig. 11).

Comparativement à la Mer du Nord, le nombre d'espèces de phytoplancton existant dans le Zuiderzee n'était pas très élevé (20). Le phytoplancton était constitué essentiellement de diatomées (72 sur les 110 espèces observées).

Dans les régions du nord, de forte salinité, il y avait également des algues sessiles brunes et rouges, tandis qu'au sud prédominaient des algues vertes.

Sur le littoral du Zuiderzee, on pouvait observer une flore riche, résultant des divers types de sol, des divers niveaux de la nappe phréatique et des divers degrés de salinité (20).

Faune

Des espèces variées de zooplancton marin, d'estuaire et d'eau douce furent relevées au cours des reconnaissances effectuées par Redeke (1922, 1936) (20, 21). Elles constituaient, avec les organismes benthiques, la nourriture de base d'autres organismes, parmi lesquels les crevettes, les moules et diverses espèces de poissons, telles que le hareng (*Culpea harengus*), l'anchois (*Engraulis encrasicolus*), le flet (*Platyichthys flesus*), l'anguille (*Anguilla anguilla*) et l'éperlan (*Osmerus eperlanus*), représentaient une valeur commerciale. La répartition des poissons dépendait du degré de salinité. Dans la partie nord du Zuiderzee, on notait la présence régulière de phocènes (*Phoceana phocaena*) et de phoques (*Phoca vitulina*).

L'abondante végétation de roseaux, le long du littoral, constituait d'excellentes zones pour la reproduction des oiseaux, tels que la mésange à moustache (*Panurus biarmicus*), le busard des marais (*Circus aeruginosus*), le butor étoilé (*Botaurus stellaris*) et le grèbe huppé (*Podiceps cristatus*). A d'autres endroits du littoral, on pouvait observer : le râle marouette (*Porzana porzana*), le râle d'eau (*Rallus aquaticus*) et la foulque noire (*Fulica atra*), de même que la sterne commune (*Sterna hirundo*) et la mouette à tête noire (*Larus ridibundus*).

La région fournissait de la nourriture aux oiseaux, tels que la spatule (*Platalea leucorodia*), l'outarde (*Branta bernicla*), l'oie cendrée (*Anser anser*), la sterne grise (*Chlidonias niger*), la sterne commune (*Sterna hirundo*) et diverses espèces de mouettes.

Bien que peu d'informations détaillées soient disponibles (21), il apparaît clairement que le Zuiderzee, à cette époque, était une région très fréquentée par les oiseaux.

Un certain nombre d'espèces y demeuraient de façon plus ou moins régulière.

Les principales espèces étaient les suivantes : le cygne de bewick (*Cygnus bewickii*), le maréca (*Anas penelope*), le milouinan (*Aythya marila*), le malard (*Anas platyrhynchos*), la sarcelle d'hiver (*Anas crecca*), la sarcelle d'été (*Anas querquedula*),

Flora

The variation in salinity and tidal amplitude resulted in a variation of aquatic vegetation. These vegetations existed in the shallow northern and southern regions of the Zuiderzee.

In the more saline northern part, in regions with a clayey soil the vegetation consisted mainly of common grass-wrack (*Zostera marina*). In the shallow regions with low salinities various species of Potamogeton could also be observed (Fig. 11).

When compared to the North Sea the number of phytoplankton species present in the Zuiderzee was not very large (20). The phytoplankton consisted for the major part of diatoms (72 of the 110 observed species).

In the northern saline regions also brown and red sessile algae were present, while in the southern parts green algae prevailed. On the shores of the Zuiderzee a rich flora could be observed due to a variation in soil types, ground water tables and influence of salinity (20).

Fauna

Various species of marine, estuarine and fresh-water zooplankton species were observed during the investigations by Redeke (1922, 1936) (20, 21). Together with the benthic organisms they provided the basic food for other organisms, of which shrimps, mussels and various species of fish like herring (*Culpea harengus*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*), flounder (*Platichthys flesus*), eel (*Anguilla anguilla*) and smelt (*Osmerus eperlanus*) were of commercial interest. The fish were distributed over the area according to the gross salinity gradient. In the northern parts of the Zuiderzee the porpoise (*Phocoena phocaena*) and the seal (*Phoca vitulina*) were regularly present.

The extensive reed vegetation along the coast formed excellent breeding areas for birds like the bearded tit (*Panurus biarmicus*), the marsh harrier (*Circus aeruginosus*), the bittern (*Botaurus stellaris*) and the great crested grebe (*Podiceps cristatus*). At other places along the coast the spotted crake (*Porzana porzana*), the water rail (*Rallus aquaticus*) and the coot (*Fulica atra*) could be observed as breeding birds, as could be the common tern (*Sterna hirundo*) and black-headed gull (*Larus ridibundus*).

In various ways the area provided food for birds such as the spoonbill (*Platalea leucorodia*), the brent goose (*Branta bernicla*), the greylag goose (*Anser anser*), the black tern (*Chlidonias niger*), the common tern (*Sterna hirundo*) and various species of gulls.

Although only limited detailed information is available (21), the impression will be clear that the Zuiderzee at that time was an important area for waterfowl.

A number of species were present on a more or less regular basis in the Zuiderzee.

The main species were : bewick's swan (*Cygnus bewickii*), widgeon (*Anas penelope*), scaup (*Aythya marila*), mallard (*Anas platyrhynchos*), teal (*Anas crecca*), garganey (*Anas querquedula*), shoveler (*Spatula clypeata*), pochard (*Aythya ferina*),

le souchet (*Spatula clypeata*), le milouin (*Aythya ferina*), le morillon (*Aythya fuligula*), le garrot (*Bucephala clangula*), l'harle (*Mergus merganser*), le merganser au devant rouge (*Mergus serrator*), l'harle piette (*Mergus albellus*) et le cormoran (*Phalacrocorax carbo*).

Les quelques données disponibles sur le nombre d'oiseaux présents dans la région, au cours des diverses saisons et années, ne peuvent être directement comparées avec celles acquises au cours des dernières années, du fait des modifications apportées à la fois aux techniques et au nombre d'observations. Cependant, il est évident que le Zuiderzee était une réserve importante d'oiseaux, comme l'est encore aujourd'hui le lac IJsselmeer.

3.4. UTILISATION PAR L'HOMME

Au cours des premières décennies du XX^e siècle, l'ancien Zuiderzee était utilisé sous diverses formes par l'homme. Il était exploité pour la pêche et utilisé pour la navigation nationale et internationale et pour l'évacuation des eaux, soit naturellement, soit au moyen de stations de pompage. Dans un certain nombre de cas, les eaux polluées et les eaux d'égouts étaient rejetées dans le Zuiderzee. Des villes et des villages évacuaient dans le Zuiderzee, soit directement (par exemple, Amsterdam), soit indirectement par l'intermédiaire des rivières IJssel, Eems et Vecht, les eaux non traitées ou seulement partiellement purifiées.

tufted duck (*Aythya fuligula*), goldeneye (*Bucephala clangula*), goosander (*Mergus merganser*), red-breasted merganser (*Mergus serrator*), smew (*Mergus albellus*) and cormorant (*Phalacrocorax carbo*).

The few data existing about the number of birds present in the area in various seasons and years cannot directly be compared with data obtained in recent years as a result of modifications in both observation techniques and intensity of the investigations. However it is obvious that the Zuiderzee was an important area for waterfowl, as the Lake IJsselmeer area still is today.

3.4. USE BY MAN

In the first decades of the 20th century the former Zuiderzee was used in a number of ways by man. The area was exploited for fishery, used for national and international navigation and for the discharge of water either by natural discharge or by discharge through pumping stations. In a number of cases polluted water and sewage was discharged into the Zuiderzee. Cities and villages discharged untreated or only partially purified water, either directly (e.g. Amsterdam) or indirectly through the rivers IJssel, Eems and Vecht, into the Zuiderzee.

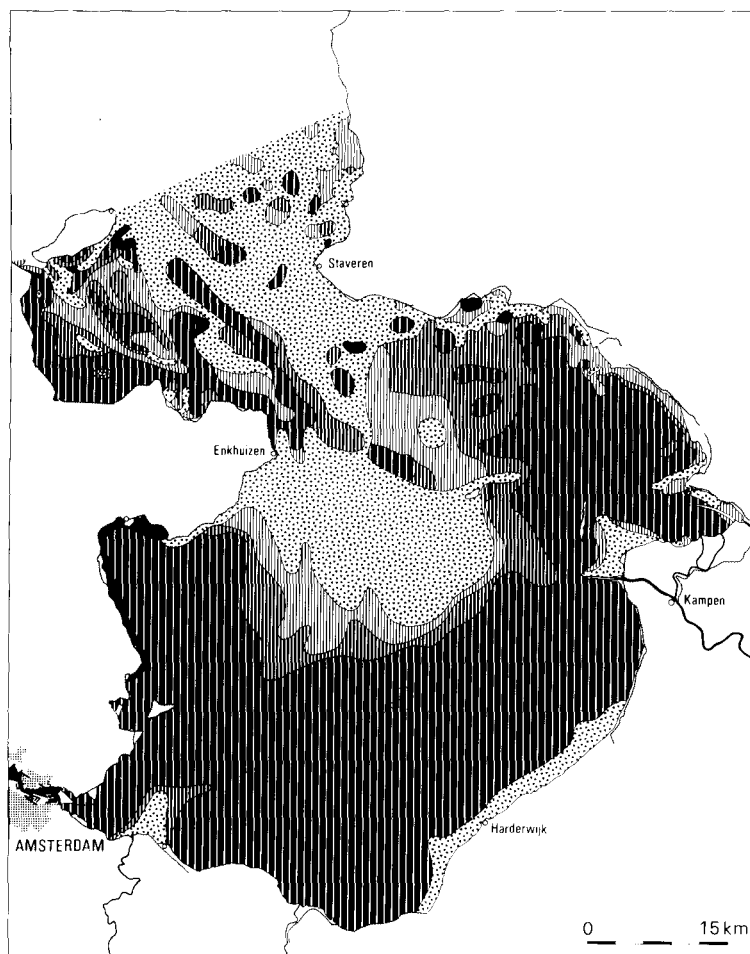



Fig. 8

The soil map of the Zuiderzee as determined by Dr. Lely in 1918.

Carte des types de sol du Zuiderzee, établie par le Dr Lely en 1918.

	sandy soil.	<i>sol sableux.</i>
	loamy soil.	<i>sol glaiseux.</i>
	light clayey soil.	<i>sol légèrement argileux.</i>
	clayey soil.	<i>sol argileux.</i>
	peaty soil.	<i>sol tourbeux.</i>

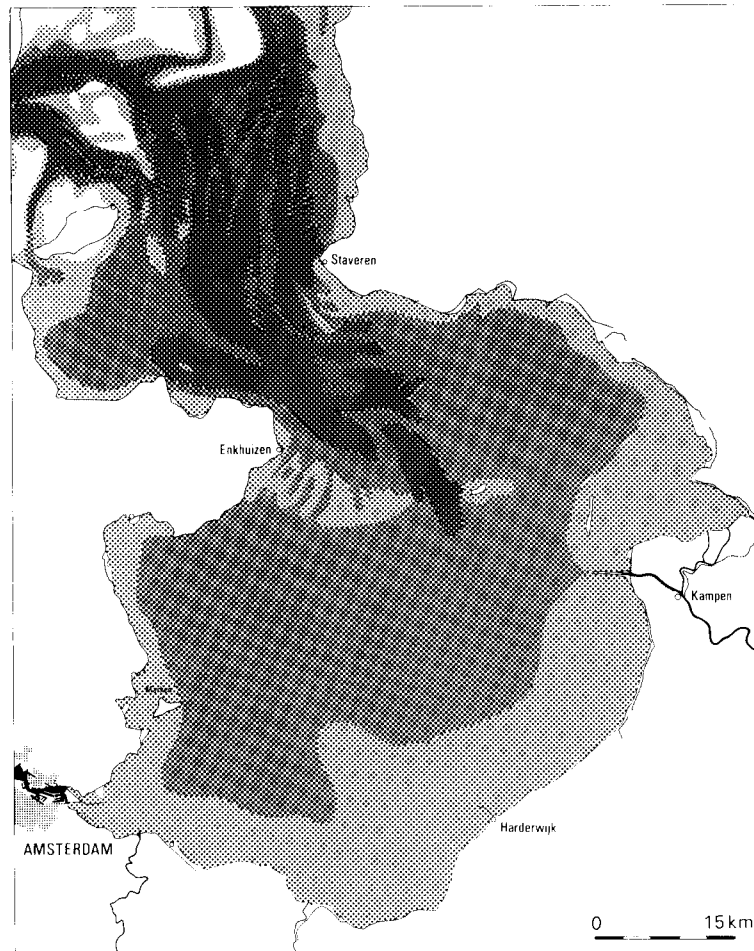






Fig. 9

The depth of waters in the former Zuiderzee in 1923.

Profondeur des eaux dans l'ancien Zuiderzee, en 1923.

	tidal flats (dry at mean low tide).	<i>sèches (zones découvertes à marée basse moyenne).</i>
	0-3.50 m below mean sea level.	<i>0-3,50 m au-dessous du niveau moyen de la mer.</i>
	3.50-5.00 m below mean sea level.	<i>3,50-5,00 m au-dessous du niveau moyen de la mer.</i>
	deeper than 5 m below mean sea level.	<i>profondeur supérieure à 5 m par rapport au niveau moyen de la mer.</i>

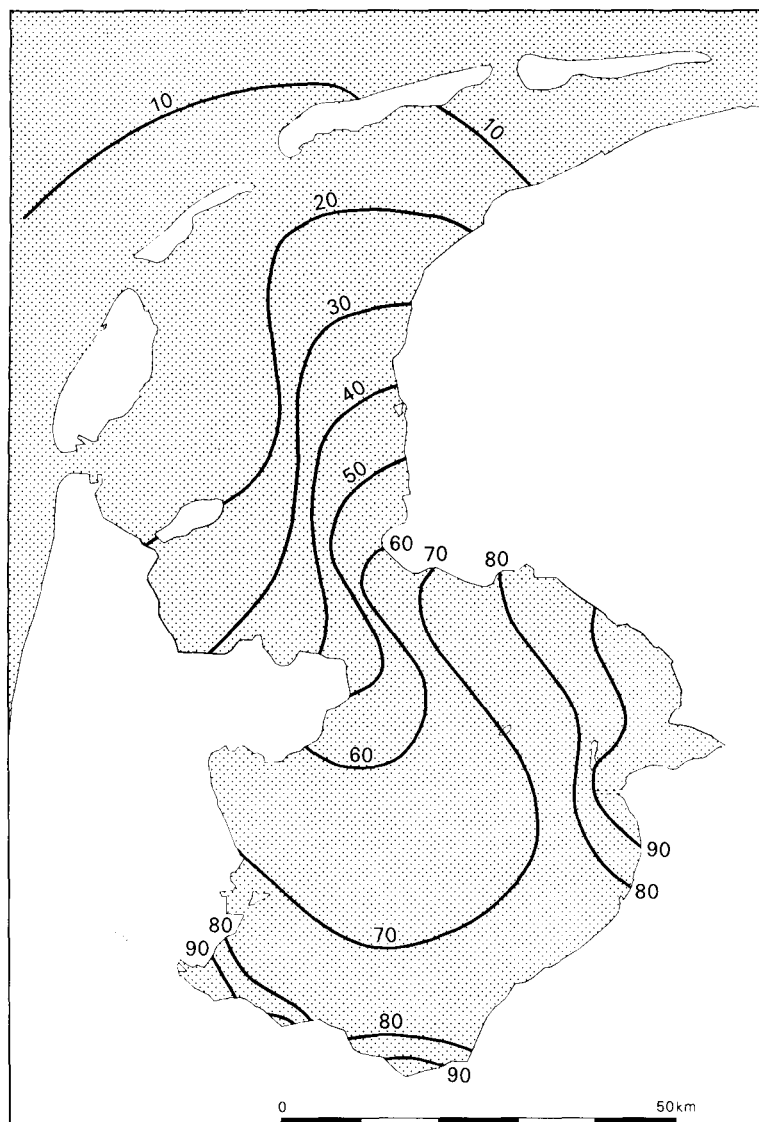


Fig. 10

The mean percentage of fresh water in the former Zuiderzee (v.d. Hæven, 1982).
Pourcentage moyen d'eau douce dans l'ancien Zuiderzee (v.d. Hæven, 1982).

50 mean % of fresh water content.

50 pourcentage moyen (%).

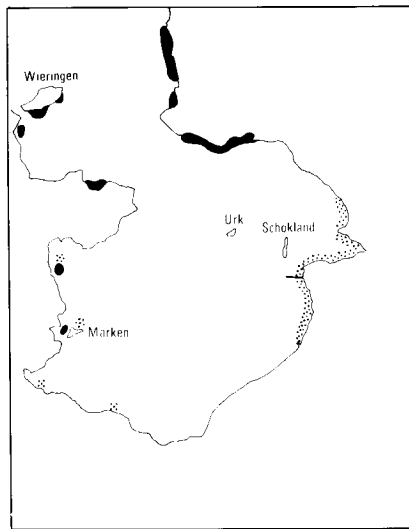




Fig. 11

The distribution of marine and fresh water types of submerged vegetations in the former Zuiderzee.

Répartition des végétations submergées, marine et d'eau douce, dans l'ancien Zuiderzee.

 submerged marine vegetations.
 submerged fresh water vegetations.

végétation marine submergée.
végétation d'eau douce submergée.

4. CHANGEMENTS RÉSULTANT DE L'EXÉCUTION DE L'AMÉNAGEMENT

4.1. RÉSUMÉ

L'exécution de l'aménagement entraîna d'importantes modifications dans la région. Après l'achèvement du barrage, le changement de salinité se fit sur quelques années. Toutefois, en ce qui concerne l'écosystème, les milieux aquatique et terrestre nouvellement créés continuent encore à évoluer.

Le milieu aquatique peut être considéré comme eutrophique et certaines zones sont même devenues hypertrophiques par suite de la pollution due aux eaux usées urbaines et bio-industrielles. Des mesures ont été prises pour diminuer l'eutrophication.

Les évolutions se manifestant dans les nouveaux milieux aquatique et terrestre ont été étudiées. L'importance de ces régions pour les oiseaux a été établie.

4.2. CHANGEMENTS DANS LA SITUATION PHYSIQUE DU LAC IJSELMEER

L'effet de la construction du barrage de fermeture s'est fait également sentir dans la partie ouest de la Mer des Wadden. Les mouvements des marées ont changé et la salinité des eaux a été seulement influencée par les pertuis équipant le barrage à ses deux extrémités, comme le montre la Fig. 12 (19, 15).

Après l'achèvement du barrage, un nouvel équilibre s'est établi dans la salinité des eaux du lac IJsselmeer au bout de quelques années, du fait des apports entrant dans le lac et provenant principalement de la rivière IJssel (Fig. 13). L'entrée des sédiments marins s'arrêta; par contre, les sédiments transportés par la rivière IJssel (Rhin) continuèrent de pénétrer. Sous l'action des vagues, les sédiments déposés étaient, en partie, remis en suspension et se déposaient ailleurs. De cette façon, quelques zones peu profondes sont soumises à l'érosion et les chenaux plus profonds sont progressivement comblés (11). La Fig. 14 donne une carte des sols dans les polders asséchés et dans la partie restante du lac IJsselmeer et du lac Markermeer (créé lorsque le lac IJsselmeer fut divisé en deux parties par la construction d'un barrage entre les villes de Enkhuizen et de Lelystad), vers l'année 1980.

En ce qui concerne la qualité de l'eau, le fait principal a été, sur une longue période, la surveillance et la maîtrise de la salinité, depuis que l'eau du lac IJsselmeer était utilisée pour faire des chasses dans certaines zones basses entourant le lac. En réduisant la salinité dans ces zones, on pouvait obtenir des terres agricoles plus productives. Les études hydrobiologiques faites dans les années suivant la construction du barrage permirent d'attirer l'attention sur divers aspects, tels que les substances nutritives, la teneur en silt, la turbidité, la lumière et l'oxygène.

4. CHANGES RESULTING FROM THE EXECUTION OF THE PROJECT

4.1. SUMMARY

The execution of the project resulted in drastic changes in the area. After the completion of the closure dam this change, when expressed in terms of salinity, took some years. In terms of ecosystem development, however, the newly created system of water and reclaimed land is still developing.

The aquatic part can be considered as eutrophic, and some areas in it even became hypertrophic as a result of pollution with urban and bioindustrial waste water. Measures were taken to decrease the eutrophication process.

Developments in the changed aquatic and the newly created terrestrial environments were investigated. The importance of these areas for birds was established.

4.2. CHANGES IN THE ABIOTIC SITUATION IN LAKE IJsselMEER

The influence of the construction of the closure dam was also noticeable in the western part of the Wadden Sea. Tidal movements changed and the salinity was only influenced by the sluices at both ends of the dam, as is illustrated in Fig. 12 (19, 15).

After completion of the closure dam a new balance in salinity in lake IJsselmeer developed within a few years by the natural flushing of the lake with water mainly discharged by the river IJssel (Fig. 13). The input of sediments from the sea also stopped, but the input of sediments coming from the river IJssel (Rhine) continued. Due to wave action, once deposited sediments were partially resuspended and settled elsewhere. As a result of this process some shallow parts are subjected to erosion and the deeper gullies are gradually filled up (11). A map of the soils in the reclaimed polders and in the remaining part of Lake IJsselmeer and Lake Markermeer arising when Lake IJsselmeer was divided into two parts (by the construction of a dam between the towns Enkhuizen and Lelystad) in about 1980 is given in Fig. 14.

Where water quality is concerned, the main emphasis has been for a long period on monitoring and management of the salinity, since the water from Lake IJsselmeer was used to flush parts of the surrounding low lying areas around the lake. By reducing the salinity in those regions more productive agricultural areas could be obtained. In relation to hydrobiological investigations in the years after completion of the closure dam, attention was paid to aspects such as nutrients, silt content, turbidity, light and oxygen.

Après 1965 environ, on observa, dans plusieurs cours d'eau et lacs, une détérioration de la qualité de l'eau résultant de la pollution par les rejets urbains, industriels et agricoles.

Cela conduisit à des études plus approfondies des qualités bactériologiques et chimiques des eaux dans la région du lac IJsselmeer. On constata une pollution bactériologique d'un certain nombre de lacs situés entre les polders de Flevoland Est et Sud et la « vieille » terre (lacs limitrophes) et on établit des projets pour améliorer cette situation.

Dans la période postérieure à 1965 environ, les études ont visé de plus en plus à connaître complètement la qualité chimique de l'eau, en ce qui concerne l'eutrophisation et la pollution, telle que celle résultant des métaux lourds (11), des huiles, de PCB, afin de voir s'il était possible d'utiliser l'eau pour l'alimentation (31, 32, 33).

Les études indiquèrent qu'en particulier les lacs limitrophes précités étaient hypertrophiques et caractérisés par une croissance presque continue d'algues bleues-vertes (*Oscillatoria agardhii*) (6).

Dans les lacs plus grands IJsselmeer et Markermeer, les eaux sont eutrophiques. Dans le lac Ketelmeer, dans lequel la rivière IJssel se jette, la qualité de l'eau dépend, en grande partie, de celle du Rhin. Ce lac ne retient l'eau que pendant quelques jours.

4.3. CHANGEMENTS DANS LA SITUATION BIOLOGIQUE DU LAC IJSELMEER

Les modifications hydrobiologiques résultant de la construction du barrage de fermeture ont fait l'objet d'études (26). Les changements intervenus dans le phytoplancton et le zooplancton sont résumés sur la Fig. 15. Après quelques années, le phytoplancton est caractéristique d'un lac hollandais eutrophique : une croissance de diatomées au printemps, une majorité de *Scenedesmus* spp. en été et, en automne, de temps en temps, une croissance d'algues bleues-vertes. Au cours des deux premières années ayant suivi l'achèvement du barrage, des algues *Oscillatoria agardhii* ont poussé. La construction d'un deuxième barrage entre Lelystad et Enkhuizen, en 1975 (Fig. 2), fut également suivie d'une croissance de cette algue, en 1976, dans le lac IJsselmeer.

Le zooplancton dans la région du lac IJsselmeer se caractérise aujourd'hui par la présence de protozoaires (*Protozoa*), de rhizopodes (*Rhizopoda*), de ciliés (*Ciliata*), de rotifères (*Rotifera*), de cladoceras (*Cladocera*) et de copépodes (*Copepoda*) (33).

La faune benthique changea aussi (3). Les espèces vivant dans les estuaires furent remplacées par des espèces propres aux eaux douces, caractéristiques d'un écosystème aquatique eutrophique ou même, localement hypertrophique. Les espèces les plus abondantes dans les lacs limitrophes eutrophiques sont le chironomidé (*Chironomidae*), le tubificidé (*Tubificidae*) et, localement, quelques mollusques. Dans les lacs eutrophiques IJsselmeer et Markermeer, le chironomidé, le tubificidé et le mollusque *Dreissena polymorpha* sont les espèces les plus abondantes de la faune benthique. Ce mollusque, en particulier, constitue, avec l'éperlan, une des nourritures de base pour beaucoup d'espèces d'oiseaux qui se trouvent en grand nombre à différentes périodes de l'année (16, 17).

In the period after approximately 1965 it became clear that in many waterways and lakes water quality had deteriorated due to urban, industrial and agricultural pollutants.

This led to more detailed investigations into the bacteriological and chemical quality of the waters in the Lake IJsselmeer region. A number of the lakes between the polders Eastern and Southern Flevoland and the " old " land (border lakes) were found bacteriologically polluted and plans to improve this have been implemented.

In the period after about 1965 the investigations aimed more and more at a complete investigation of chemical water quality in relation to eutrophication, pollution such as with heavy metal (11), oils, PCB's and in relation to the possible use of the water as drinking water (31, 32, 33).

The investigations made it clear that especially the above mentioned border lakes were hypertrophic and were characterized by an almost continuous bloom of the blue-green alga (*Oscillatoria agardhii*) (6).

In the larger Lakes IJsselmeer and Markermeer the water is eutrophic. In Lake Ketelmeer, into which the river IJssel discharges, water quality is largely determined by the water quality of the Rhine. The retention of the water in that lake is only a few days.

4.3. CHANGES IN THE BIOTIC SITUATION IN LAKE IJSSELMEER

Hydrobiological changes resulting from the completion of the closure dam have been investigated (26). Changes in phytoplankton and zooplankton communities are summarized in Fig. 15. After a few years the phytoplankton was characteristic for a eutrophic Dutch lake : a spring growth of diatoms, in summer a majority of *Scenedesmus* spp. and occasional water blooms of blue-green algae in autumn. In the first two years after the completion of the closure dam water blooms of *Oscillatoria agardhii* have been reported. The construction of a second dam, between Lelystad and Enkhuizen in 1975 (Fig. 2), was also followed by a bloom of this alga in 1976 in the Lake IJsselmeer.

The zooplankton in the Lake IJsselmeer region is nowadays characterized by the presence of *Protozoa*, *Rhizopoda*, *Ciliata*, *Rotifera*, *Cladocera* and *Copepoda* (33).

The benthic fauna also changed (3). Estuarine species were replaced by fresh-water species characteristic for a eutrophic or locally even hypertrophic aquatic ecosystem. The most abundant species in the hypertrophic border lakes are *Chironomidae* and *Tubificidae* with locally some molluscs. In the eutrophic Lakes IJsselmeer and Markermeer *Chironomidae*, *Tubificidae* and the mollusc *Dreissena polymorpha* are the most abundant species in the benthic fauna. This mollusc is especially, together with smelt, one of the basic food organisms for many species of birds which are present in large quantities in various periods of the year (16, 17).

En ce qui concerne les poissons, on constate des changements identiques. Les espèces vivant dans les estuaires ont disparu complètement, à l'exception de l'anguille, de l'éperlan et du flet; elles furent remplacées par des poissons d'eau douce, tels que la brème (*Abramis brama*), l'anguille, l'éperlan, la perche (*Perca fluviatilis*), la sandre (*Stizostendion lucioperca*), le gardon (*Rutilus rutilus*), et la grémille (*Gymnocephalus cernua*).

Depuis peu de temps, l'éperlan est le seul de la famille des salmonidés que l'on trouve en assez grande quantité dans quelques lacs intérieurs des Pays-Bas.

Deux espèces de poisson ont disparu du fait des travaux : une espèce locale de hareng (hareng du Zuiderzee) et l'anchois, qui avaient leurs frayères dans le Zuiderzee. Ces deux espèces ne purent utiliser la partie restante occidentale de la Mer des Wadden et disparurent complètement, en peu d'années, du lac IJsselmeer et de la Mer des Wadden.

Par contre, les éperlans étaient en plus grand nombre dans le lac IJsselmeer après l'achèvement du barrage. Ce poisson constitue la nourriture de base pour de nombreuses espèces d'oiseaux aquatiques et représente également une valeur économique.

Comme déjà indiqué, les changements intervenus dans la salinité et dans les marées modifièrent la végétation aquatique dans le Zuiderzee. Après la fermeture, la quantité et les types de végétation changèrent. La zostère fut remplacée par du potamot occupant une surface plus grande (Fig. 16).

Dans les lacs limitrophes, cette végétation diminua en raison de l'hypertrophisation et de la croissance d'algues. Des mesures furent prises pour réduire les quantités de substances nutritives dans ces zones. Au cours des dernières années, on peut observer une certaine augmentation de la densité et de la superficie de la végétation. Par endroits, le long des rives est et sud de ces lacs, une végétation de marais existe, associée parfois à des prairies humides (33).

En même temps que la végétation aquatique était modifiée, la faune benthique et les populations de poissons et d'oiseaux changeaient également. Par exemple, les cygnes de bewick étaient répartis le long de la côte, conjointement avec l'extension du potamot. Quand, plus tard, cette végétation diminua, le nombre de cygnes diminua également et une partie des oiseaux restant alla se nourrir sur les prairies voisines.

Quelques oiseaux de diverses espèces se nourrissent sur les grands lacs IJsselmeer et Markermeer. Ils sont souvent en grand nombre, ainsi que le montre le tableau 1 ci-dessous donnant, pour les neuf espèces les plus importantes, les nombres maximaux annuels durant la dernière décennie et leur nourriture principale.

La région du lac IJsselmeer est l'un des principaux refuges d'hiver pour l'harle piette. On le rencontre sur les grands lacs et dans la réserve naturelle marécageuse « Oostvaardersplassen » du Flevoland.

Comme dans de nombreux autres cas, la présence de grandes étendues d'eau, caractérisées par une productivité élevée et par des conditions stables, au cours de nombreuses années, résultant d'un niveau d'eau constant, ainsi que l'existence de grandes zones de terres très peuplées sont très importantes pour les oiseaux aquatiques. L'étape initiale de mise en valeur des polders, au cours de laquelle

In the fish population similar changes can be observed. The estuarine species disappeared completely with the exception of eel, smelt and flounder. A new fresh-water fish population developed, characterized by species such as bream (*Abramis brama*), eel, smelt, perch (*Perca fluviatilis*), pikeperch (*Stizostedion luci-perca*), roach (*Rutilus rutilus*) and ruffe (*Gymnocephalus cernua*).

Recently smelt is the only salmonid which can be found in relatively large numbers in some Dutch inland waters.

Two species of fish disappeared as a consequence of the works. A local herring breed (Zuiderzee herring) and the anchovy which found their spawning area in the Zuiderzee. Both species were unable to use the remaining western part of the Waddensea and disappeared completely within a few years from Lake IJsselmeer and the Wadden Sea.

On the other hand the quantity of smelt in lake IJsselmeer was estimated to be larger after the completion of the dam. This fish species is not only a basic food for many species of water-fowl but is also of some economic importance.

As mentioned, variation in salinity and the presence of tidal movements resulted in a varied aquatic vegetation in the Zuiderzee. After the enclosure the amount and types of vegetation changed. The grass-wrack vegetations were replaced by vegetations of pondweed species, while the area covered by these vegetations also increased (Fig. 16).

In the border lakes these vegetations reduced as a result of hypertrophication and associated algae blooms. Measures were taken to reduce nutrient loadings in these areas. Some increase in both density and area of the vegetations can be observed in recent years. Locally along the east and south coasts of these lakes marsh vegetations are present, sometimes together with wet grasslands (33).

Associated with changes in submerged vegetations, benthic fauna, fish and bird populations also changed. The bewick's swans for example were distributed along the coast together with a certain extension of the pondweed vegetations. When later on the area and density of these vegetations decreased, their number decreased too and the remaining birds changed partially to feeding on adjacent grasslands.

Some bird species feed in the larger IJsselmeer and Markermeer. They are often present in large numbers as is shown in Table 1, where data on mean annual maxima during the last decade, and data on main food are given for the nine most important species.

The Lake IJsselmeer area is considered as one of the most important wintering areas for smew. They are present in both the large lakes and in the marsh nature reserve "Oostvaardersplassen" in Flevoland.

As in many other situations, the presence of large water bodies characterized by a high productivity, stable conditions during many years due to a fixed water level, and the presence of large extensively populated land areas proves to be important for water-fowl. The initial stage of development of the polders, when they pass through the stage of temporary extensive reed marshes, provides very special

ceux-ci sont de vastes marais provisoires couverts de roseaux, fournit un excellent habitat aux oiseaux aquatiques, depuis que de tels lieux sont devenus très rares en Europe du Nord-Ouest et en Europe Centrale.

Aujourd'hui, les polders ont une valeur ornithologique élevée, comparative-ment aux niveaux internationaux classiques, ainsi que le montrent les données recueillies dans le Flevoland (20 000 ha) (Tableau 2).

On tient compte, maintenant, de ces aspects dans les opérations de mise en valeur et de gestion; les questions écologiques interviennent pleinement lorsque de nouvelles conditions sont créées pour les plantes, les animaux et l'homme.

L'intervention de l'homme s'est révélée une réussite dans la mise en valeur des forêts et des réserves naturelles de divers types (1, 12, 18).

Tableau 1

Nombres maximaux annuels d'oiseaux et leur nourriture principale, pour neuf espèces aquatiques, sur les lacs IJsselmeer et Markermeer

Espèces	Nombre maximal annuel	Nourriture principale				
		Éperlan	Anguille	Poisson spp.	Mollusque Dreissena	Plantes
Grèbe huppé	15 000- 20 000	×				
Milouin	30 000- 50 000				×	
Morillon	85 000-115 000				×	
Milouinan	85 000-100 000				×	
Garrot	7 000- 10 000				×	
Harle piette	6 000- 14 000	×				
Merganser au devant rouge	8 000- 20 000	×	×			
Harle	8 000- 20 000	×		×		
Foulque	10 000- 20 000				×	×
Cormoran	18 000- 22 000		×	×		
Cygne commun	3 000- 5 000					×

conditions for water-fowl, since in northwest and central Europe these habitats have become very scarce.

Nowadays the polders also have high ornithological values when compared to international standards, as can be illustrated with data for Flevoland (90 000 ha) (Table 2).

From the view of modern development and management, attention is paid to these aspects and ecological development has become an integrated part in creating new conditions for plants, animals and man.

Habitat construction by conscious human intervention has proved to be successful in both the development of forest and various types of nature reserves (1, 12, 18).

Table 1
Mean annual maximum numbers of nine species of water-fowl
in the Lakes IJsselmeer and Markermeer
and their main food organisms

Species	Mean annual maximum number	Main food organism				
		Smelt	Eel	Fish spp.	Dreissena	Plants
Great crested grebe ..	15 000- 20 000	×				
Pochard	30 000- 50 000				×	
Tufted duck	85 000-115 000				×	
Scaup	85 000-100 000				×	
Golden eye	7 000- 10 000				×	
Smew	6 000- 14 000	×				
Red-breasted merganser	8 000- 20 000	×	×			
Goosander	8 000- 20 000	×		×		
Coot	10 000- 20 000				×	×
Cormorant	18 000- 22 000		×	×		
Mute swan	3 000- 5 000					×

Tableau 2

Pourcentage des populations, hollandaise et paléarctique du nord-ouest, de onze espèces d'oiseaux se trouvant, vers 1975, dans le Flevoland (d'après Drost e.a., 1982)

Espèces	Population hollandaise		Population paléarctique du nord-ouest	
	Non migrateur	Migrateur	Non migrateur	Migrateur
Cormoran	20- 30		15-23	
Butor	± 10		4- 6	
Spatule	25- 35		25-30	
Oie cendrée	75- 85	± 100		80
Oie au devant blanc		20-40		20-37
Oie sauvage		8-13		3- 5
Pilet				40-60
Souchet				10-15
Busard bleu	14- 50		10-40	
Busard de Montagu	30-100		6-20	
Busard des marais	± 50		15	

Table 2

The percentage of the Dutch and northwestern palearctic population of eleven species of birds present around 1975 in Flevoland (after Drost e.a., 1982)

Species	Dutch population		Northwest palearctic population	
	Breeding	Migratory	Breeding	Migratory
Cormorant	20- 30		15-23	
Bittern	± 10		4- 6	
Spoonbill	25- 35		25-30	
Grey leg goose	75- 85	± 100		80
White fronted goose		20-40		20-37
Bean goose		8-13		3- 5
Pintail				40-60
Shoveller				10-15
Hen harrier	14- 50		10-40	
Montagu's harrier	30-100		6-20	
Marsh harrier	± 50		15	

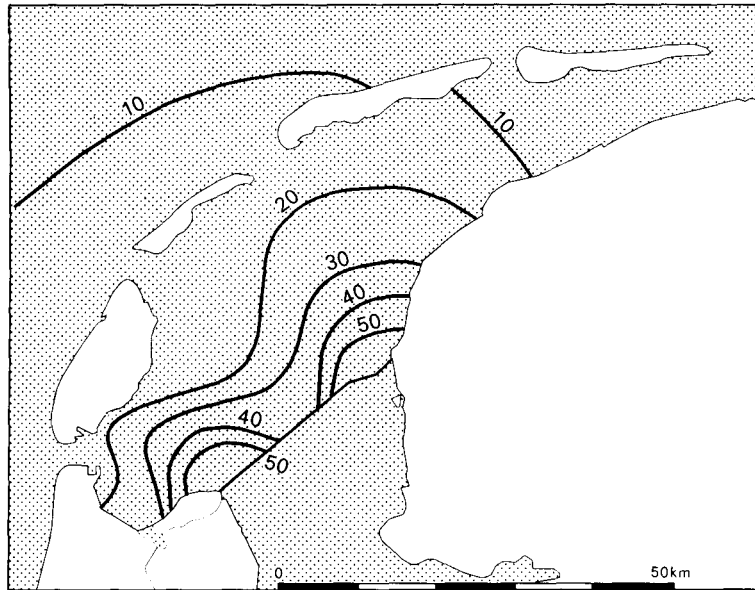


Fig. 12

The mean percentage of fresh water in the western part of the Wadden Sea after the completion of the barrier dam (v.d. Høeven, 1982).

Pourcentage moyen d'eau douce dans la partie occidentale de la Mer des Wadden après l'achèvement du barrage (v.d. Høeven, 1982).

50 mean percentage (%).

50 pourcentage moyen (%).

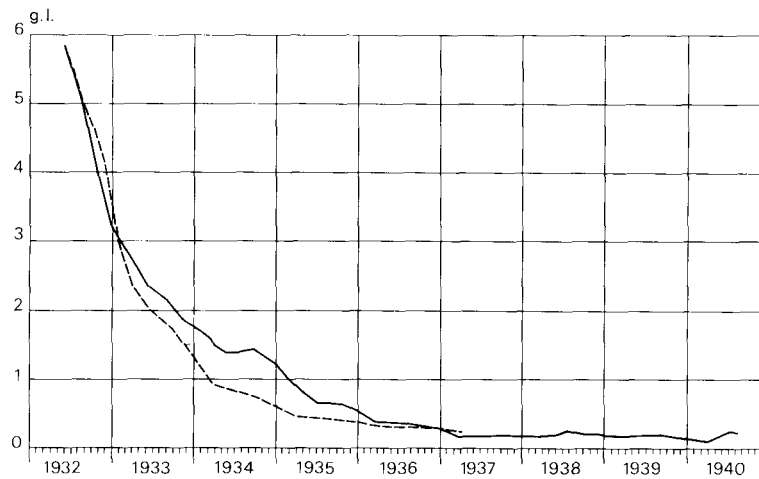


Fig. 13

The decrease in the salinity of the IJsselmeer after 1932 (Havinga, 1954).

Diminution de la salinité du lac IJsselmeer après 1932 (Havinga 1954).

----- calculated.

calculée.

———— measured.

mesurée.

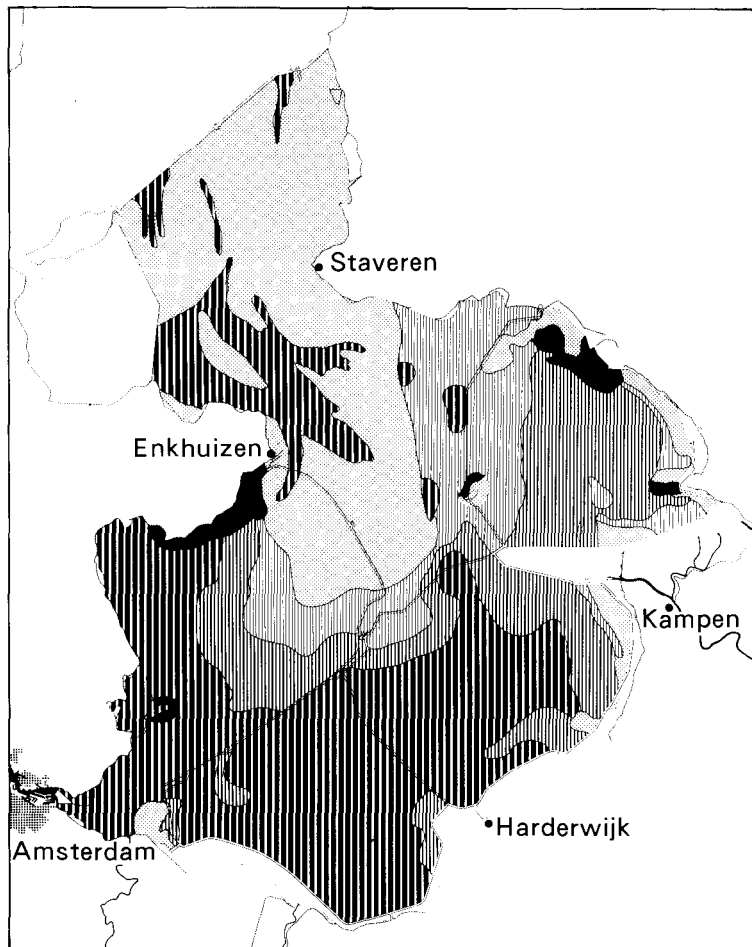







Fig. 14

The soils of the reclaimed polders and remaining large lakes (approx. 1980).
Types de sol dans les polders mis en valeur et dans les grands lacs subsistants (vers 1980).

	sandy soil.	<i>sol sableux.</i>
	light loamy soil.	<i>sol légèrement glaiseux.</i>
	loamy soil.	<i>sol glaiseux.</i>
	clayey soil.	<i>sol argileux.</i>
	miscellaneous.	<i>divers.</i>

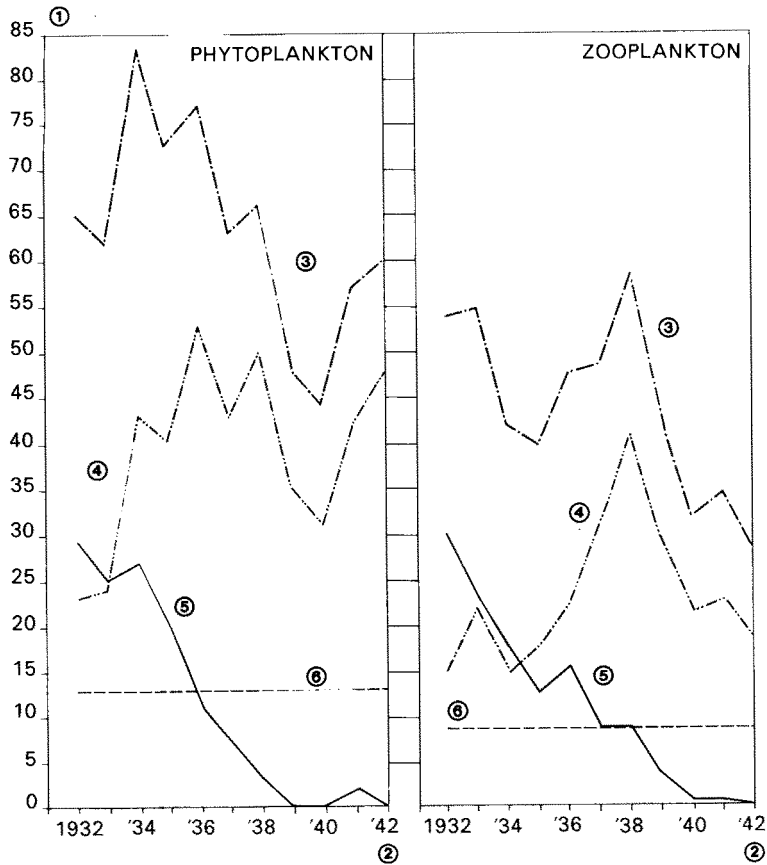


Fig. 15

The changes in phytoplankton and zooplankton composition in the IJsselmeer during the first ten years after the completion of the barrier dam (Wibaut-Isebre Moens, 1954).

Modifications dans le phytoplancton et dans le zooplancton du lac IJsselmeer, au cours des dix premières années suivant l'achèvement du barrage (Wibaut-Isebre Moens, 1954).

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| (1) number of species. | (1) nombre d'espèces. |
| (2) years. | (2) années. |
| (3) — · — · — total amount. | (3) quantité totale. |
| (4) - - - - - fresh water. | (4) eau douce. |
| (5) ————— brackish. | (5) eau saumâtre. |
| (6) - - - - - euryhaline. | (6) espèces euryhalines. |

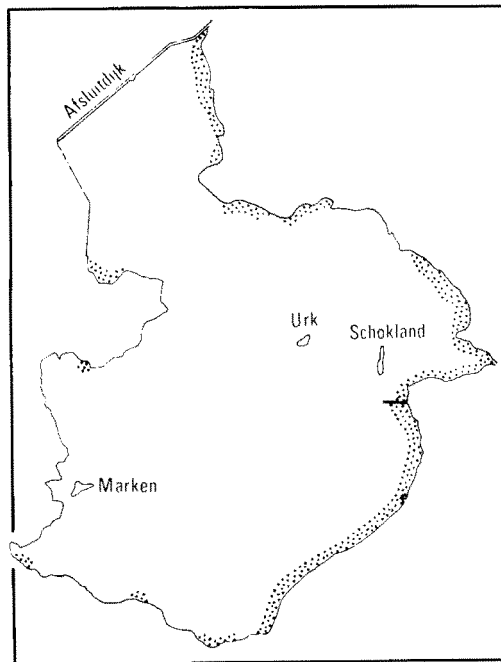


Fig. 16

The distribution of submerged fresh water vegetations after completion of the barrier dam in 1932 and before the construction of the Northeastpolder (1942) and Flevoland (1957/1968).

Répartition de la végétation d'eau douce submergée après l'achèvement du barrage et avant la construction du polder Nord-Est (1942) et des polders Flevoland (1957/1968).

5. ÉVOLUTION DE LA SOCIÉTÉ ET SES EFFETS SUR LE MILIEU NATUREL ET L'ENVIRONNEMENT

5.1. RÉSUMÉ

L'augmentation de la population, l'industrialisation et l'urbanisation entraînent une occupation de l'espace disponible, ayant des effets sur l'écologie et le paysage. D'autre part, la prise de conscience de ces phénomènes et une politique visant à préserver, reconstruire et mettre en valeur de nouvelles réserves naturelles, en association avec d'autres utilisations des terres, contribuèrent à empêcher une destruction totale de la nature aux Pays-Bas. Cette méthode permet la mise en valeur du milieu naturel dans un aménagement côtier, tel que celui du Zuiderzee.

5.2. URBANISATION ET UTILISATION DES TERRES

Au XX^e siècle, les Pays-Bas passèrent d'une société essentiellement agricole à une société moderne industrielle. En même temps, la population du pays augmenta : 6 millions d'habitants vers 1900, 8,5 millions en 1945, 14,2 millions en 1982. L'augmentation annuelle de la population au cours des dernières années est encore de l'ordre de 100 000 habitants. Le développement de la mécanisation dans l'agriculture, la pêche et l'exploitation des forêts, donna une impulsion à l'industrie et aux activités urbaines qui devinrent les principales sources d'emploi. De ce fait et en raison de l'augmentation de l'espace disponible par personne, la superficie urbaine, aux Pays-Bas, passe de 80 000 ha vers 1900 à 450 000 ha en 1980. Cela représente une augmentation annuelle de 4 600 ha environ, avec un maximum de l'ordre de 13 000 ha par an au cours de la période 1965-1980.

Récemment, l'expansion urbaine a tendance à décroître un peu.

Depuis le début du XX^e siècle, la surface totale des terres des Pays-Bas est passée de 3,2 millions d'hectares à plus de 3,3 millions d'hectares, ce qui est dû principalement à l'assèchement des terres dans l'aménagement du Zuiderzee.

Au cours des cinquante premières années de ce siècle, la surface totale des forêts et des terres incultes a diminué d'environ un à un demi-million d'hectares, principalement du fait de la mise en valeur des terres incultes. Les principales causes ont été l'introduction d'engrais, le chômage élevé dans les années 30 et l'insuffisance de nourriture. Les trois dernières décennies n'ont pas connu de changements importants (Fig. 17) (17).

5.3. PRÉSERVATION

L'urbanisation et l'importance accordée à l'obtention d'un bon environnement ont conduit à prendre conscience de la nécessité de préserver la nature.

5. THE INFLUENCE OF DEVELOPMENTS IN SOCIETY ON NATURE AND ENVIRONMENT

5.1. SUMMARY

The increase in population, industrial activity and urban expansion resulted in a consumption of available space affecting ecological values and landscape. On the other hand the awareness of these processes and a policy aiming at preservation, reconstruction, development of new nature reserves and its integration into other means of land use, helped to prevent complete destruction of nature in the Netherlands. It is this approach that offers possibilities for the development of nature in a coastal engineering project such as the Zuiderzee project.

5.2. URBANIZATION AND LAND USE

In the twentieth century the Dutch society changed from a mainly agricultural one into a modern industrialized community. At the same time the population of the country increased from about 6 millions around 1900 through 8.5 millions in 1945 to 14.2 millions in 1982. The annual increase in the population in recent years is still about 100 000 inhabitants. The increased mechanization in agriculture, fisheries and forestry also resulted in an emphasis on industry and urban services as main sources of employment. Due to these processes and an increase in the use of available space per person, the urban area of the Netherlands has been enlarged from 80 000 ha around 1900 to 450 000 ha in 1980. This means an annual rate of increase during this period of approximately 4 600 ha having maximum rates of increase of about 13 000 ha per year in the period 1965-1980.

Recently the rate of urban expansion shows a somewhat decreasing tendency.

In this century, the total land area in the Netherlands has increased from almost 3.2 millions of hectares to over 3.3 millions of hectares. This is mainly due to the reclamation of land in the Zuiderzee project.

During the first half of the 20th century the total area of forest and wasteland decreased from approximately one million to about half a million hectares, mostly by exploiting the wasteland. The major causes were the introduction of artificial fertilizers, large unemployment in the thirties and food shortages. During the last decades, no significant changes could be observed (Fig. 17) (17).

5.3. PRESERVATION

The awareness of the necessity of preserving nature originated from urbanization as well as recognition of the importance of having good environmental conditions.

Déjà au début du XX^e siècle, des initiatives privées ont permis d'acquérir la première réserve naturelle, le Naardermeer. A partir de cette opération, des organismes privés et gouvernementaux pour la préservation de la nature firent l'acquisition de 136 000 ha de réserves naturelles, de divers types et dimensions, dans tout le pays, et de 293 000 ha de forêts. Il y a lieu de noter que seule une faible partie d'entre elles est située dans les parties basses des Pays-Bas.

Les mouvements écologiques, qui se manifestèrent à l'origine par la publication de livres tels que « Le printemps silencieux » par Rachel Carson, soulignèrent la nécessité de lutter contre la pollution dans une société industrielle comme l'étaient devenus les Pays-Bas. La pollution de l'eau, du sol, de l'air, de la nappe phréatique, de même que la pollution par le bruit, devaient être réduites. Dans ce domaine, une nouvelle législation a été appliquée au cours de la dernière décennie et des progrès ont été obtenus; mais, il reste beaucoup à faire, aussi bien dans les zones urbaines que dans les zones rurales et côtières du pays. Avant la législation sur l'environnement, la législation concernant les aménagements « physiques » était plus étendue et plus détaillée. A partir du programme d'équipement national portant sur le développement des villes et des zones rurales, des programmes d'aménagement régionaux et locaux furent mis au point. En même temps, le processus de planification fut progressivement démocratisé. Récemment, une loi relative aux études d'impact pour les nouveaux projets a été présentée au Parlement; elle recouvre à la fois les aménagements « physiques » et les aménagements écologiques.

Already in the beginning of the 20th century the first nature reserve, the Naardermeer, was purchased (by private initiatives). Starting with the Naardermeer, the private and government organizations for nature preservation acquired 136 000 ha of the nature reserves of different types and sizes throughout the country, together with 293 000 ha of forests. It is remarkable that only a minor part of them is located in the lower parts of the Netherlands.

Environmental movements, initiated by books such as “ Silent Spring ” by Rachel Carson, stressed the importance of combating pollution in an industrial society as the Netherlands had become. Pollution of water, soil, air, groundwater, and also the production of noise had to be reduced. New legislation in this field has been developed in the past decade, progress is being made, but still many problems have to be solved in the urban as well as in the rural and coastal areas of the country. Prior to the environment legislation, the legislation concerning physical planning was more developed and detailed. Starting from national planning for urbanization and the development of rural areas, regional and local planning were mutually adjusted. At the same time the process of planning was gradually democratized. Recently a law concerning environmental impact assessment for new projects has been proposed to parliament, bridging and covering both physical planning and environmental planning.

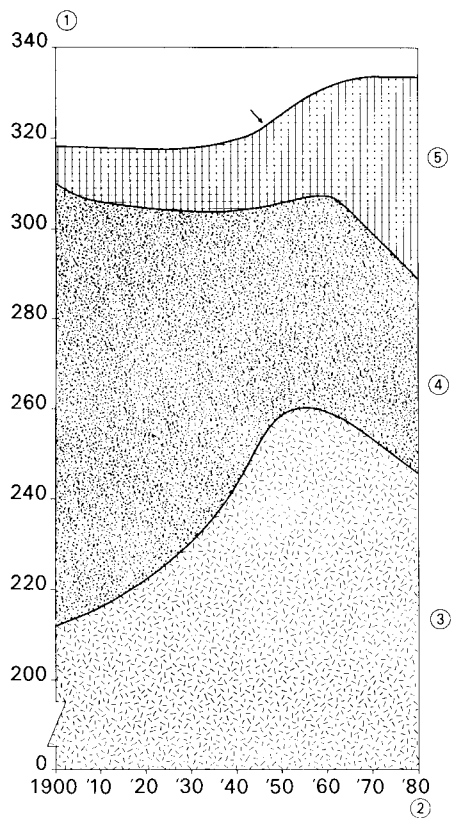


Fig. 17

The development of the land use in the Netherlands during the 20th century (De Jong, 1982).

Évolution de l'utilisation des terres aux Pays-Bas, au XX^e siècle (De Jong, 1982).

- | | |
|--|--|
| (1) Area in 10 ⁴ ha. | (1) Surface en 10 ⁴ ha. |
| (2) Years. | (2) Années. |
| (3) Cultivated area. | (3) Zones cultivées. |
| (4) Forests, nature reserves and other uncultivated area (waste land). | (4) Forêts, réserves naturelles et autres zones non cultivées (terres incultes). |
| (5) Urban area. | (5) Zones urbaines. |

6. ASPECTS ÉCOLOGIQUES DANS L'ÉTUDE ET L'AMÉNAGEMENT DES POLDERS ET DES LACS

6.1. RÉSUMÉ

La réalisation de polders dans l'aménagement visait principalement à augmenter la surface des terres agricoles aux Pays-Bas.

Plus tard, d'autres formes d'utilisation des terres, telles que l'urbanisation, la création de zones de loisirs, la conservation de la nature, prirent de l'importance.

Maintenant, dans l'exploitation des terres et de l'eau et dans la mise en valeur future des terres, les aspects écologiques tiennent autant de place que les autres aspects.

6.2. LES POLDERS

Comme déjà indiqué, les polders de l'aménagement du Zuiderzee furent conçus à l'origine pour une utilisation agricole; à partir d'études sur la nature des sols de l'ancien Zuiderzee, leur emplacement et leurs dimensions furent choisis (Fig. 8). Le projet des deux premiers polders s'appuyait sur des considérations, telles que la surface de terre agricole susceptible d'être conquise, l'accès aux ports et aux villes par bateau, l'exploitation des ressources en eau, les infrastructures, etc.

Dans le polder Wieringermeer et le polder Nord-Est, les nouvelles terres furent attribuées à l'agriculture partout où c'était possible. Seuls les sols très pauvres étaient transformés en forêts. Une grande zone de sols sableux, dans les deux polders, fut rendue exploitable pour l'agriculture grâce à l'irrigation.

Néanmoins, le polder Nord-Est s'est révélé comme étant une zone très fréquentée par les oies, pendant la période d'hiver. Les forêts situées sur des terrains calcaires et sableux présentent également une flore précieuse, en particulier de nombreuses espèces de fougères et de champignons.

Le drainage du polder Nord-Est fit baisser le niveau de la nappe phréatique de la « vieille » terre contiguë, ce qui eut des effets négatifs sur l'exploitation des terres et les réserves naturelles dans cette zone. Ces effets nuisibles ont été compensés en modifiant la gestion des ressources en eau de cette région afin de maintenir les niveaux élevés requis pour la nappe phréatique (24).

Pour les polders Flevoland, les plans de mise en valeur étaient basés sur une utilisation à buts multiples où, à côté de l'agriculture, l'urbanisation, les loisirs et la préservation de la nature tenaient une place importante (30).

Dans le Flevoland Est, plus de 9 000 ha de forêts ont été réalisés (Fig. 18).

La constitution de réserves pour le développement de la flore et de la faune fait partie intégrante de la mise en valeur des nouvelles terres. Diverses réserves naturelles sont réalisées ou en cours de réalisation (Fig. 19). La surface totale de ces réserves s'élève à 6 500 ha environ.

6. ECOLOGICAL ASPECTS IN PLANNING AND SHAPING POLDERS AND LAKES

6.1. SUMMARY

The main reason for constructing polders in the project was to enlarge the agricultural area in the Netherlands.

Later on other forms of land use like urbanization, recreation and nature conservation became important.

Now in land and water management and future land reclamation ecological aspects play the same role as other aspects do.

6.2. THE POLDERS

As mentioned, the polders in the Zuiderzee project were originally planned to be used for agriculture. Based on studies on composition of the top layer of the former Zuiderzee bottom, their size and location was chosen (Fig. 8). The design of the first two polders was based upon considerations such as the amount of possible farmland to be gained, accessibility of ports and towns by ship, water management, infrastructure, etc.

In the polders Wieringermeer and the Northeast polder the new land was allocated for agricultural use wherever possible. Only very poor soils were used for forestry. A large area of sandy soils in both polders was made suitable for agriculture by means of subirrigation.

Nevertheless the Northeast polder has proved to be an important area (on an international level) for geese in wintertime. Also the forests, located on calcareous sandy soils, developed into valuable areas for flora. They are especially rich in their varieties of ferns and mushrooms.

The draining of the Northeast polder influenced the groundwater table of the adjacent "old" land which dropped. This has had negative consequences for land use and nature reserves there. These adverse effects were compensated by modifying the water management in that region in order to maintain the required high groundwater and water levels (24).

For the Flevoland polders development plans were based on a multipurpose land use in which next to agriculture, urbanization, recreation and nature preservation can play an important role (30).

In Eastern Flevoland over 9 000 ha of forest will be established (Fig. 18).

As an integrated part of the development of the new land, habitat construction serves to give new chances to the development of flora and fauna. Various nature reserves for different purposes are established or under development (Fig. 19). The total area of nature reserves amounts to approximately 6 500 ha.

En ce qui concerne l'urbanisation, on s'attacha à tenir compte des problèmes écologiques dans les projets des nouvelles villes, telles que Almere (1), Zeewolde et Lelystad.

La possibilité offerte aux nouveaux habitants de ces villes de tirer profit de leur environnement naturel, d'aspects variés, est considérée comme un apport de bien-être. Lors du projet et de l'aménagement des villes, on prend des mesures à cet effet, par exemple, par la configuration et l'entretien des canaux, parcs et forêts, ou par la mise à la disposition des oiseaux de facilités de nidification sur ou dans les murs des maisons et autres bâtiments (Fig. 20).

Dans le projet du polder Markerwaard, les aspects écologiques ont tenu également une grande place. Dans le projet initial, la liaison entre Lelystad et Enkhuizen devait être une ligne droite. Cependant, les terrains sableux de la zone peu profonde, appelée Enkhuizerzand, présentaient de l'intérêt pour l'aménagement, dans l'avenir, d'une réserve naturelle comprenant des forêts. Il fut donc décidé d'infléchir cette digue vers le nord pour inclure cette partie du lac dans le futur polder (Fig. 21).

6.3. LES LACS

Les expériences acquises après la construction du polder Nord-Est montrèrent que le Flevoland devait être réalisé de façon à ne produire aucun effet hydrogéologique nuisible sur la « vieille » terre contiguë. Cela était obtenu en situant des lacs entre les polders et la « vieille » terre. Étant donné que ces lacs sont peu profonds, on devait creuser un chenal de navigation, les matériaux extraits (principalement du sable) étant mis en place devant la digue du polder. Le résultat était double : tout d'abord, la digue pouvait être un peu plus basse, ensuite, les bermes pouvaient être utilisées pour modeler le paysage et créer des zones de loisirs. Ces bermes constituées de sables humides se révélèrent également propices à la flore.

Lorsque les lacs bordant le Flevoland Est furent créés, ils avaient, au début, une valeur écologique élevée, du fait principalement de la qualité relativement bonne de l'eau. Sur une dizaine d'années environ, cette qualité se détériora et l'eau devint hypertrophique.

Ce changement nécessita des recherches en vue de résoudre le problème et de tenir compte des résultats dans les études d'assainissement et de mise en valeur. Pour quelques lacs limitrophes, ces recherches débouchèrent sur un programme de restauration des lacs mis en œuvre pour améliorer la qualité de l'eau et l'environnement qui s'y rattache (32).

Des études, dans le cadre de la mise en valeur future de ces lacs, ont conduit à l'établissement d'un schéma de répartition des fonctions écologiques ou de loisirs (25). Ce plan est mis en œuvre dans les programmes d'aménagement des lacs (Fig. 22).

En ce qui concerne les lacs IJsselmeer et Markermeer, des études écologiques approfondies ont été également effectuées au cours des dix à quinze dernières années, afin de connaître complètement le rôle joué par ces grands lacs.

Leur rôle est particulièrement important quant à la constitution de réserves naturelles pour diverses espèces d'oiseaux (16, 17).

In urban developments attention is paid to integration of ecological concepts in the planning of new towns like Almere (1), Zeewolde and Lelystad.

Providing the new inhabitants of these towns with possibilities to experience various aspects of nature in their neighbourhood is considered as an addition to the welfare of the people. Within the planning and development of the towns, provisions are made for this purpose e.g. by shaping and maintaining canals, parks and forests or by providing nesting facilities for birds on or in walls of houses and other buildings (Fig. 20).

As for the planned polder Markerwaard, ecological considerations also played a role in its design. In the original plans the connection between Lelystad and Enkhuizen was to be a straight line. However, the sandy soils of the shallow part called Enkhuizerzand were considered to be of interest for the development of a future nature reserve including forests. It was decided to bend this dike to the north to include this part of the lake in the future polder (Fig. 21).

6.3. THE LAKES

The experiences after the construction of the Northeast polder taught that Flevoland had to be constructed in such a way that no negative geohydrological influence on the adjacent " old " land should occur.

This was effected by situating lakes between the polders and the " old " land. Since these lakes are shallow, a shipping canal had to be dredged and it was decided to place the dredged material (mainly sand) in front of the polder dike. The result was twofold : firstly, the dike could be somewhat lower and secondly these forelands could be used for shaping the landscape and for recreational development. In the course of time, these forelands of wet sandy soil locally also developed considerable floristic values.

When the lakes bordering on Eastern Flevoland were created they were initially of high ecological value, mainly the result of a relatively good water quality. In a period of about ten years this good water quality deteriorated and turned into a hypertrophic one.

This change necessitated research efforts aimed at solving the problem and integrating results of ecological research in the planning of restoration and development. For some of the border lakes, these investigations resulted in a lake restoration plan that is being implemented in order to improve water quality and related ecological functions (32).

Studies into the future development of these lakes resulted in a scheme for zoning ecological or recreational functions (25). This scheme is implemented in the development plans of the lakes (Fig. 22).

Also in the Lakes IJsselmeer and Markermeer elaborate ecological studies have been in progress during the last ten to fifteen years to gain a thorough insight in the function of these large lakes.

Their function for various species of birds is especially important in this respect (16, 17).

Les résultats des études écologiques relatives aux polders et aux lacs jouent un rôle important dans le processus de prise de décision concernant la construction du 5^e polder : le Markerwaard.

Les études portant sur la qualité de l'eau et l'hydrobiologie ont indiqué que la réalisation du Markerwaard n'entraînerait pas de grands changements. A partir de là, on a pronostiqué les conséquences de la construction du polder sur la disponibilité future de nourriture pour les oiseaux. On estime que, dans la zone du lac IJsselmeer, la production annuelle des organismes constituant une nourriture importante pour les oiseaux aquatiques diminue de 20-30 % pour l'éperlan et d'environ 10 % pour le mollusque *Dreissena polymorpha*. Actuellement, toutefois, les oiseaux consomment seulement un faible pourcentage de la production annuelle d'éperlan (2-6 %) et 1/3 environ de celle de mollusque *Dreissena*.

On ne sait pas encore si, actuellement, la nourriture est un facteur limitant la présence des oiseaux se nourrissant de ces organismes.

Pour les oiseaux se nourrissant de plantes, seules les zones du littoral revêtent de l'importance et la nourriture doit augmenter pour ces oiseaux.

La construction du polder offre de nouveaux habitats. L'expérience acquise dans le Flevoland montre que le nouveau polder présente de telles possibilités à des milliers d'oies en été et en hiver, à des busards, à des hérons (dans le Flevoland, le grand héron blanc et le petit héron argenté) et à des cormorans.

Ces études ont permis de mieux prévoir la situation. Cependant, la difficulté de comparer les alternatives écologiques, malgré une meilleure quantification, subsiste.

The results of the ecological research in both polders and lakes play an important role in the process of decision-making concerning the construction of the 5th polder : the Markerwaard.

Investigations concerning water quality and hydrobiology indicated that the construction of the Markerwaard will not result in large changes. Based upon this, a prognosis of the consequences of the construction of the polder on the future availability of feeding for the birds has been made. The annual production in the Lake IJsselmeer area of important food organisms for waterfowl is estimated to decrease by 20-30 % for smelt and about 10 % for *Dreissena polymorpha*. In the present situation, however the birds harvest only a few percent of the annual production of smelt (2-6 %) and about 1/3 of the estimated annual production of *Dreissena*.

It is still unknown whether in the present situation food is a limiting factor for the presence of birds feeding on these organisms.

For the birds feeding on plants, only the coastal zones are important and for them an increase in food supply is to be expected.

The construction of the polder itself offers new possibilities for habitat construction. The experience in Flevoland teaches that the new polder offers possibilities for thousands of geese in winter and summer, for harriers, herons (in Flevoland the great white heron and the little egret nests) and for cormorants.

As a result of investigations insight grows. What remains is the difficulty of weighing ecological alternatives, although better quantified than ever.

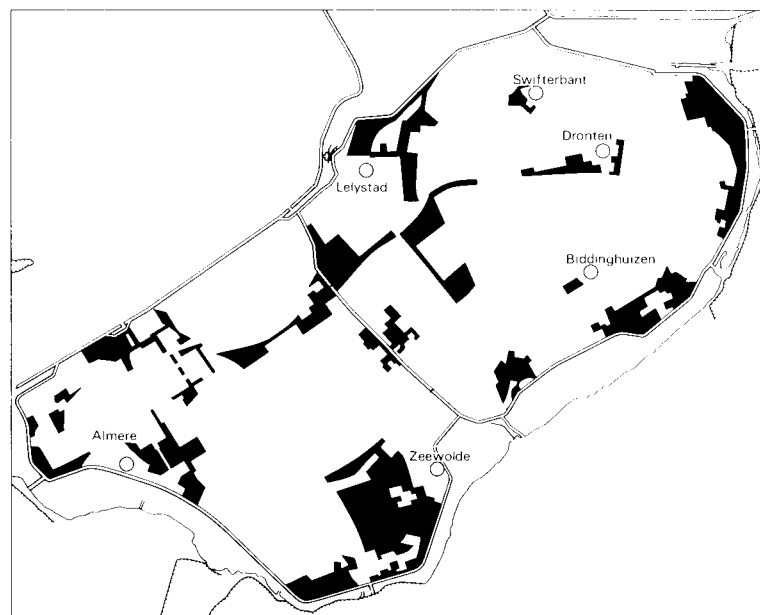


Fig. 18

The location of the forests in Flevoland.

Situation des forêts dans le Flevoland.

Fig. 19

The location of the various nature reserves in Flevoland and their functions (Constandse, 1982).

Situation des diverses réserves naturelles dans le Flevoland et leurs destinations (Constandse, 1982).

1. Wildwallen (60 ha)
Grasslands enclosed with hedges of different breadth and assortment situated at former depots of sand and clay.
Foraging and breeding area for singing birds.
 2. Burchtkamp (140 ha)
Spontaneous vegetation of reeds, herbs and trees around some former flooded sand pits.

Nesting area of different species of harriers.

Experimental area with agricultural land use to create foraging areas for harriers.
 3. Kamperhoek (36 ha)
Reedland, pools and woodland planted with many berrying shrubs and trees as a resting area for singing birds during migration.
 4. Oostvaardersplassen (5 600 ha)
Large-scale marshy area used as resting, foraging and breeding area by a large number of different species of water and marsh birds.
 5. Ellerslenk (65 ha)
Grass and woodland situated on changing soil conditions with different groundwater levels to investigate the effects on flora and fauna.
 6. Kievitslanden (300 ha)
Moisty and well drained pastures and meadows as a meadow bird reserve.
 7. Willow reserve (100 ha)
Reserve for ecological research on spontaneous grown willows.
 8. Harderbroek (100 ha)
Marshy area divided in three sections with adjustable waterlevels; foraging and breeding grounds for ducks, waders and marsh birds.
1. *Wildwallen (60 ha)*
Prairies entourées de haies de différentes largeurs et natures, situées sur d'anciens dépôts de sable et d'argile.
Zone de fourrage et de reproduction pour oiseaux chanteurs.
 2. *Burchtkamp (140 ha)*
Végétation spontanée de roseaux, d'herbes et d'arbres autour de quelques anciennes sablières inondées.
Zone de nidification de diverses espèces de busards.
Zone d'expérimentation agricole en vue de créer des terres fourragères pour les busards.
 3. *Kamperhoek (36 ha)*
Zone avec roseaux, mares et bois, avec de nombreux arbustes de baies et arbres, servant de lieu de repos pour les oiseaux chanteurs au cours de leur migration.
 4. *Oostvaardersplassen (5 600 ha)*
Zone marécageuse étendue, utilisée comme lieu de repos, de fourrage et de reproduction par un grand nombre d'oiseaux aquatiques et de marais de diverses espèces.
 5. *Ellerslenk (65 ha)*
Prairies et bois situés sur des sols dont les conditions changent, avec divers niveaux de la nappe phréatique, pour étudier les effets sur la flore et la faune.
 6. *Kievitslanden (300 ha)*
Prairies humides et bien drainées, servant de réserves à des oiseaux des prés.
 7. *Réserve de Willow (100 ha)*
Réserve pour les recherches écologiques sur des saules de naissance spontanée.
 8. *Harderbroek (100 ha)*
Zone marécageuse divisée en trois parties, avec niveaux d'eau réglables; zones de fourrage et de reproduction pour les canards, les échassiers et les oiseaux de marais.

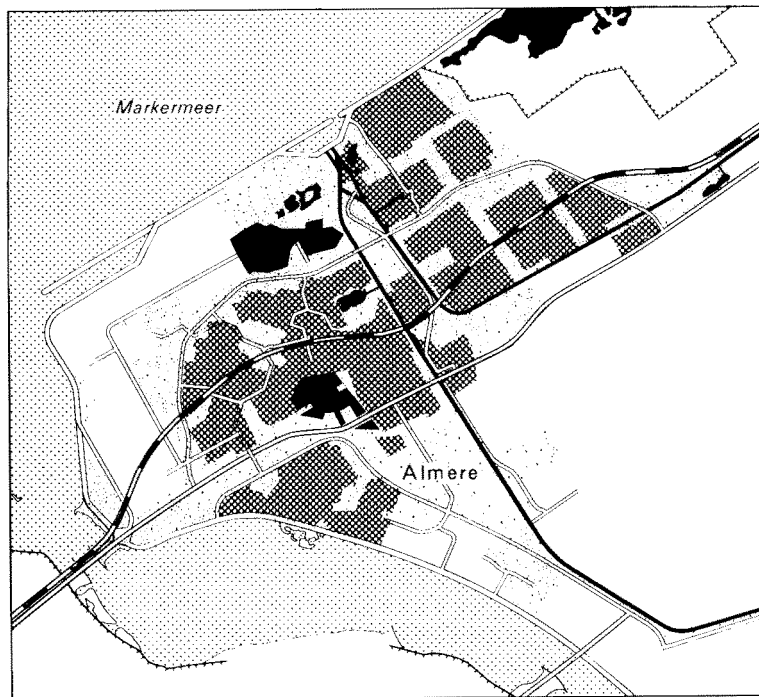



Fig. 20

Green zones in the urban area of Almere.
Espaces verts dans la zone urbaine d'Almere.

- | | | |
|---|---------------------------|---------------------------------------|
|  | buildings. | <i>immeubles.</i> |
|  | forests/parks/recreation. | <i>forêts/parcs/zones de loisirs.</i> |
|  | water. | <i>plans d'eau.</i> |

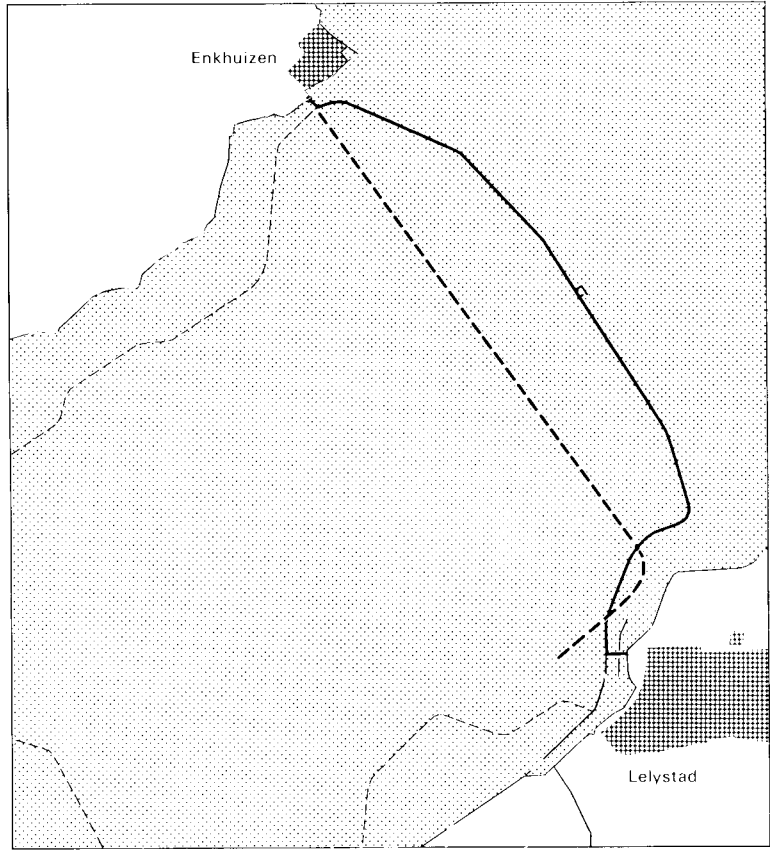


Fig. 21

The modification in the plan for the Houtribdijk between Enkhuizen and Lelystad in order to reclaim soils excellently suited for nature developments.

Modification du tracé de la liaison routière entre Enkhuizen et Lelystad, afin de dégager des terres convenant parfaitement à des réserves naturelles.

— Houtribdijk realized.

tracé réalisé.

- - - Houtribdijk designed by Lely, 1893.

tracé projeté par Lely, 1893.

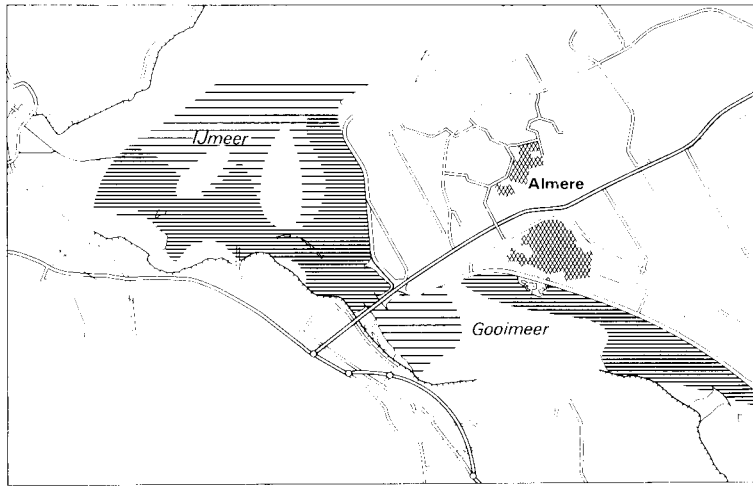




Fig. 22

A plan for zoning between recreation and nature for a part of the lakes bordering between the polder Flevoland (near Almere) and the "old" land.

Projet de répartition entre zones de loisirs et réserves naturelles pour une partie des lacs limitrophes situés entre le polder Flevoland (près d'Almere) et la « vieille » terre.

-  extensive recreational use.
-  intensive recreational use.

utilisation extensive pour loisirs.

utilisation intensive pour loisirs.

7. ÉVALUATION

Comme déjà indiqué, les aspects écologiques tenaient peu de place dans l'étude et dans la prise de décision, au début de la réalisation de l'aménagement du Zuiderzee. A cette époque, la société attribuait peu de valeur à ces considérations.

Toutefois, les biologistes se rendirent compte que les changements écologiques attendus méritaient d'être étudiés en détail afin de mieux connaître les phénomènes. Comme on peut le constater aujourd'hui, leur attitude avait, à l'origine, un caractère strictement scientifique et ne visait pas à une immixtion dans le projet et la prise de décision.

Au cours de la mise en valeur des polders, l'importance des oiseaux aquatiques et des oiseaux des marais fut mise en évidence. Les biologistes employés par le Service de Mise en Valeur des Polders d'IJsselmeer, qui devaient étudier les problèmes (microbiologiques) liés à la mise en valeur agricole des polders, évaluèrent aussi ces aspects. Il en résulta que les autorités concernées purent recevoir des informations détaillées, bien acheminées, sur les problèmes écologiques.

Lorsque, dans les années d'industrialisation, de forte augmentation de la population et d'urbanisation, les plans de mise en valeur des polders furent modifiés, les biologistes purent intervenir dans l'étude et la prise de décision. En raison des études effectuées au cours des premières décennies et du fait que les organismes responsables avaient toujours inclus dans leur programme d'activités une branche « recherches biologiques et autres », de vastes connaissances étaient disponibles.

Aujourd'hui, les aspects écologiques sont pris en considération au même titre que les autres aspects, tels que l'hydrologie, l'économie, l'emploi, les loisirs, l'agriculture et la pêche, dans l'élaboration de la décision concernant la construction du cinquième polder et la mise en valeur de nouveaux lacs et terres.

L'expérience acquise au cours d'une période de plus de 60 ans, couvrant les études, l'exécution et l'exploitation de l'aménagement du Zuiderzee, a permis de tirer un certain nombre d'enseignements. Quelques conclusions générales peuvent ainsi être présentées :

A) Lors de la conception et de l'étude d'une nouvelle zone de terres et de nouveaux lacs, il faut s'efforcer de faire une étude aussi complète que possible. Les facteurs sociaux, économiques, écologiques, techniques, artistiques et bien d'autres facteurs interviennent et sont intimement liés. Au stade de la conception, il faut prendre en compte et étudier le plus d'aspects possible afin d'éviter que le projet, après sa réalisation, ne se révèle peu satisfaisant.

B) Pour des aménagements à long terme, tels que l'aménagement du Zuiderzee, il est très précieux — on pourrait dire indispensable — que les projecteurs et les chercheurs restent associés au cours de l'exécution des travaux. En les mettant en contact dans un nombre très limité d'organismes, on contribue grandement à améliorer la qualité du travail et à diminuer le risque de bureaucratie et de compétition. De cette façon, on peut tenir compte, au cours des années d'exécution des travaux, des résultats de nouvelles expériences et recherches.

7. EVALUATION

As has been described, in the beginning of the execution of the Zuiderzee project ecological aspects played a very limited role in the process of planning and decision-making.

At that time society attached little value to these considerations.

Biologists however realized that expected ecological changes deserved to be studied in detail to gain more insight into the processes. Their attitude, as can be reconstructed now, was initially a strictly scientific one, not aiming at involvement in planning and decision-making.

During the development of the polders the importance of water and marsh fowl was revealed. Biologists employed by the IJsselmeerpolder Development Authority who had to study (micro-biological) problems associated with the agricultural development of the polders also evaluated these aspects. The result was a well canalized stream of detailed information on ecological aspects to the authorities involved.

When in the years of industrialization, strong population increase and urbanization, the plans for development of polders and lakes were changed, the biologists could become engaged in planning and decision-making. Due to the investigations done in the previous decades and the fact that the organizations in charge always had included a department for biological and other research as an integrated part of their organization, a vast amount of knowledge was available to be used.

Nowadays ecological aspects are weighted equally with other aspects such as hydrology, economics, employment, recreation, agriculture, landscape and fisheries in the process of decision-making for the construction of the fifth polder and the development of both new land and lakes.

The experience obtained in a period of over 60 years of planning, executing and managing of the Zuiderzee projects was derived from a number of lessons. Based upon that some general conclusions can be formulated :

A) When planning and designing a new area of land and new lakes it is necessary to strive as much as possible for an integrated approach. Social, economic, ecological, technical, artistic and many other factors are involved and interconnected in various ways. In the stage of planning, as many aspects as possible are to be studied and to be taken into account in order to avoid the construction of a plan proving unsatisfactory after implementation.

B) For long-term projects such as the Zuiderzee project, it has proved very valuable — one might say almost indispensable — that both planners and researchers remain associated with the work while it is executed. Bringing them together in a very limited number of organizations contributes highly to the quality of the work and decreases the risk of bureaucracy and competition. In this way it proves possible to integrate the results of new experience and research in the years of execution.

C) Un projet, une fois entrepris, doit fournir, aussi longtemps que possible, un champ d'action pour ce dynamisme. Le projet doit être une structure ouverte, permettant de compléter des points de détail. D'autre part, la continuité du travail est essentielle à la réalisation d'un projet de cette façon.

D) Malgré le rôle limité tenu, à l'origine, par les aspects écologiques dans les études et les prises de décision, le simple fait que des études biologiques approfondies accompagnaient l'exécution des travaux permettait de prendre en compte, de façon efficace, ces aspects dans les études et prises de décision.

Des considérations écologiques jouèrent, au début, un rôle dans la conception et l'étude des polders. Aujourd'hui, elles interviennent aussi dans les projets de polders et de lacs en diverses régions des Pays-Bas.

E) Étant impliquée dans le projet et l'élaboration de la décision, l'écologie doit passer d'une science descriptive à une science analytique, s'attachant à décrire les futurs travaux d'aménagement dans diverses conditions.

F) Les écologistes apprennent à intégrer leurs connaissances scientifiques aux nombreux autres aspects concernés par l'exécution de grands travaux; cela a pour résultat de protéger les valeurs écologiques existantes ou d'en réaliser d'autres dans de nouvelles conditions, et d'évaluer avec soin les inconvénients écologiques éventuels, tout en prenant en compte les avantages dans d'autres domaines de l'écologie.

8. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Ir. W.N.M. Acht, M. H. van Elburg, Ir. H. J. Snel, Ir. T. L. Vegter, Ir. H. Verdenius, M. J. G. Welmer, d'avoir recueilli les éléments de base de ce document.

Ils remercient également M. W. Visscher et son personnel pour la préparation des cartes et autres illustrations, ainsi que Mme Dr. A. Wogenaar-Hart pour la correction du texte en anglais.

C) A plan once developed must, as long possible, provide scope for this dynamism. The plan must produce an open structure permitting possibilities for alternative ways of filling in the details. On the other hand continuity of the work is essential to effect the execution of a plan in this way.

D) Although ecological aspects initially played a limited role in planning and decision-making the mere fact that elaborate biological research accompanied the execution of the works enabled the integration of these aspects in planning and decision-making later in an efficient way.

At first ecological considerations played a role in planning and design of the polders once decided upon. Nowadays they also play a role in the process of designing polders and lakes at various places in the Netherlands.

E) By being involved in planning and decision-making ecology is pressed to change from a descriptive science into an analytical science aiming at the description of future developments under various conditions.

F) Ecologists learn to integrate their scientific knowledge into the many other aspects involved in the execution of large works; resulting in the protection of existing ecological values or the construction of new ones under new conditions and in carefully assessing possible ecological drawbacks while comparing advantages in other fields of ecology.

8. ACKNOWLEDGEMENT

The authors are indebted to ir. W.N.M. Acht, Mr. H. van Elburg, ir. H. J. Snel, ir. T. L. Vegter, ir. H. Verdenius, Mr. J. G. Welmer for their efforts to collect basic materials.

Gratitude is also due to Mr. W. Visscher and his staff for the preparation of the maps and other illustrations, and to Mrs. drs. A. Wagenaar-Hart for correcting the English text.

9. REFERENCES

1. ACHT W. A. M. van, 1981 : " The Zuiderzee project an extreme case of human interventions in a part of the delta of the Rhine ", Contribution to the SCOPE-project on land transformation, Lelystad.
2. ACHT W. A. M. van, 1982 : " Natuur in de stad ", in *50 jaar onderzoek door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders*, deel 2A, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
3. BEAUFORT L. F. de, 1954 : Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932. De Boer, Den Helder.
4. BERGER C., 1980 : " Het biologisch onderzoek ", in *50 jaar onderzoek door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders*, deel 1, pp. 59-76, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
5. BERGER C., 1982 : " Een benadering van de habitat van *Oscillatoria agardhii* Gom. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders ", Flevobericht 205, Lelystad.
6. BERGER C., bij de VAATE A., 1983 : " Limnological studies on the eutrophication of lake Wolderwijd. A shallow hypertrophic *Oscillatoria* dominated lake in the Netherlands ", *Schweiz. Z. Hydrol.* 45 (2) : 458-479.
7. CLEINTUAR G. L., 1982 : " Wisselend getij. Geschiedenis van de Zuiderzeevereniging 1868-1949 ", Walburg Pers.
8. CONSTANDSE A. K., JONG J. de, PINKERS M. J. H. P., 1982 : in *Polders of the world* (papers).
9. DROST H. J., EERDEN M. R. van, bij de VAATE A., ZULSTRA M., 1982 : " Natuurwaarden IJsselmeergebied ", Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders Lelystad.
10. ENTE P. J., 1981 : " Over de gehalten aan de zware metalen cadmium, chroom, koper, kwik, lood en zink in de bodem van de Markerwaard ", Flevobericht 175, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolder, Lelystad.
11. ENTE P. J., 1981 : " Aantekeningen over de IJsselmeerafzettingen in het IJsselmeergebied en een aantal in de loop der jaren veranderde hoedanigheden, voornamelijk m.b.t. zware metalen (cadmium, chroom, koper, kwik, lood en zink) ", Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
12. ELBURG H. van, KAMPEN J. H. van, 1982 : " Natuurterreinen ", in *Oostelijk van de Knardijk*, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad.
13. HAVINGA B., 1982 : " Hydrografie van het IJsselmeer ", in *Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee (thans IJsselmeer na de afsluiting in 1932)*, De Boer, Den Helder.
14. HAVINGA B., 1954 : " Vissen ", in *Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932*, De Boer, Den Helder.
15. HOEVEN P. C. T. van der, 1981 : " Watertemperaturen en zoutwaarnemingen van het RIVO (1860-1981) ", Rijksinstituut voor visserij-onderzoek.

16. JONG J. de, BERGER C., EERDEN M. B. van, bij de VAATE A., 1982 : “ Een verkenning van de natuurwaarden van de Markerwaard en het IJsselmeergebied na aanleg van de Markerwaard ”, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.
17. JONG J. de, WIGGERS A. J., 1982 : “ Polders and their environment in the Netherlands ”, in *Polders of the World (Keynotes)*, pp. 223-243.
18. KORIDON A. H., POLMAN G. K. R., POORTER E. P. R., VEN G. A., ZULSTRA M., 1981 : “ De Oostvaardersplassen ”, Flevobericht 169, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders.
19. KLOK B., SCHALKENS K. M., 1980 : “ De veranderingen in de Waddenzee ten gevolge van de afsluiting van de Zuiderzee ”, Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Studiedienst Hoorn.
20. REDEKE H. C., 1922 : “ Flora en fauna der Zuiderzee, monografie van een brakwatergebied ”, De Boer, Den Helder.
21. REDEKE H. C., 1936 : “ Flora en fauna der Zuiderzee, monografie van een brakwatergebied ”, supplement, De Boer, Den Helder.
22. SAEIJS H. L. F., BAPTIST H. J. M., 1978 : “ Evaluatie van Westeuropese overwinteringsgebieden van watervogels ”, Nota 78-10, Rijkswaterstaat, Deltadienst.
23. SCHULTZ E., 1982 : “ From natural to reclaimed land ”, in *Polders of the world (Keynotes)*, pp. 17-42.
24. THUISSE J. Th., 1972 : “ Een halve eeuw Zuiderzeewerken, 1920-1970 ”, Tjeenk-Willinck, Groningen.
25. TIGELAAR L., 1981 : “ Het verband tussen recreatie en natuur in de randmeren van Flevoland ”, in *50 jaar onderzoek door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders*, deel 2b. Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, p. 121-142.
26. WIBAUT-ISEBREE MOENS N. L., 1954 : “ Plankton ”, in *Veranderingen in de flora en fauna van de Zuiderzee (thans IJsselmeer) na de afsluiting in 1932*, De Boer, Den Helder.

Anonymous-Anonyme :

27. “ Beschouwingen over de Markerwaard ”, Dienst der Zuiderzeewerken, 1972.
28. “ Markerwaard rapport ”, Raad van de Waterstaat, 1976.
29. “ De ontwikkeling van het Markerwaardgebied ”, deel a) beleidsvoornemen 1981, deel b) analyse van de inspraak 1982, deel c) advies 1982.
30. “ Oostelijk van de Knardijk. De inrichting van Oostelijk Flevoland in de jaren 1957-1980 ”, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, Lelystad, 1982.
31. “ Waterstaatkundige werken en Waterkwaliteit in het IJsselmeergebied. Dienst der Zuiderzeewerken ”, Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders, 1976.
32. “ Aanbevelingen tot sanering van de randmeren ”, Werkgroep sanering randmeren (1980).
33. “ Spaarbekken IJsselmeer ”, Commissie Spaarbekken IJsselmeer, 1980.

Imprimerie de Montlignon
61400 La Chapelle Montlignon
Dépôt légal : janvier 1989
N° 14177
ISSN 0534-8293
Couverture : Olivier Magna

Copyright © ICOLD - CIGB

Archives informatisées en ligne  *Computerized Archives on line*

The General Secretary / Le Secrétaire Général :
André Bergeret - 2004



International Commission on Large Dams
Commission Internationale des Grands Barrages
151 Bd Haussmann -PARIS -75008
<http://www.icold-cigb.net> ; <http://www.icold-cigb.org>