

Guy Jacques

Écologie du plancton



35559

Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

ECL 79

35559

②

Préface



Écologie du plancton

Guy Jacques

directeur de recherche au CNRS,
docteur ès sciences



35559

**Editions
TEC
& DOC**

11, rue Lavoisier
75008 Paris

Table des matières

| | |
|---------------|-----|
| Préface | III |
|---------------|-----|

Première partie

Originalités du monde pélagique

Chapitre 1

| | |
|---|----------|
| Un milieu peu propice à la production | 3 |
| 1. Contrôle par la lumière | 5 |
| 1.1. Vent, gradient de densité et couche de mélange | 7 |
| 1.1.1. Mélange dû au vent et thermocline | 7 |
| 1.1.2. Couche de mélange océanique | 9 |
| 1.2. Propriétés optiques | 11 |
| 1.2.1. Atténuation de la lumière avec la profondeur | 11 |
| 1.2.2. Répartition spectrale | 15 |
| 2. Sels nutritifs et fertilisation | 18 |
| 2.1. Distribution verticale de l'azote, du phosphore et du silicium | 19 |
| 2.1.1. Azote et nitrate | 19 |
| 2.1.2. Phosphore et phosphate, oxygène | 22 |
| 2.1.3. Silicium et acide silicique | 22 |
| 2.2. Mécanismes d'apport d'eaux profondes fertiles | 23 |
| 2.3. « Offre » et « demande » de sels nutritifs | 25 |
| 2.4. Puis vint le fer | 25 |
| 3. Stratégie et méthodes d'étude du pelagos | 27 |
| 3.1. Campagnes océanographiques | 27 |
| 3.2. La stratégie en océanographie | 29 |
| 3.3. Le phytoplancton favorisé | 33 |
| 3.3.1. Échantillonnage du plancton | 33 |

| | |
|---|----|
| 3.3.2. Quantifier le plancton | 34 |
| 3.4. L'apport de la télédétection | 35 |
| 3.5. Propriétés bio-optiques du phytoplancton et ses applications | 36 |
| 3.6. Quelques techniques d'étude du phytoplancton | 42 |
| 3.6.1. Numération et détermination | 42 |
| 3.6.2. Production primaire par la méthode ¹⁴ C | 42 |
| 3.6.3. Production nouvelle et production régénérée par la méthode ¹⁵ N | 44 |
| 3.6.4. Fluorimétrie | 44 |
| 3.6.5. Cytométrie de flux | 46 |
| 3.6.6. Chromatographie liquide haute performance | 48 |
| 3.7. Quelques techniques d'études du zooplancton | 50 |
| 3.7.1. Approche globale de la biomasse et de la production | 50 |
| 3.7.2. « Enregistreur » de plancton en continu | 51 |
| 3.7.3. Métabolisme respiratoire | 52 |
| 3.7.4. La bioacoustique au secours du zooplancton | 53 |
| 3.8. Exportation vers les profondeurs. Le piège à particules | 54 |

Chapitre 2

| | |
|--|-----------|
| Le plancton, une communauté singulière | 55 |
| 1. Historique | 55 |
| 2. Définitions et étymologie | 56 |
| 3. Adaptations à la vie pélagique | 59 |
| 3.1. Se maintenir dans les eaux superficielles | 59 |
| 3.1.1. Augmentation de la surface portante | 59 |
| 3.1.2. Diminution de la densité | 62 |
| 3.2. Se nourrir | 62 |
| 3.2.1. Filtration | 62 |
| 3.2.2. Prédation | 64 |
| 3.2.3. Régime omnivore | 66 |
| 3.3. Échapper aux prédateurs en migrant | 67 |
| 3.3.1. Migrations verticales | 67 |
| 3.3.2. Migrations saisonnières | 69 |
| 4. Le plancton, un écosystème immature | 70 |
| 4.1. Succession écologique | 70 |
| 4.2. Diversité spécifique et diversité pigmentaire | 73 |
| 4.3. Productivité | 76 |
| 4.4. Absorption et assimilation | 77 |
| 4.5. Réseau trophique | 80 |
| 4.5.1. Pyramide des biomasses | 80 |
| 4.5.2. Échelons trophiques | 81 |
| 4.6. Quelques espèces-clefs | 82 |
| 4.6.1. <i>Fragilariopsis kerguelensis</i> | 82 |
| 4.6.2. <i>Phaeocystis</i> | 83 |
| 4.6.3. <i>Emiliana huxleyi</i> | 83 |
| 4.6.4. <i>Calanus finmarchicus</i> | 83 |
| 4.6.5. <i>Euphausia superba</i> | 84 |

Deuxième partie

Exemples d'écosystèmes pélagiques

Chapitre 3

| | |
|---|-----------|
| Le Pacifique intertropical : de l'eutrophie à l'oligotrophie | 89 |
| 1. Circulations atmosphérique et océanique | 90 |
| 1.1. Gradient de pression et force de Coriolis | 90 |
| 1.2. Circulation atmosphérique | 92 |
| 1.3. Circulation océanique | 94 |
| 1.3.1. Vents et courants marins | 94 |
| 1.3.2. Circulation et fronts | 96 |
| 2. Productions « nouvelle » et « régénérée » | 100 |
| 3. Remontée côtière du Pérou | 104 |
| 3.1. Dynamique d'une remontée | 104 |
| 3.1.1. Aspects physiques | 104 |
| 3.1.2. Aspects chimiques | 107 |
| 3.2. Particularités de la remontée Pérou-Chili | 109 |
| 3.3. Fluctuations à petite échelle | 112 |
| 3.4. Réseau trophique | 112 |
| 3.4.1. Auréoles trophiques | 113 |
| 3.4.2. Calcul de la production de poissons | 115 |
| 3.5. Comparaison des remontées côtières tropicales | 116 |
| 3.5.1. Écosystème du courant de Californie | 118 |
| 3.5.2. Écosystème du courant de Humboldt | 118 |
| 3.5.3. Écosystème du courant des Canaries | 119 |
| 3.5.4. Écosystème du courant de Benguela | 120 |
| 4. Divergence équatoriale et ses confins | 121 |
| 4.1. Différents systèmes HNLC | 121 |
| 4.1.1. La divergence équatoriale du Pacifique | 121 |
| 4.1.2. Systèmes limités par la silice | 124 |
| 4.1.3. Systèmes limités par le phosphore | 124 |
| 4.2. La divergence, un relais pour les migrants | 126 |
| 4.3. Aires LNLC | 126 |
| 5. Réseaux trophiques des aires oligotrophes | 126 |
| 5.1. Histoire des « lilliputiens » du plancton | 126 |
| 5.2. Le picophytoplancton | 129 |
| 5.2.1. Picocyanobactéries | 130 |
| 5.2.2. Picoeucaryotes | 131 |
| 5.3. Les aires oligotrophes, une exception à la loi de Liebig ? | 132 |
| 5.4. Réseau microbien | 132 |
| 6. El Niño-oscillation australe | 133 |
| 6.1. Ce qu'est Enso | 134 |
| 6.2. Un scénario-type pour El Niño ? | 136 |
| 6.3. Impact d'Enso sur la pêche | 137 |

Chapitre 4

| | |
|---|-----|
| La Méditerranée occidentale | 141 |
| 1. Contexte géologique | 141 |
| 1.1. Téthys et Paratéthys | 141 |
| 1.2. Crise messinienne | 142 |
| 1.3. Déroit de Gibraltar | 143 |
| 1.4. Topographie | 144 |
| 2. Circulation | 146 |
| 2.1. Contexte climatique | 146 |
| 2.1.1. D'une saison à l'autre | 146 |
| 2.1.2. Un bassin de concentration | 147 |
| 2.2. Le « moteur » de la circulation | 148 |
| 2.3. Circulation superficielle | 149 |
| 2.3.1. Dans le bassin algérien | 149 |
| 2.3.2. Au nord de la Méditerranée occidentale | 152 |
| 3. Convection hivernale et floraison printanière | 152 |
| 3.1. Mélange hivernal en Méditerranée nord-occidentale | 152 |
| 3.2. Conséquences directes et différées du mélange sur la distribution des sels nutritifs | 154 |
| 3.2.1. En phase de mélange | 154 |
| 3.2.2. Après stratification | 155 |
| 4. Stratification estivale | 157 |
| 4.1. Structures échappant à l'oligotrophie | 157 |
| 4.1.1. Thermocline | 157 |
| 4.1.2. Dôme de divergence de mer Ligure | 157 |
| 4.1.3. Fronts | 159 |
| 4.2. Fertilisation par les apports atmosphériques ? | 160 |
| 5. Variabilité temporelle du milieu pélagique | 161 |
| 5.1. Biomasse et production primaire | 161 |
| 5.1.1. Traitement des images satellitales | 161 |
| 5.1.2. Variations temporelles | 162 |
| 5.2. Exportation vers le sédiment : exemple du golfe du Lion | 164 |
| 5.3. La Méditerranée, « révélateur » des changements de l'environnement | 167 |

Chapitre 5

| | |
|---|-----|
| L'Antarctique, un océan original | 169 |
| 1. L'hémisphère austral | 170 |
| 1.1. Continent antarctique | 170 |
| 1.2. Océan Antarctique et océan Austral | 172 |
| 1.3. Vents catabatiques | 173 |
| 2. Masses d'eau, fronts et circulation | 173 |
| 2.1. Masses d'eau | 173 |
| 2.2. Régime des vents | 176 |
| 2.3. Zones et fronts de l'océan Austral | 177 |
| 3. Production primaire | 179 |

| | |
|--|-----|
| 3.1. Un peu d'histoire | 179 |
| 3.2. Des sels nutritifs abondants | 181 |
| 3.3. Facteurs limitants | 183 |
| 3.4. Micro-algues de la banquise | 185 |
| 4. Hésitations sur le silicium | 186 |
| 5. Des ressources vivantes abondantes ? | 189 |
| 5.1. Le krill, plaque tournante du réseau trophique | 189 |
| 5.2. Endémisme | 191 |
| 5.3. Autres originalités du réseau trophique | 193 |
| 5.4. Remaniements au sein des mammifères marins | 193 |
| 5.4.1. Cétacés | 193 |
| 5.4.2. Phoques | 194 |
| 5.5. Les oiseaux de mer, « rois » de l'Antarctique | 195 |
| 5.5.1. Manchots | 197 |
| 5.5.2. Albatros | 199 |
| 6. Des réseaux trophiques différents | 201 |
| 6.1. Réseau « microbien » | 201 |
| 6.2. Communautés planctoniques des eaux carencées en fer | 201 |
| 6.3. Communautés planctoniques des eaux fertiles | 203 |

Troisième partie

Implications du plancton

Chapitre 6

| | |
|--|-----|
| Océan, cycle du carbone et climat | 207 |
| 1. Transport de chaleur par l'océan | 209 |
| 1.1. Budget océanique | 209 |
| 1.2. Transports méridiens de chaleur par les eaux de surface | 211 |
| 1.3. Transports méridiens de chaleur par les eaux profondes | 212 |
| 2. Fluctuations à moyen terme | 214 |
| 2.1. Oscillation de l'Atlantique Nord | 215 |
| 2.2. Oscillation décennale du Pacifique | 216 |
| 2.3. Oscillations climatiques et pêche | 219 |
| 2.3.1. Saumon d'Alaska | 219 |
| 2.3.2. Hareng de l'Atlantique Nord | 219 |
| 3. Cycle du carbone | 220 |
| 3.1. À l'échelle de la planète | 220 |
| 3.2. Au sein de l'océan | 222 |
| 3.2.1. Particularités océaniques | 222 |
| 3.2.2. Échanges de CO ₂ entre atmosphère et océan | 223 |
| 3.2.3. Fixation photosynthétique de CO ₂ | 225 |
| 3.2.4. Bilan de la production primaire | 226 |
| 3.3. Organismes à test calcaire et système des carbonates | 227 |
| 4. Réchauffement climatique et océan | 228 |
| 4.1. Situation actuelle | 228 |

| | |
|---|-----|
| 4.2. Réaction quantitative au changement climatique | 229 |
| 4.3. Adaptation du phytoplancton au changement climatique | 230 |

Chapitre 7

| | |
|--|-----|
| Le plancton « créateur » de roches. | 233 |
| 1. Transformations dans la colonne d'eau | 233 |
| 1.1. Exportation de matériel planctonique | 234 |
| 1.2. Dissolution du matériel minéral | 235 |
| 2. Les sédiments profonds | 236 |
| 3. À propos des fossiles | 238 |
| 3.1. Un peu d'histoire | 238 |
| 3.2. La stratigraphie largement basée sur la craie | 240 |
| 3.3. Les fossiles, indicateurs des environnements passés | 241 |
| 3.4. La fossilisation | 243 |
| 4. Du plancton au pétrole | 243 |
| 5. Des coccolithophoridés à la craie | 245 |
| 5.1. Dépôt de craie | 245 |
| 5.2. Le crétacé dans le bassin parisien | 247 |
| 6. Des diatomées aux diatomites | 251 |
| 6.1. L'atome de silicium | 252 |
| 6.2. Un détour par les radiolaires | 252 |
| 6.3. Les diatomées et leur frustule | 253 |
| 6.4. Dissolution de la silice et son dépôt | 254 |

Chapitre 8

| | |
|---|-----|
| Eaux colorées et plancton toxique | 257 |
| 1. Une grande diversité | 257 |
| 1.1. Définitions | 257 |
| 1.2. Historique | 258 |
| 1.3. Le phytoplancton n'est pas toujours impliqué | 259 |
| 2. Conditions d'apparition | 259 |
| 3. Eaux colorées dénuées de toxicité | 261 |
| 3.1. <i>Noctiluca scintillans</i> | 261 |
| 3.2. <i>Prorocentrum micans</i> | 263 |
| 3.3. <i>Trichodesmium</i> | 263 |
| 3.4. <i>Gonyaulax polygramma</i> | 264 |
| 4. Espèces toxiques | 265 |
| 4.1. <i>Alexandrium minutum</i> | 265 |
| 4.2. <i>Alexandrium tamarense</i> | 267 |
| 4.3. <i>Gymnodinium catenatum</i> | 268 |
| 4.4. <i>Dinophysis</i> | 269 |

| | |
|--|-----|
| Références bibliographiques | 271 |
|--|-----|

| | |
|--------------------|-----|
| Index | 279 |
|--------------------|-----|

Véritable traité d'écologie appliquée, **Écologie du plancton** s'intéresse à la structure et au fonctionnement de l'écosystème pélagique, faisant appel à des notions d'océanographie physique, de climatologie, de chimie marine et de biologie.

La première partie décrit l'originalité du milieu pélagique, et les adaptations qu'elles ont induites chez les organismes microscopiques qui l'habitent. Une deuxième partie est dédiée aux concepts majeurs de l'océanographie : interactions océan-atmosphère, transfert d'énergie vers les hautes et basses latitudes... Enfin, la troisième partie, particulièrement originale, fournit quelques exemples des rôles du plancton sur le cycle du carbone et le changement climatique, sur la formation des roches biogènes ou sur les phénomènes d'eaux colorées.

Directeur de recherche au CNRS, **Guy Jacques** est spécialiste du plancton végétal marin. Il a lancé le programme français d'étude du milieu pélagique dans l'océan Austral et dirigé de nombreuses campagnes océanographiques pluri-disciplinaires sur les navires français de haute mer.

Abondamment illustré, regorgeant d'exemples, cet ouvrage unique réactualise les connaissances sur le domaine, bouleversées par les découvertes fondamentales réalisées en océanographie ces trente dernières années.

Écologie du plancton s'adresse aux ingénieurs, techniciens, enseignants, chercheurs et étudiants d'un vaste champ de disciplines :

- océanographie,
- biologie marine,
- écologie,
- sciences de la vie et de la Terre...

2-7430-0933-0



782743 009335