

STRATIGRAPHIE SÉQUENTIELLE ET ANALYSE DE L'ESPACE DISPONIBLE DU JURASSIQUE SUPÉRIEUR ET DU CRÉTACÉ INFÉRIEUR DU BASSIN DE PARIS

STRATIGRAFIA SEQUENZIALE E ANALISI DELLO SPAZIO DISPONIBILE TRA IL GIURASSICO SUPERIORE E IL CRETACICO INFERIORE DEL BACINO DI PARIGI

G. RUSCIADELLI (1)

RÉSUMÉ

Les séries du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur du Bassin de Paris se développent sur une épaisseur qui varie d'un minimum de 0 m à un maximum de 600 m. La présence de conditions de dépôt qui varient entre le haut-fond marno-calcaire, la plate-forme carbonatée et le *shoreface* siliciclastique, en passant par la sebkha évaporitique et la plaine alluviale à climat humide, fait du Bassin de Paris un des exemples le mieux adaptés à l'identification des déplacements dans l'espace et dans le temps de la ligne de côte et des environnements sédimentaires. L'application des méthodes de la stratigraphie séquentielle, jointe à un calage biostratigraphique précis, ont permis d'insérer les séries étudiées dans un cadre chronostratigraphique dynamique, d'identifier les événements stratigraphiques régionaux et de définir la hiérarchie des cycles sédimentaires.

Huit cycles transgressif/régressifs de deuxième ordre, constitués de vingt-huit séquences de troisième ordre forment le cadre séquentiel des séries comprises entre le Kimméridgien supérieur et le l'Aptien supérieur. Les cycles et les séquences de dépôt sont emboîtés au sein de deux cycles transgressif/régressifs de plus longue durée (premier ordre) correspondant au Cycle de la Mer du Nord au-dessous et au Cycle de l'Atlantique du Nord au-dessus. Ces deux cycles majeurs sont séparés par une discontinuité érosive reconnue à l'échelle du bassin entier. Il s'agit de la discontinuité du Berriasien, qui est synchrone avec l'événement tectonique tardi-cimmerien, enregistré dans tout le craton nord-ouest européen. La phase régressive du Cycle de la Mer du Nord et le démarrage de la phase transgressive du Cycle de l'Atlantique du Nord sont illustrés dans cette étude.

La phase régressive du Cycle de la Mer du Nord est datée du Kimméridgien supérieur au Berriasien inférieur. A la base, elle est limitée par le pic de transgression du Kimméridgien, qui est rapporté à la zone d'ammonites à *Autissiodorensis*. La tendance régressive se développe en trois étapes principales qui correspondent à des cycles transgressif/régressifs de deuxième ordre et pendant lesquels les conditions de dépôt changent de manière substantielle. Cette tendance culmine avec l'émersion de la surface entière du bassin et l'érosion des séries du Berriasien p.p.

La première étape de la régression est marquée par la progradation de la plate-forme carbonatée du Tithonique inférieur sur les dépôts marno-calcaires de haut-fond du Kimméridgien supérieur. Elle cor-

respond au cycle de deuxième ordre du Kimméridgien supérieur-Tithonique inférieur (TR9a).

La deuxième et la troisième étape sont caractérisées par la mise en place des faciès de type Purbeckien, qui correspondent aux cycles de deuxième ordre du Tithonique moyen et supérieur (TR9b) et du Berriasien inférieur (TR10). Dès qu'on s'approche de la discontinuité de premier ordre les séries montrent des caractères régressifs de plus en plus marqués et un enregistrement stratigraphique de plus en plus discontinu.

La phase transgressive du cycle de l'Atlantique du Nord est datée du Berriasien supérieur au Turonien basal. La discontinuité du Berriasien marque la limite inférieure de cette phase; sa limite supérieure est représentée par le point d'inversion entre la tendance transgressive et celle régressive de premier ordre, qui peut être identifiée au sein des Marnes à *Actinocamax plenus*. Par rapport à la phase régressive du cycle de la Mer du Nord, la phase transgressive du cycle de l'Atlantique du Nord montre une durée majeure et une organisation plus articulée.

La tendance transgressive se développe en trois étapes principales, qui correspondent à des cycles d'ordre intermédiaire entre le premier et le deuxième ordre. Les critères qui contribuent à leur identification sont les mêmes qui ont été utilisés pour les autres cycles. Les séries étudiées en détail et illustrées dans cette étude appartiennent aux deux premières étapes de la phase transgressive de premier ordre. Elles, nommées Phase transgressive inférieure (PTi) et moyenne (PTm) du cycle de l'Atlantique du Nord, sont datées respectivement du Berriasien supérieur-Barrémien basal et du Barrémien supérieur-Aptien supérieur. Chaque étape, délimitée par des discontinuités reconnues à l'échelle du bassin, comporte une phase transgressive et une phase régressive organisées en plusieurs cycles transgressif/régressifs de deuxième ordre.

Au sein de la Phase transgressive inférieure les cycles de deuxième ordre sont : le Cycle du Berriasien supérieur-Valanginien inférieur (TR11), avec son pic de transgression daté du Berriasien supérieur; le Cycle de l'Hauterivien inférieur (TR12a) avec un pic de transgression rattaché à la zone d'ammonites à *Inversum*; le Cycle de l'Hauterivien terminal-Barrémien basal (TR12b), avec son pic de transgression daté de l'Hauterivien terminal (zone d'ammonites à *Variabilis*). Au sein de la Phase transgressive moyenne, les cycles de deuxième ordre reconnus sont : le Cycle du Barrémien supérieur (TR13a), avec son pic de transgression au milieu de la zone d'ammonites à *Fissicostatum* et le Cycle de l'Aptien (TR13b), avec son pic de transgression dans la zone d'ammonites à *Deshayesi*.

(1) DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA DELL'UNIVERSITÀ "G. D'ANNUNZIO", VIA DEI VESTINI, 30 - 66013 CHIETI

L'intégration de la contrainte temps aux cartes isochores et isobathymétriques grâce à l'outil d'analyse SUBTEC™ mis au point par l'Institut Français du Pétrole, a permis de quantifier en trois dimensions les variations de l'espace disponible pour les sédiments. En outre, l'analyse en deux dimensions de l'espace disponible fournit des informations essentielles sur les facteurs responsables de la création et de la destruction de celui-ci. Les résultats montrent que les variations de longue durée de l'espace disponible sont contrôlées principalement par la subsidence tectonique, l'eustatisme, la compaction et la charge des sédiments. La subsidence tectonique et l'eustatisme sont responsables de 35% du bilan de l'espace total créé, tandis que la compaction et la charge des sédiments sont responsables du reste, soit de 65%. Les variations à long terme de la subsidence tectonique contrôlent la mise en place et l'organisation des cycles de premier ordre et des cycles d'ordre intermédiaire entre le premier et le deuxième ordre. Les cycles de deuxième ordre et leur stratonomie résultent d'une complexe interaction entre les variations de longue durée de la subsidence tectonique et le signal eustatique au deuxième ordre.

En conclusion, cette étude géologique d'un bassin sédimentaire montre d'une part comment l'établissement d'un cadre séquentiel cohérent ne peut s'envisager sans un calage biostratigraphique des séries étudiées, d'autre part, comment la reconstitution de l'évolution de l'espace disponible livré à la sédimentation et sa quantification sont des outils indispensables pour interpréter l'histoire du bassin et discerner le rôle des différents facteurs qui ont influé sur elle. Ces différentes approches sont désormais les méthodes complémentaires sans lesquelles l'étude géologique moderne d'un bassin sédimentaire ne peut être envisagée.

RIASSUNTO

Le serie del Giurassico superiore e del Cretacico inferiore del Bacino di Parigi sono caratterizzate da spessori che variano da un minimo di 0 m a un massimo di 600 m. La presenza di condizioni deposizionali che variano tra l'alto fondo marnoso-calcareo, la piattaforma carbonatica e lo shoreface silicoclastico, passando per la sabba evaporitica e la piana alluvionale, fa del Bacino di Parigi uno degli esempi più adatti all'individuazione degli spostamenti nel tempo e nello spazio della linea di costa e degli ambienti sedimentari. L'applicazione delle metodologie della stratigrafia sequenziale, assieme ad una fine analisi biostratigrafica, hanno permesso di inserire le serie studiate in un quadro cronostratigrafico dinamico, di indentificare gli eventi stratigrafici regionali e di definire la gerarchia dei cicli sedimentari.

Otto cicli trasgressivo/regressivi di secondo ordine, costituiti da 28 sequenze di terzo ordine formano il quadro sequenziale delle serie comprese tra il Kimmeridgiano superiore e l'Aptiano superiore. I cicli e le sequenze deposizionali costituiscono l'ossatura di due cicli trasgressivo/regressivi di durata maggiore (primo ordine) corrispondenti al Ciclo del Mare del Nord e al Ciclo dell'Atlantico settentrionale. Questi due cicli maggiori sono separati da una discontinuità erosiva riconosciuta alla scala dell'intero bacino. Si tratta della Discontinuità del Berriasiano, che è sincrona con l'evento tettonico terdi-cimmeriano e registrato in tutto il cratone nord-ovest europeo. In questo studio vengono illustrate la fase regressiva del Ciclo del Mare del Nord e l'inizio della fase trasgressiva del Ciclo dell'Atlantico settentrionale.

La fase regressiva del Ciclo del Mare del Nord è datata tra il Kimmeridgiano superiore e il Berriasiano inferiore. Alla base, essa è limitata dal picco trasgressivo del Kimmeridgiano, appartenente alla zona d'ammoniti a *Autissiodorensis*.

La tendenza regressiva si sviluppa in tre stadi principali che corrispondono a cicli trasgressivo/regressivi di secondo ordine, durante i quali le condizioni deposizionali si modificano in modo sostanziale. Questa tendenza culmina con l'emersione dell'intera superficie del bacino e con l'erosione delle serie del Berriasiano p.p. Il primo stadio della regressione è marcata dalla progradazione della piattaforma del Titonico inferiore sui depositi marno-calcarei dell'alto fondo del Kimmeridgiano superiore.

Eso corrisponde al ciclo di secondo ordine del Kimmeridgiano superiore-Titonico inferiore (TR9a). Il secondo e il terzo stadio sono

caratterizzati dalla messa in posto delle facies di tipo Purbeckiano, che corrispondono al ciclo di secondo ordine del Titonico medio e superiore (TR9b) e del Berriasiano inferiore (TR10). Avvicinandosi alla discontinuità di primo ordine le successioni mostrano un carattere regressivo progressivamente più marcato e un record stratigrafico via via più discontinuo.

La fase trasgressiva del Ciclo dell'Atlantico settentrionale è datata del Berriasiano superiore al Turoniano basale. La discontinuità del Berriasiano segna il limite inferiore di questa fase; il suo limite superiore è rappresentato dal punto d'inversione tra la tendenza trasgressiva e quella regressiva al primo ordine, che può essere individuata all'interno delle Marne a *Actinocamax plenus*. Rispetto alla fase regressiva del Ciclo del Mare del Nord, la fase trasgressiva del Ciclo dell'Atlantico settentrionale mostra una durata maggiore e una organizzazione più articolata. La tendenza trasgressiva si sviluppa in tre stadi principali che corrispondono a dei cicli trasgressivo/regressivi di ordine intermedio tra il primo e il secondo ordine. I criteri che hanno contribuito alla loro definizione sono gli stessi utilizzati per la definizione degli altri cicli. Le serie studiate in dettaglio e discusse in questo lavoro appartengono ai primi due stadi della fase trasgressiva di primo ordine. Questi stadi sono stati definiti informalmente come Fase trasgressiva inferiore e Fase trasgressiva intermedia del Ciclo dell'Atlantico settentrionale.

Essi sono stati datati rispettivamente del Berriasiano superiore-Barremiano basale e del Barremiano superiore-Aptiano superiore. Ogni stadio, limitato da discontinuità riconosciute a scala bacinale, comprende una fase trasgressiva e una fase regressiva, organizzate in più cicli trasgressivo/regressivi di secondo ordine. All'interno della Fase trasgressiva inferiore, i cicli di secondo ordine sono: il Ciclo del Berriasiano superiore-Valanginiano inferiore (TR11), con il suo picco trasgressivo datato del Berriasiano superiore; il Ciclo dell'Hauteriviano inferiore (TR12a) con un picco trasgressivo che ricade all'interno della zona d'ammoniti a *Inversum*; il Ciclo dell'Hauteriviano terminale-Barremiano basale (TR12b), con il picco trasgressivo datato dell'Hauteriviano terminale (zona d'ammoniti a *Variabilis*). All'interno della Fase trasgressiva intermedia, i cicli di secondo ordine riconosciuti sono: il Ciclo del Barremiano superiore (TR13a), con il picco trasgressivo in corrispondenza della parte intermedia della zona a ammoniti a *Fissicostatum* e il Ciclo dell'Aptiano (TR13b), con il picco trasgressivo all'interno della zona a ammoniti a *Deshayesi*.

L'integrazione della variabile temporale alle carte delle isopache e isobatiche, è stato possibile quantificare in tre dimensioni le variazioni dello spazio disponibile per i sedimenti. Per tale operazione è stato utilizzato un programma di analisi tridimensionale della subsidenza, SUBTEC™, messo a punto dall'Istituto Francese del Petrolio (IFP). Inoltre l'analisi in due dimensioni delle variazioni dello spazio disponibile, ha fornito delle informazioni essenziali sui fattori responsabili della sua creazione e della sua distruzione.

I risultati mostrano che le variazioni di lunga durata dello spazio disponibile sono controllate principalmente dalla subsidenza tettonica, dall'eustatismo, dalla compattazione e dal carico dei sedimenti. La subsidenza tettonica e l'eustatismo sono responsabili del 35% del bilancio dello spazio totale creato, mentre la compattazione ed il carico dei sedimenti sono responsabili del resto del bilancio dello spazio creato, cioè del 65%. Le variazioni a lungo termine della subsidenza tettonica controllano la messa in posto e l'organizzazione dei cicli di primo ordine e dei cicli di ordine intermedio tra il primo ed il secondo ordine. L'organizzazione dei cicli di secondo ordine e la loro stratonomia sono il risultato di una complessa interazione tra le variazioni di lunga durata della subsidenza tettonica e il segnale eustatico al secondo ordine.

In conclusione, questo studio geologico di un bacino sedimentario mostra, da una parte, come la messa a punto di un quadro sequenziale coerente non può prescindere da una analisi biostratigrafica dettagliata delle serie, d'altra parte l'evoluzione dello spazio disponibile per i sedimenti e la sua quantificazione sono degli strumenti indispensabili per interpretare la storia di un bacino e per discriminare il ruolo dei differenti fattori intervenuti. Questo approccio multidisciplinare è ormai il metodo complementare senza il quale lo studio geologico moderno di un bacino sedimentario non può essere intrapreso.